

Vastaanottaja  
**Boliden Kevitsa Mining Oy**

Asiakirjatyyppi  
**Raportti**

Päivämäärä  
**28.2.2017, päivitetty 10.4.2017**

Viite  
**1510022875**

# **BOLIDEN KEVITSA MINING OY**

## **KEVITSAAN KAIVOKSEN POHJA- VESIEN TARKKAILU VUONNA 2016**



**BOLIDEN KEVITSA MINING OY  
KEVITSAN KAIVOKSEN POHJAVESIEN TARKKAILU  
VUONNA 2015**

Päivämäärä **28.2.2017**  
Laatija **Mika Kallo, Petra Ihanamäki, Anna Hakala**  
Tarkastus **Anna Hakala**

Viite **1510022875**

*Kannen kuva. Pohjavesinäytteenottoa putkelta KevG-31 marraskuussa 2016.*

## SISÄLTÖ

<b>1.</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>ALUEEN GEOLOGISET OLOSUHTEET</b>	<b>1</b>
<b>3.</b>	<b>POHJAVESI</b>	<b>2</b>
3.1	Yleistä	2
3.2	Pohjavesiputket	2
3.3	Näytteenotto	4
3.4	Pohjaveden pinnankorkeudet	5
<b>4.</b>	<b>ANALYYSITULOKSET</b>	<b>12</b>
4.1	Nikkeli	12
4.2	pH	15
4.3	Happipitoisuus	17
4.4	Sähkönjohtavuus	17
4.5	Sulfaatti	21
4.6	Typpi	23
4.7	Fosfaattifosfori	25
4.8	Kloridi	25
4.9	Kalium, kalsium ja natrium	27
4.10	Muut metallit	29
4.11	Polttoaineen jakeluaseman tarkkailu	30
<b>5.</b>	<b>KOKONAISEPÄVARMUUDEN TARKASTELU</b>	<b>30</b>
<b>6.</b>	<b>YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>31</b>
<b>7.</b>	<b>LÄHTEET</b>	<b>33</b>

## LIITTEET

- Liite 1. Pohjavesiputkien sijainti
- Liite 2. Laboratorioanalyysien tulokset 2016
- Liite 3. Laboratorion mittausepävarmuudet 2016
- Liite 4. Kokonaisepävarmuudet

## 1. JOHDANTO

Bolidenin Kevitsan kaivoksella louhitaan nikkeliä, kuparia, kultaa, kobolttia ja platinaryhmän metalleja. Kaivoksen tuotteita ovat nikkeli- ja kuparirikasteet.

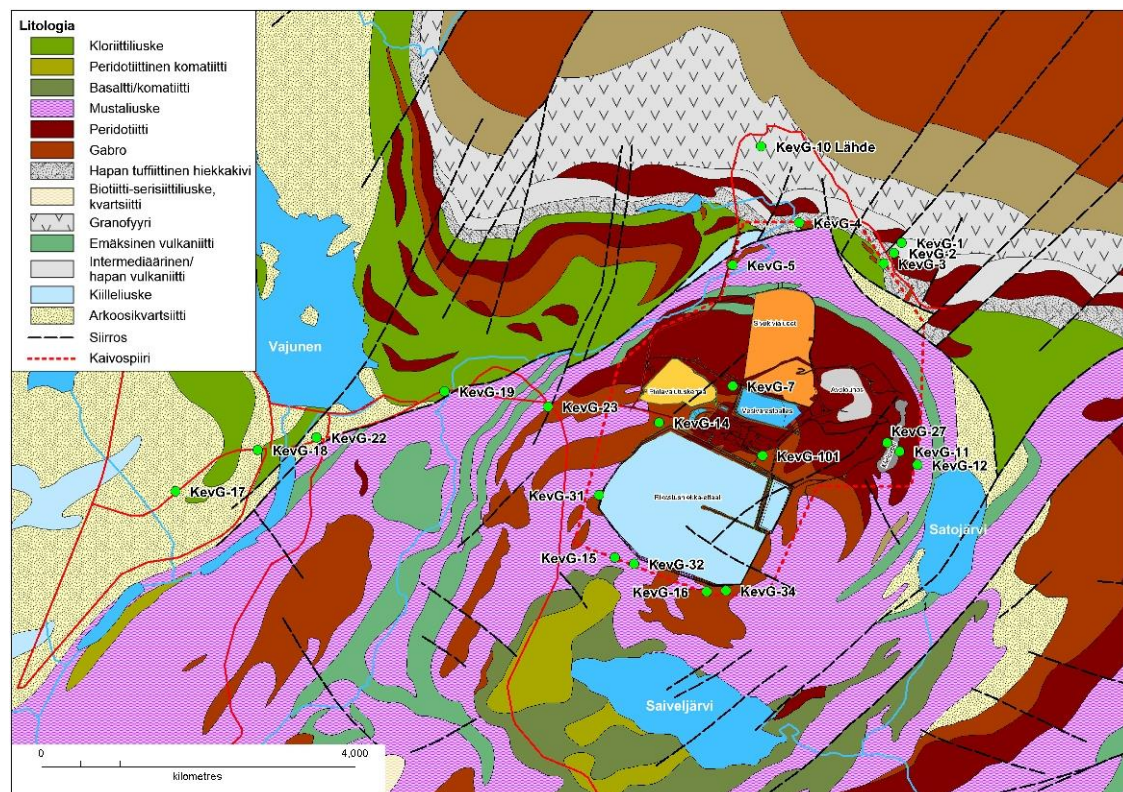
Kevitsan monimetallikaivoksen rakentaminen aloitettiin keväällä 2010. Kaivoksen tuotanto käynnistyi kesällä 2012, jolloin toiminnan tuotannon ja tuotannon ylösajovaiheen mukainen ympäristötarkkailu käynnistettiin. Vuonna 2016 ylitevesiä johdettiin ympäristöluvan (PSAVI 79/2014/1) mukaisesti ja ympäristötarkkailua toteutettiin lokakuussa 2015 päivitetyn tarkkailuohjelman mukaisesti. Pohjavesien tarkkailun muutossuunnitelma toimitettiin Lapin ELY-keskukselle hyväksyttäväksi marraskuussa 2015. Muutossuunnitelma viedään kokonaisuudessaan osaksi tarkkailusuunnitelman päivitystä vuonna 2017.

Tässä raportissa esitetään vuoden 2016 pohjavesitarkkailun tulokset ja verrataan niitä vuosien 2009–2015 tuloksiin.

## 2. ALUEEN GEOLOGISET OLOSUHTEET

Kevitsan kerrosintruusio sijaitsee varhaisproterotsooisen Keski-Lapin vihreäkivialueen itäosassa. Intruusioon liittyvä malmio sijaitsee Kevitsansarvessa, noin 1,5 km Kevitsanvaarasta pohjoiseen. Intruusioon liittyvät kivilajit ovat pääosin gabroja ja ultramafisia kumulaatteja (Manninen et al. 1996).

Kevitsan esiintymä on suuri ja suhteellisen matalapitoinen Ni-Cu-PGE -malmi. Metallit ovat sitoutuneet sulfidimineraaleihin, jotka esiintyvät pirtteina intruusioon liittyvissä ultramafisissa kumulaateissa, lähinnä oliviinipyrokseeniiteissä. Nikkelin ja kuparin lisäksi malmissa esiintyy kobolttia, platinaa, palladiumia ja kultaa.



**Kuva 2-1. Kevitsan alueen pohjavesiputket, sekä niiden sijainti suhteessa alueen kallioperään (GTK 2015).**

Tarkkailtavista pohjavesiputkista kaivostien varren putket KevG-23 ja KevG-20 sijaitsevat mustaliuskealueella ja putki KevG-19 kloriittiliuskealueella, mikä heijastuu myös pohjaveden luontaiseen laatuun kyseisillä alueilla. Myös kaivospiirin sisäiset pohjavesiputket KevG-5, KevG-12 sekä KevG-15 sijaitsevat mustaliuskealueella. Putket KevG-7, KevG-11 sekä KevG-27 sijaitsevat peridotittialueella, eli saman kivilajiyksikön alueella kuin itse louhittava mineralisaatio, mikä heijastuu myös pohjaveden laatuun kyseisillä alueilla.

Muut kaivospiirin sisällä tai sen läheisyydessä sijaitsevat pohjavesiputket jakaantuvat monen eri kivilajiyksikön alueelle. KevG-1 ja KevG-4 sijaitsevat intermediäärisen vulkaniitin alueella, KevG-2 metaperidotiittialueella ja KevG-3 kiillearkoosialueella. Putki KevG-14 ja KevG-16 sijaitsevat peridotiittialueella ja KevG-28 serpentiniittialueella.

Tienvarsitarkkailun pohjavesiputket KevG-17, KevG-18, KevG-21 ja KevG-22 sijaitsevat kvartsiitikallioperän alueella, joten kallioperän vaikutus pohjaveden laatuun on näillä alueilla vähäinen.

Tarkkailuun kuuluva kaivospiirin pohjoispuolinen lähde KevG-10 sijaitsee granofyyrialueella.

Maa- ja kallioperän koostumus vaikuttaa suuresti myös pohjavesien laatuun ja pitoisuuksiin, joten pohjavesitarkkailun tuloksia tarkasteltaessa on huomioitu alueen paikallinen geologia ja siitä aiheutuvat alkuainepitoisuudet kallio- ja maaperässä sekä pohjavedessä. Lähdeaineistona on hyödynnetty suomalaisten kivilajien tyypillistä koostumusta (Rasilainen ym. 2008), tuhannen suomalaisen kaivon kaivovesitutkimusta (Lahermo ym. 2002) sekä Suomen pohjavesien hydrogeokemiallista kartoitusta (Lahermo ym. 1990).

## **3. POHJAVESI**

### **3.1 Yleistä**

Kevitsan kaivoksen lähialueella ei sijaitse luokiteltuja pohjavesialueita, eikä alueen pohjavesiä hyödynnetä talousvetenä.

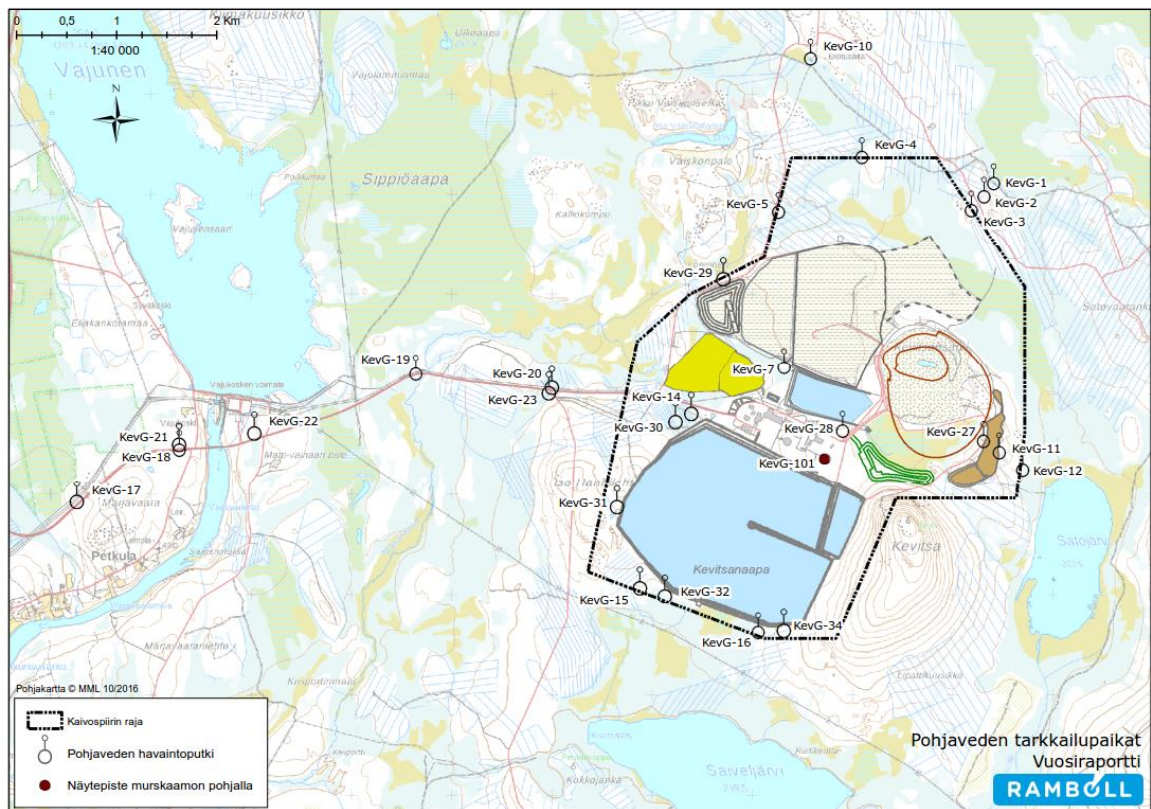
### **3.2 Pohjavesiputket**

Pohjavesiputket ovat siiviläputkilla varustettuja PEH-muoviputkia, joiden sisähalkaisija on 52 mm. Kasvillisuuslinjojen (KevG-24–KevG-26) putket on asennettu vain pinnankorkeuden tarkkailua varten. Pohjavesiputkien perustiedot on esitetty oheisessa taulukossa (taulukko 3-1). Tarkemmat putkikohtaiset tiedot ja pohjavesiputkikortit on esitetty kaivoksen velvoitetarkkailuohjelmassa.

Vuoden 2016 pohjavesitarkkailussa oli yhteensä 27 pohjavesiputkea, lokakuussa tarkkailuun otettiin 6 uutta tarkkailupistettä, 5 uutta putkea sekä primäärimurskan piste KevG-101. Vuonna 2016 ei saatu näytettä tulotien putkilta KevG-20 ja KevG-21. Uusilta putkilta KevG-29 oli kuiva ja putki KevG-30 jäässä, jolloin niiltäkään ei saatu näytettä. Muilta putkilta näytteenotto onnistui ainakin kertaalleen vuonna 2016.

Pohjavesiputkien perustietoja on koottu taulukkoon (Taulukko 3-1) ja sijainti on esitetty oheisessa kuvassa (Kuva 3-1) sekä liitteessä 1.





Kuva 3-1. Pohjavesiputkien sijainti.

### 3.3 Näytteenotto

Kaivokselle vievän tien tienvarsitarkkailun pohjavesiputkista (KevG-17–KevG-23) otetaan näytteet kerran vuodessa lokakuussa, muista pohjavesitarkkailun putkista neljä kertaa vuodessa. Marraskuusta 2016 alkaen tarkkailuun lisättiin pohjaveden havaintoputket KevG-29–KevG-32, KevG-34 sekä primäärimurskan pohjalla sijaitseva piste KevG-101. Vuonna 2016 pohjavesiputkista otettiin tarkkailuohjelman mukaiset näytteet huhti-, kesä-, elo- ja lokakuussa. Lisäksi lisänäytteitä haettiin rikastushiekka-altaan ympäryspotkiilta huhti- ja toukokuussa sekä lokakuusta alkaen kuukausittain. Näytteet otettiin Ramboll Finland Oy:n sertifioidujen näytteenottajien toimesta.

Näytteenoton yhteydessä pohjavesiputkesta mitattiin ensin pohjavedenpinnan korkeus, jonka jälkeen suoritettiin tyhjennyspumppaus. Tyhjennyspumppauksen kesto oli vähintään 10 minuuttia putkilla, joilla antoisuus oli riittävä. Vettä pumpattiin vähintään sen verran, että vesi vaihtui putkessa vähintään kerran, jolloin näytteet edustivat ympäröivää pohjavettä eivätkä putkessa seisyyttä vettä. Tyhjennyspumppaus ja näytteenotto suoritettiin akkukäyttöisellä uppopumppukalustolla (Proactive SS Hurricane), joka oli varustettu jännitteensäätöyksiköllä. Yksikön avulla oli mahdollista säädellä pumppausnopeutta. Huonoantoisilla putkilla (KevG-2, KevG-11, KevG-23 ja KevG-27) näytteet jouduttiin ottamaan noutimella.

Pohjaveden pinnankorkeuden lisäksi näytteenoton yhteydessä pohjavesiputkesta mitattiin lämpötila sekä havainnoitiin mahdollista hajua, sameutta tai muuta tavallisuudesta poikkeavaa. Näytteenotto pyrittiin suorittamaan siivilöiden syvyydeltä ja metallinäytteet suodatettiin kentällä.

Näytteet analysoitiin Ramboll Analyticsin laboratoriossa Lahdessa. Laboratorio on FINAS:n akkreditoima testauslaboratorio, T039 (SFS-EN ISO/IEC 17025:2005 ja ISO 9001:2000).

#### Huhtikuu

Huhtikuun näytteenottokierroksella 4.–5.4.2016 putket KevG-14 ja KevG-16 olivat jäässä, lähteeltä KevG-10 ei löydetty vettä ja putket KevG-2 ja KevG-11 olivat niin vähävetisiä, ettei näytteenotto onnistunut. Näytteet saatiin 9/14 tarkkailupisteeltä. Putkelta KevG-15 haettiin uusintänäytteet 26.4.2016, alkukuun poikkeavien havaintojen varmistamiseksi. Uusintänäytteet otettiin

15 minuutin ja tunnin pumppauksen jälkeen. Toukokuussa haettiin näytteet aiemmin jäätyneiltä putkilta KevG-14 ja KevG-16.

#### Kesäkuu

Kesäkuussa näytteet haettiin rikastushiekka-altaan havaintoputkilta 6.6.2016 ja muilta putkilta 30.6.2016. Näytteet saatiin 12/14 tarkkailupisteeltä. Vähävetisiltä putkilta KevG-2 ja KevG-11 ei saatu edustavaa näytettä.

#### Elokuu

Elokuun näytteenottokierroksella 15. ja 17.8.2016 näytteet saatiin 13/14 tarkkailupisteeltä. Putkelta KevG-11 ei saatu näytettä vähävetisyyden vuoksi.

#### Lokakuu

Lokakuun näytteet otettiin 10.–11.10.2016. Putket KevG-14, KevG-16 ja KevG-30 olivat jäässä, putki KevG-20 taivuttunut ja putket KevG-21 sekä KevG-29 kuivia, joten näistä putkista ei näytettä saatu. Näytteet saatiin otettua kaikkiaan 16/21 tarkkailupisteeltä.

#### Marras- ja joulukuu

Rikastushiekka-altaan ympäristön putkilta aloitettiin toistaiseksi jatkuva kuukausittainen näytteenotto marraskuussa, kun uudet havaintoputket saatiin asennettua. Näytteet saatiin putkilta KevG-15, KevG-31, KevG-32 ja KevG-34. Muut alueen putket olivat jäässä.

### **3.4 Pohjavedenpinnan korkeudet**

Pohjavedenpinnan korkeuden kuvaajissa pohjavedenpinnan korkeudet on ilmoitettu tasona N60 korkeusjärjestelmässä (m).

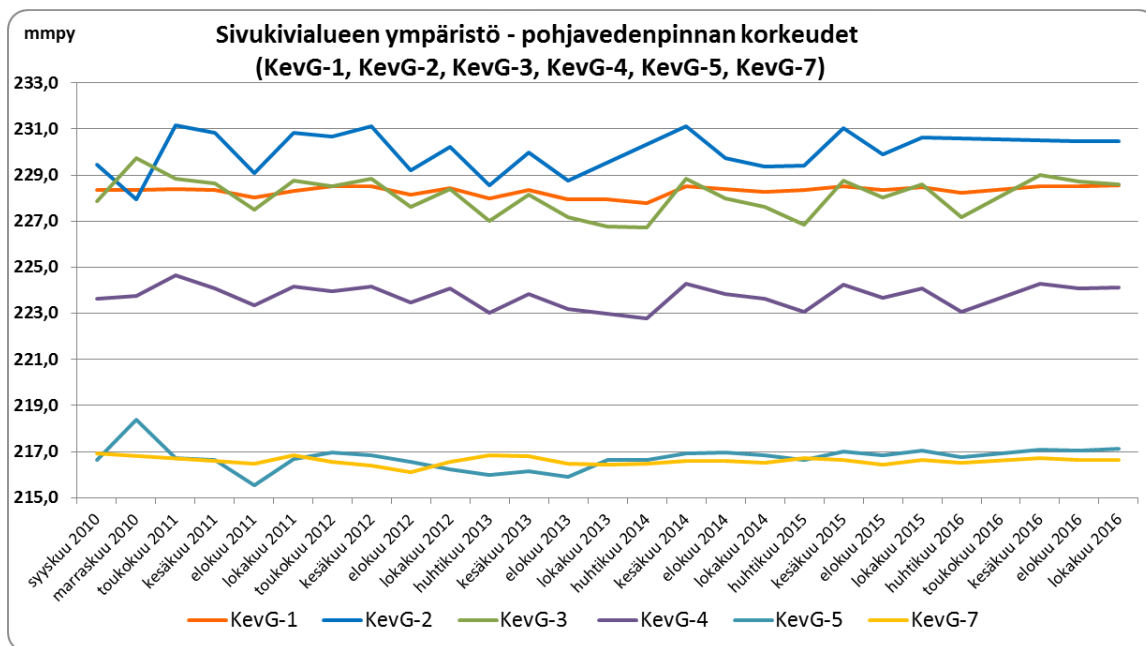
Pinnankorkeuksista on esitetty kuvaajissa vuoden 2016 tarkkailun lisäksi myös aikaisempien vuosien pinnankorkeushavainnot alueittain. Vuonna 2016 näytteitä haettiin rikastushiekka-altaan putkilta myös hieman eri aikaan kuin aikaisemmin, jolloin kuvaajissa on havaittavissa myös vuodenaikaisvaihtelua. Yleisenä huomiona Kevitsan alueen pohjaveden tarkkailutiedoista on nähtävissä, että vuonna 2013 pohjavesien pinnankorkeudet olivat hieman alempana kuin muina tarkkailuvuosina.

Kaivoksen mahdollinen vaikutus pohjaveden pinnankorkeuksiin jää pinnankorkeuden luonnollisen vaihtelun alle. Etenkään alenevaa pinnankorkeutta ei ole ollut havaittavissa. Vuodet 2015 ja 2016 ovat olleet erityisesti kesäaikaan sateisia, jolloin vettä on ollut runsaasti kaivoksen ympärillä sijaitsevilla suoalueilla. Läjitykset rikastushiekka-altaille ja sivukivialueelle on voinut aiheuttaa muutoksia pohjavesien virtauksissa tai suotautumisessa.

#### Sivukivialueen ympäristö

Vuoden 2016 tarkkailussa sivukivialueen, pintamaiden läjitysalueen ja avolouhoksen mahdollisten vaikutusten toteamiseksi asennetuissa pohjavesiputkissa (KevG-1–KevG-7) pohjavedenpinnan korkeudet noudattelivat edellisten vuosien tarkkailussa todettuja tasoja. Keskimääräiset pinnankorkeudet ovat nousseet alueella verrattuna vuoden 2013 havaintoihin, jolloin pinnankorkeudet olivat yleisesti alhaalla. Suurimmat muutokset vuoteen 2013 verrattaessa oli putkilla KevG-3 (+110 cm) ja putkella KevG-5 (+84 cm). Vuonna 2011 on mitattu vastaavia pinnankorkeuksia putkelta KevG-3. Putkella KevG-5 pinnankorkeus pysyi vuoden aikana tasaisena, mutta oli keskimäärin noussut aikaisempaan verrattuna. (Kuva 3-2)





Kuva 3-2. Pohjavedenpinnan korkeudet sivukivialueen ympäristön pohjavesiputkilla (KevG-1, KevG-2, KevG-3, KevG-4, KevG-5 ja KevG-7).

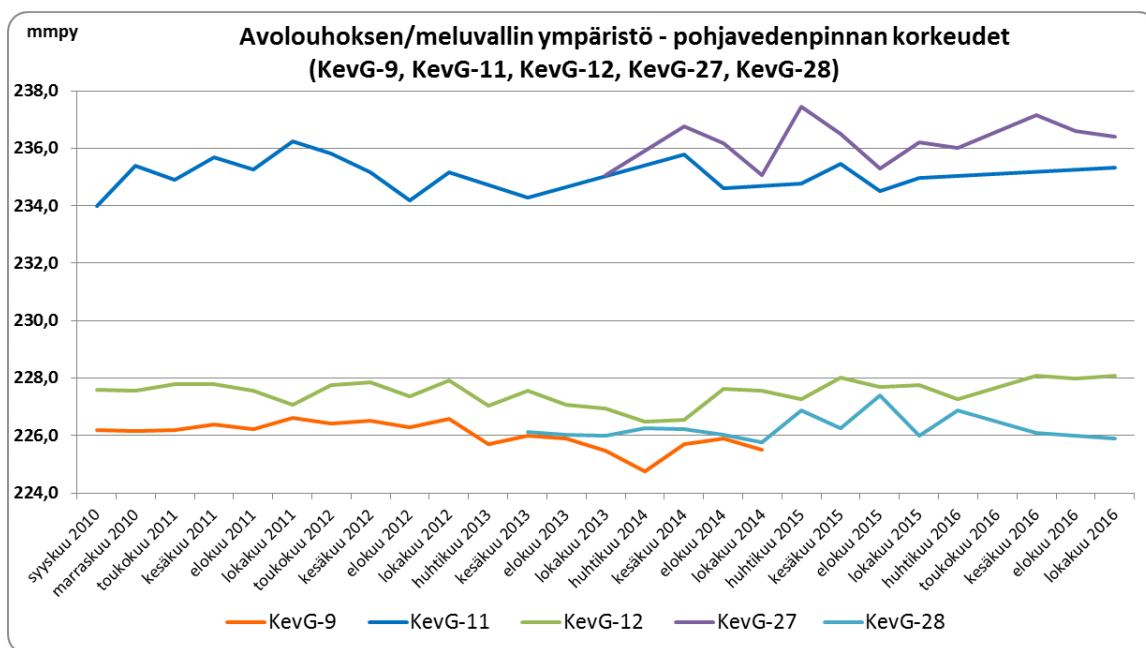
#### Avolouhoksen/meluvallin ympäristö

Putket KevG-11 ja KevG-12 on asennettu meluvallin itäpuolelle, jotta voidaan seurata avolouhoksen kuivanapidon aiheuttamaa mahdollista pohjavedenpinnan alentumista sekä meluvallin läjityksen vaikutuksia Satojärven suuntaan. Putkella KevG-11 pinnankorkeudet vaihtelevat paljon vuodenaikojen mukaan, vuonna 2016 putkelta saatiin näyte vain lokakuussa. KevG-11 pinnankorkeus oli yhteneväinen edellisiin tarkkailuvuosiin. Satojärveä lähemmän putken KevG-12 keskimääräinen pinnankorkeus (227,86 mmpy) oli korkein mitä putkelta on mitattu. Keskimääräinen pinnankorkeus oli noin 15 cm korkeammalla kuin vuonna 2015 ja noin 70 cm korkeammalla kuin vuonna 2013, jolloin pinnankorkeudet olivat alueella yleisesti alhaalla. Meluvallia on korotettu ja jatkettu vuosina 2015 ja 2016, jolloin maamassojen paine muuttaa pohjavesien virtauksia. (Kuva 3-3)

Putket KevG-27 ja KevG-28 otettiin tarkkailuun vuonna 2013. Pohjaveden pinnankorkeudet ovat vaihdelleet verrattain runsaasti etenkin putkessa KevG-27, joka sijaitsee meluvallin länsireunalla aivan tien vieressä. Keskimääräinen pinnankorkeus oli myös ko. putkessa nousussa verrattaessa edellisvuosiin, nousua vuodesta 2015 oli n.19 cm. Putken KevG-28 pinnankorkeuksissa ei sen sijaan ollut havaittavissa nousua, keskimääräinen pinnankorkeus laski n. 30 cm vuodesta 2015 olen kumminkin n. 20 cm vuoden 2014 keskimääräisen pinnankorkeuden yläpuolella. (Kuva 3-3)

Vuonna 2015 tuhoutunut pohjavesiputki KevG-9 sijaitsi meluvallin välittömässä läheisyydessä sen länsipuolella, avolouhokselta itään. Pohjavedenpinta laski avolouhoksen kuivanapidon seurauksena kyseisessä putkessa ennen sen tuhoutumista alkuvuodesta 2015. (Kuva 3-3)

Lokakuussa asennettiin sivukivialueen länsipuolelle uusi tarkkailuputki KevG-29. Putkelta ei kumminkaan saatu näytettä vuonna 2016.

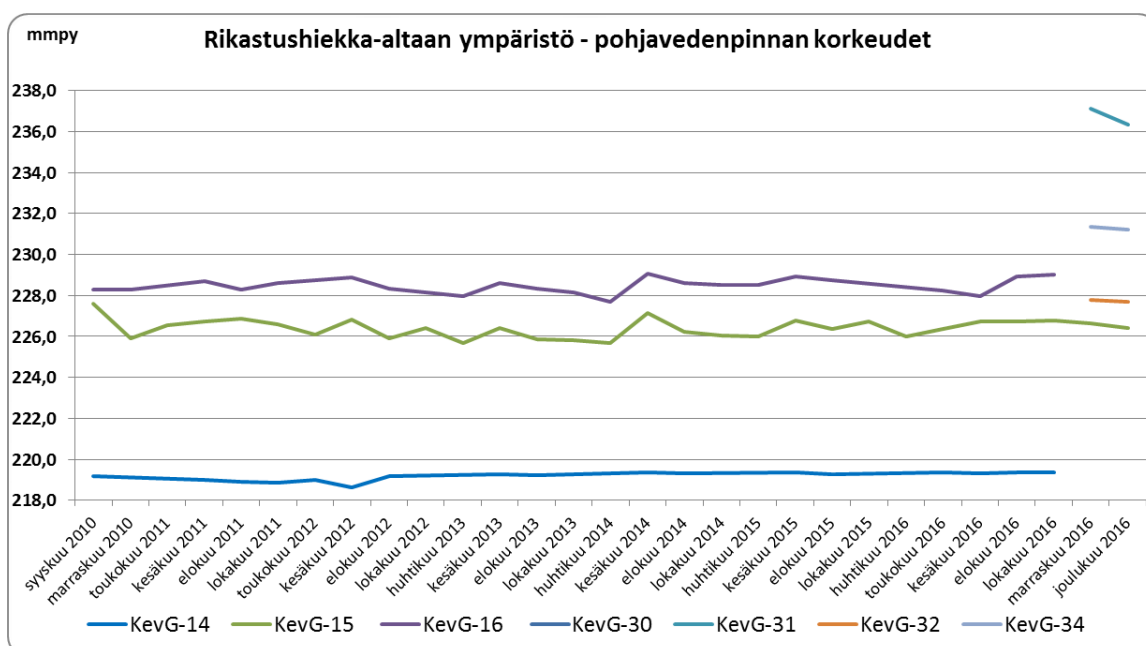


**Kuva 3-3. Pohjavedenpinnan korkeudet avolouhoksen ympäristön pohjavesiputkissa (KevG-9, KevG-11, KevG-12, KevG-27 ja KevG-28).**

#### Rikastushiekka-altaan ympäristö

Rikastushiekka-altaiden ympärille asennettiin lokakuussa 2016 uusia pohjavesiputkia (KevG-30, KevG-31, KevG-32, KevG-34). Uusilta putkilta haettiin ensimmäiset näytteet marraskuussa. Keran huhtikuussa ja lokakuusta eteenpäin näytteitä ei saatu putkista KevG-14 ja KevG-16 putkien jääntymisen takia. Sama ongelma toistui uudella pohjavesipisteellä KevG-30. Putkilta KevG-14 ja KevG-16 haettiin näytteet toukokuussa.

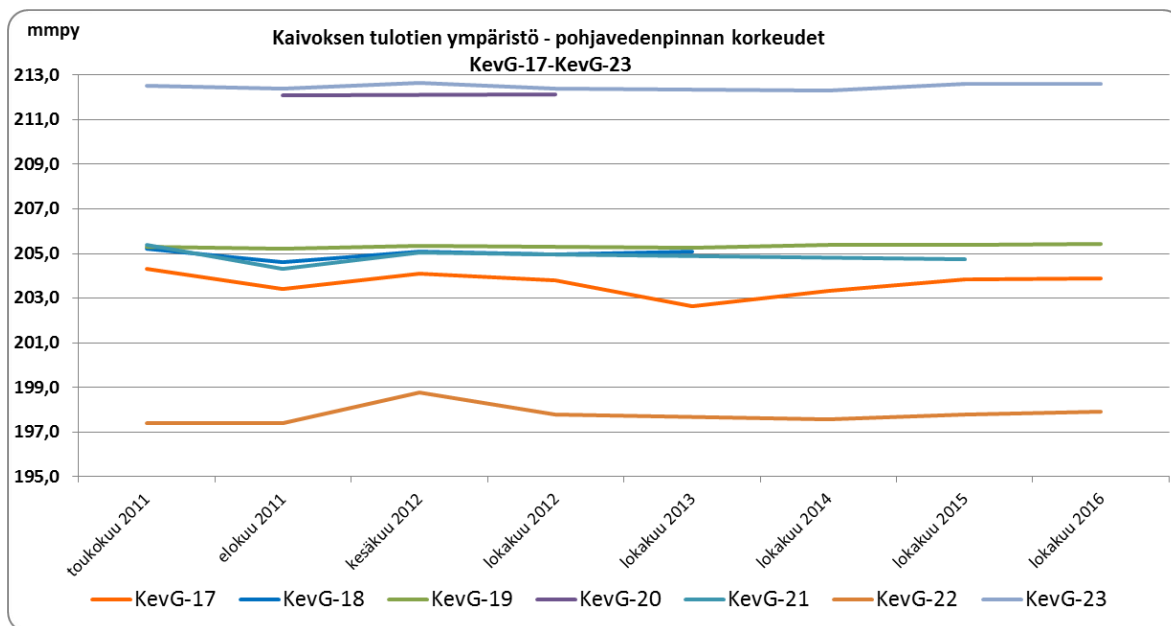
Rikastushiekka-altaan ympäristössä pohjaveden pinnankorkeudet olivat yhteneväisiä edellisvuosiin, eikä muilta alueilta havaittua pinnankorkeuksien nousua ollut havaittavissa. Alueen putkilta haettiin vuonna 2016 ylimääräisiä näytteitä myös normaalitarkkailuajankohtien lisäksi, jolloin keskimääräiset pinnankorkeudet tasoittuvat. Jos tarkastellaan vain huhti-, kesä-, elo- ja lokakuun pinnankorkeuksia edellisvuosiin, ovat putkien KevG-14 ja KevG-16 pinnankorkeudet täysin yhteneväisiä vuoteen 2015, putkella KevG-15 keskimääräinen pinnankorkeus sen sijaan oli pienoisessa nousussa +6 cm vuodesta 2015. (Kuva 3-4)



**Kuva 3-4. Pohjavedenpinnan korkeudet rikastushiekka-alueen ympäristön pohjavesiputkissa.**

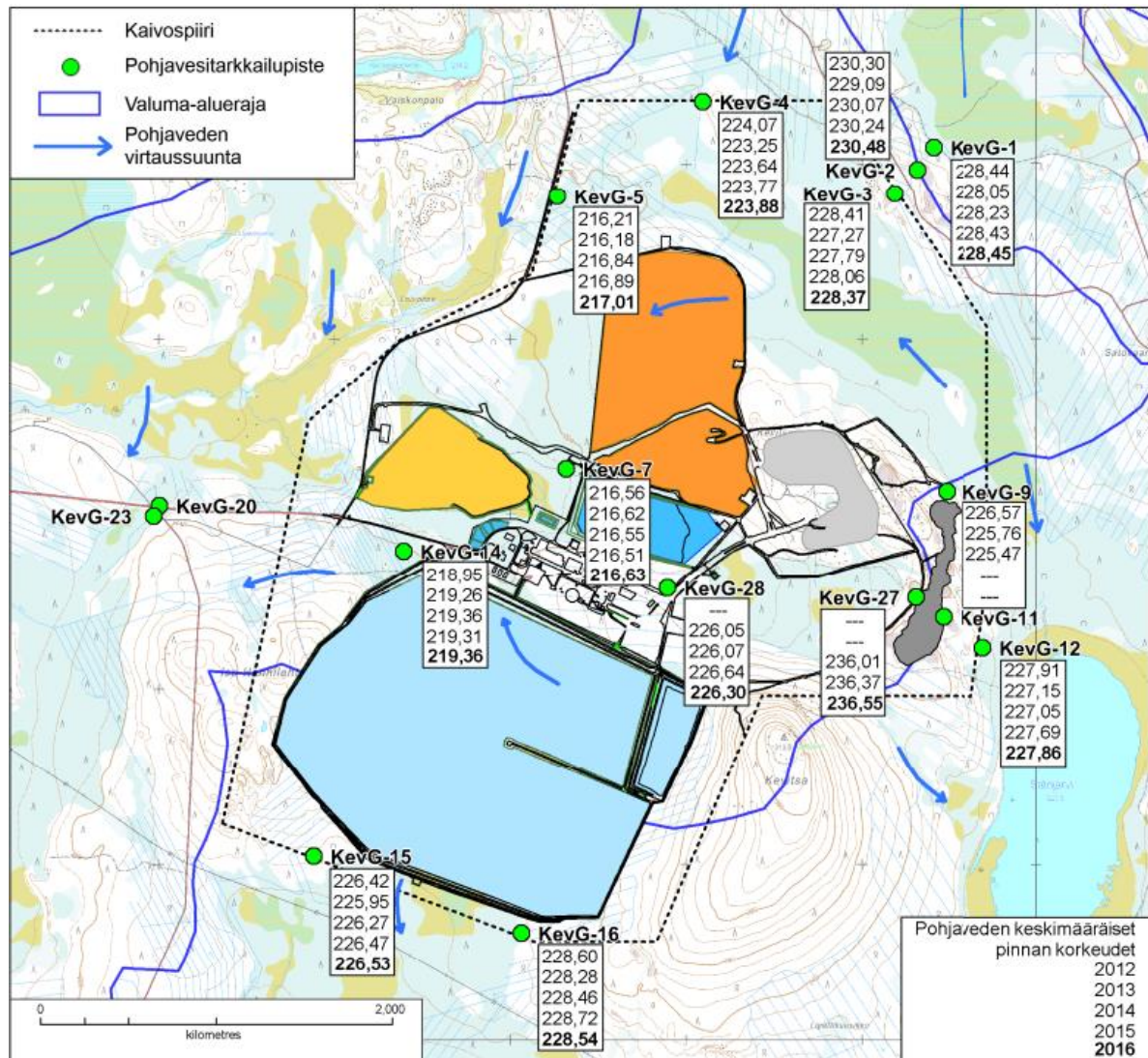
### Kaivoksen tulotien ympäristö

Kaivoksen tulotien varrella olevista pohjavesiputkista otetaan näytteet kerran vuodessa lokakuussa. Vuonna 2016 näytteitä ei saatu putkelta KevG-20 (putki taittunut), eikä kuivalta putkelta KevG-21. Putkista mitatut pohjaveden pinnankorkeudet pääsääntöisesti hieman nousivat edellisistä vuosista, ollen vuoden 2012 kesäkuussa mitatulla tasolla. (Kuva 3-5)



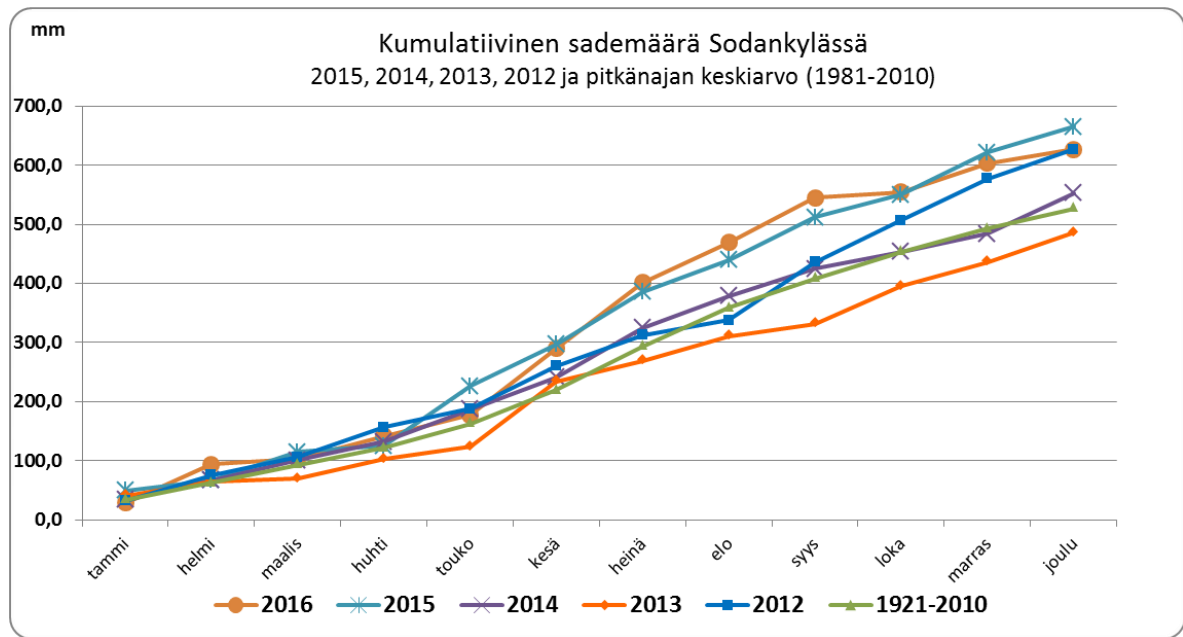
**Kuva 3-5. Pohjavedenpinnan korkeudet tulotien varrella olevissa pohjavesiputkissa KevG-17...KevG-23.**

Pohjavedenpinnan korkeuksissa ei ole havaittavissa merkittäviä muutoksia eri alueiden välillä. Pääsääntöisesti pinnankorkeudet olivat korkeammalla kuin muina tuotantovuosina 2013–2015. (Kuva 3-6)



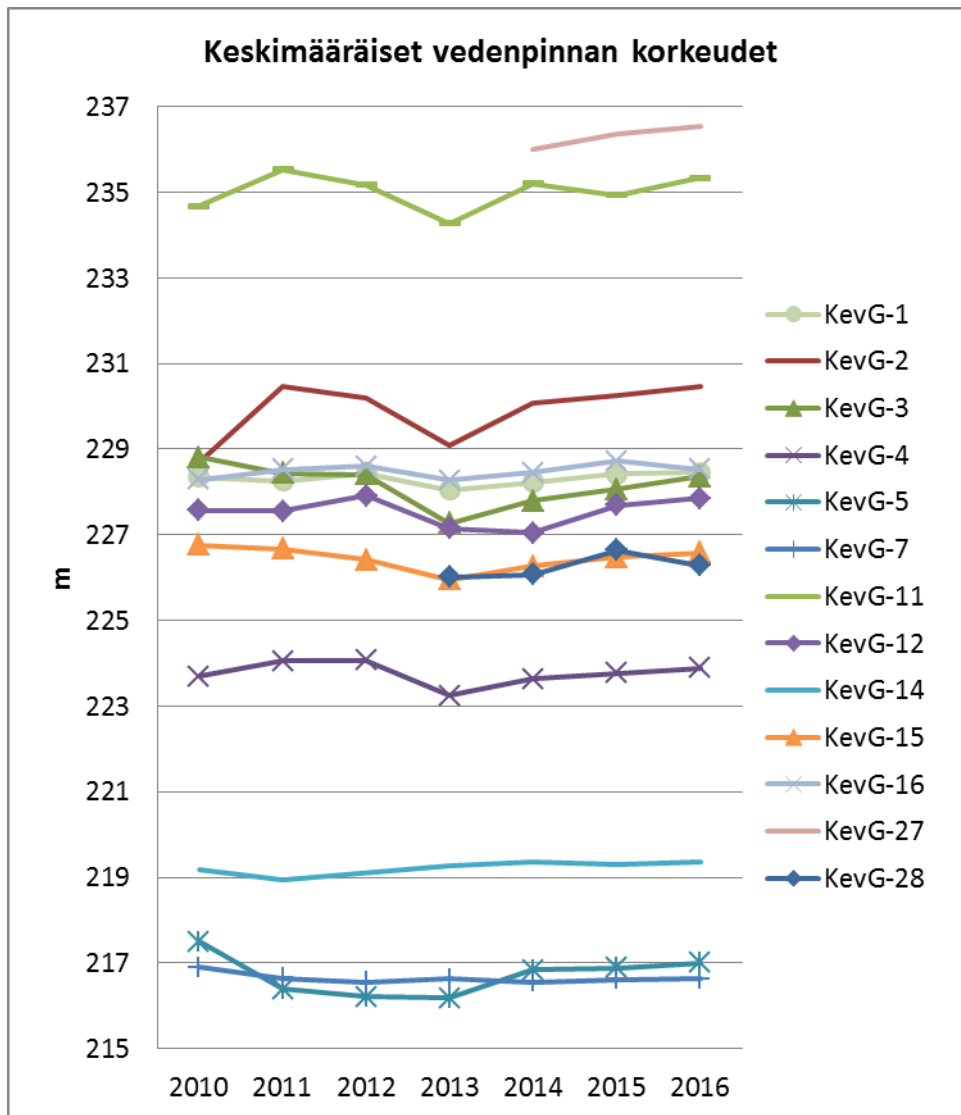
**Kuva 3-6. Kaivoksen lähialueen pohjavesien keskimääräiset pinnankorkeudet (2012-2016), valuma-alueet, sekä pohjaveden virtaussuunnat ennen kaivostoiminnan alkua (Pöyry 2012). Kuvassa ei ole vielä huomioitu lokakuussa 2016 asennettuja pohjavesiputkia KevG-29, -30, -31, -32 ja -34.**

Keskimääräisissä pohjaveden pinnankorkeuksissa on havaittavissa jonkin verran muutoksia 2010–2016. Vuonna 2013 pohjaveden pinnankorkeudet olivat yleisesti Pohjois-Suomessa alhaalla. Sama ilmiö on havaittavissa myös Kevitsassa niillä havaintoputkilla, jotka eivät ole keskellä toiminta-alueita (esim. putket KevG-1...KevG-5). Ilmatieteen laitoksen mukaan vuonna 2016 kokonaissademäärä oli 627 mm, mikä oli huomattavasti korkeampi kuin pitkänajan keskiarvo. Huomiona aineistossa oli myös kesäkuun lopun ja heinäkuun huomattavat sadekertymät, kolmasosa vuoden sadekertymästä muodostui 1,5 kuukaudessa. Vuonna 2015 sadesumma oli 665 mm, 2014 553 mm, 2013 vain 486 mm ja vuonna 2012 627 mm, pitkän ajan (1981–2010) keskiarvo on 527 mm. (Kuva 3-7)



**Kuva 3-7. Kumulatiivinen sademäärä Ilmatieteen laitoksen Sodankylän sääasemalta vuosilta 2012–2016, 2015 sekä pitkänajan keskiarvo (1981–2010).**

Pohjaveden pinnankorkeuksien vaihteluväli on tarkkailtavissa havaintoputkissa pysynyt suurin piirtein samana viime vuosina. Vedenpinnan korkeuksien vaihteluväli on Suomessa keskimäärin 0,1–1,0 metriä vuodessa (Ympäristöhallinto 2013). Vuonna 2016, kuten aikaisempinakin vuosina, usealla Kevitsan havaintoputkella oli vaihteluväli yli metrin. Suurin vaihteluväli (1,82 m) havaittiin putkella KevG-3. Keskimäärin pinnankorkeuden vaihteluväli vuonna 2016 (0,7 m) oli pienempi kuin vuonna 2014 (1,07 m) ja 2015 (0,93 m).



Vaihteluväli							
Havaintopiste	2010 (m)	2011 (m)	2012 (m)	2013 (m)	2014 (m)	2015 (m)	2016 (m)
KevG-1	0,01	0,36	0,38	0,40	0,73	0,18	0,34
KevG-2	1,50	2,07	1,93	1,40	1,77	1,64	0,01
KevG-3	1,89	1,35	1,21	1,38	2,12	1,88	1,82
KevG-4	0,14	1,30	0,71	0,89	1,49	1,21	1,21
KevG-5	1,74	1,15	0,74	0,75	0,29	0,40	0,38
KevG-7		0,35	0,47	0,40	0,12	0,28	0,22
KevG-11	1,39	1,33	1,62		1,19	0,93	
KevG-12	0,02	0,71	0,54	0,61	1,16	0,75	0,82
KevG-14		0,15	0,56	0,02	0,04	0,09	0,03
KevG-15	1,71	0,32	0,93	0,75	1,45	0,76	0,71
KevG-16	0,01	0,42	0,54	0,63	1,38	0,41	1,06
KevG-27					1,71	2,15	1,12
KevG-28				0,02	0,50	1,40	0,96

**Kuva 3-8. Pohjavedenpinnan keskimääräiset korkeudet ja pohjaveden pinnan vaihteluväli putkikohtaisesti vuosina 2010–2016. Kuvassa ei ole esitetty tulotien varrella sijaitsevia putkia, koska niistä mitataan pinnankorkeus vain kerran vuodessa, eikä vielä uusia lokakuun lopussa 2016 asennettujen putkien tuloksia. Tulokset niistä on esitetty luvussa 3.4. Taulukkoon ei ole merkitty myöskään vaihteluväliä, jos mittauksia on ollut vain yhden vuoden aikana.**

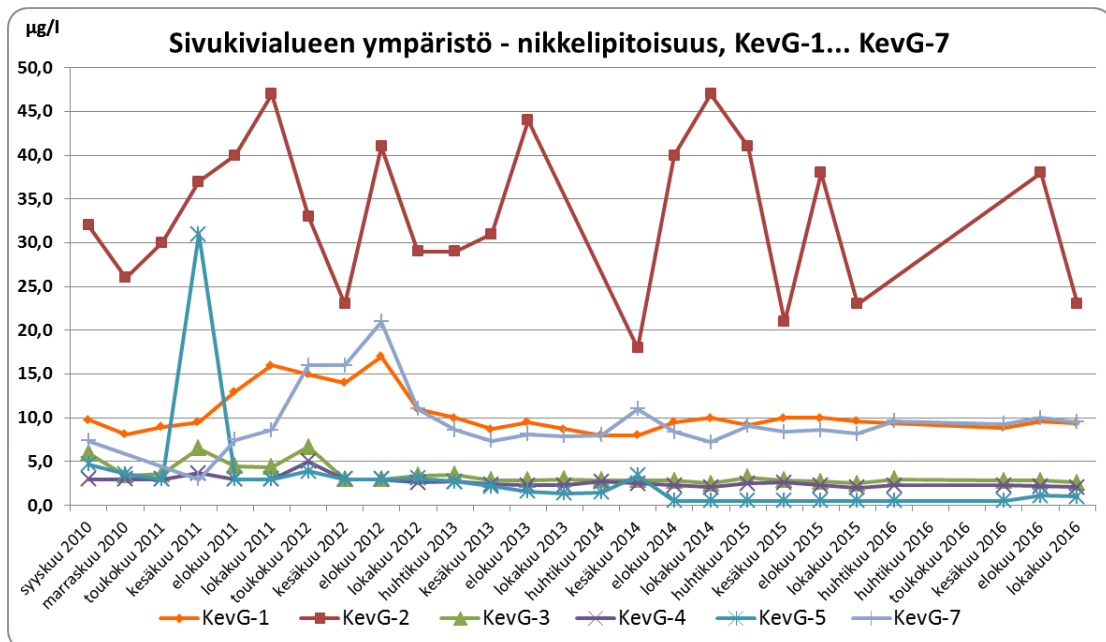
## 4. ANALYYSITULOKSET

Analyysituloksista on tarkasteltu keskeisimpiä muuttujia. Kaikki analyysitulokset vuodelta 2016 on koottu liitteeseen 2. Laboratorion mittausepävarmuudet on esitetty liitteessä 3 ja kokonaisepävarmuudet liitteessä 4.

### 4.1 Nikkeli

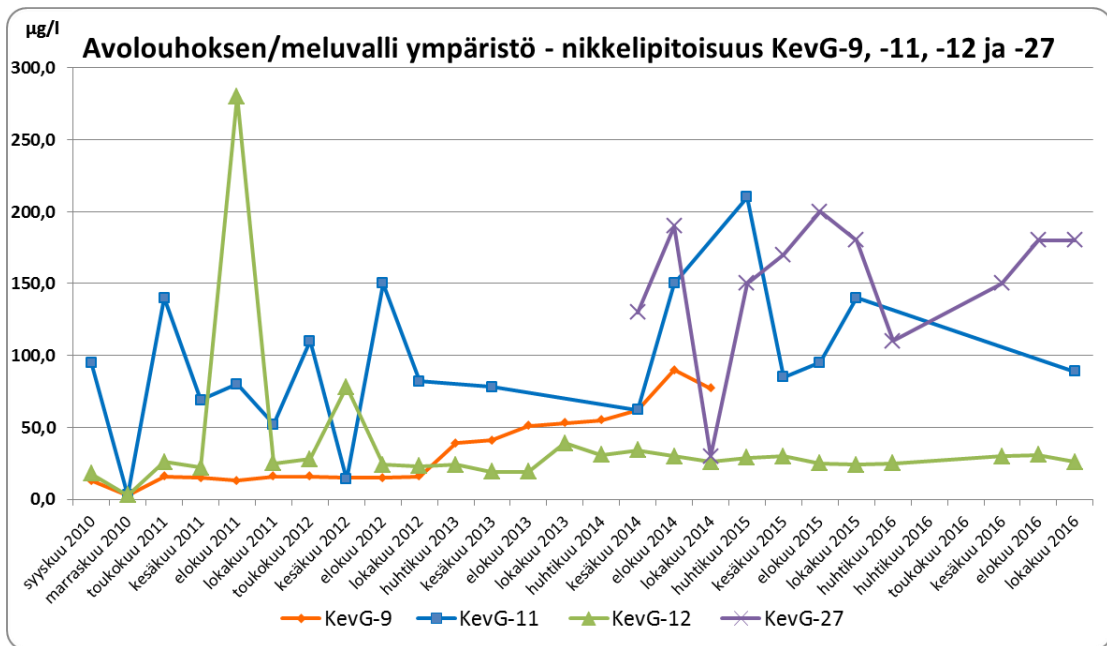
Nikkeli on geologisessa ympäristössä yleinen, pieninä pitoisuuksina esiintyvä raskasmetalli. Nikkelin keskiarvopitoisuudet Suomen pora- ja rengaskaivovesissä ovat tuhannen kaivon tutkimuksessa olleet 1,8–3,3 µg/l. Nikkelipitoiset sulfidimineralisaatiot kallioperässä voivat kuitenkin nostaa pohjaveden pitoisuuksia tavallista suuremmiksi (Lahermo ym. 2002).

Vuoden 2016 tarkkailussa nikkelpitoisuudet sivukivialueen ympäristön pohjavesiputkissa KevG-1...KevG-7 olivat <1,0–38 µg/l. Nikkelipitoisuus oli suomalaisten kaivojen keskipitoisuuksien tasoilla putkilla KevG-3, KevG-4 ja KevG-5. Korkeimmat pitoisuudet ovat edellisten vuosien tapaan vähävetisellä pohjavesiputkella KevG-2, joka sijaitsee samankaltaisen kallioperän alueella kuin itse malmikin. Myös putkien KevG-1 ja KevG-7 pitoisuuksiin (8,9–10 µg/l) on mahdollisesti vaikutusta alueen kallioperällä. Vuoden 2016 nikkelpitoisuudet olivat täysin yhteneväisiä edellisvuosiin, eikä trendejä havaittu (Kuva 4-1).



Kuva 4-1. Nikkelipitoisuudet sivukivialueen ja pintamaiden läjitysalueen ympäristön pohjavesiputkissa KevG-1...KevG-7.

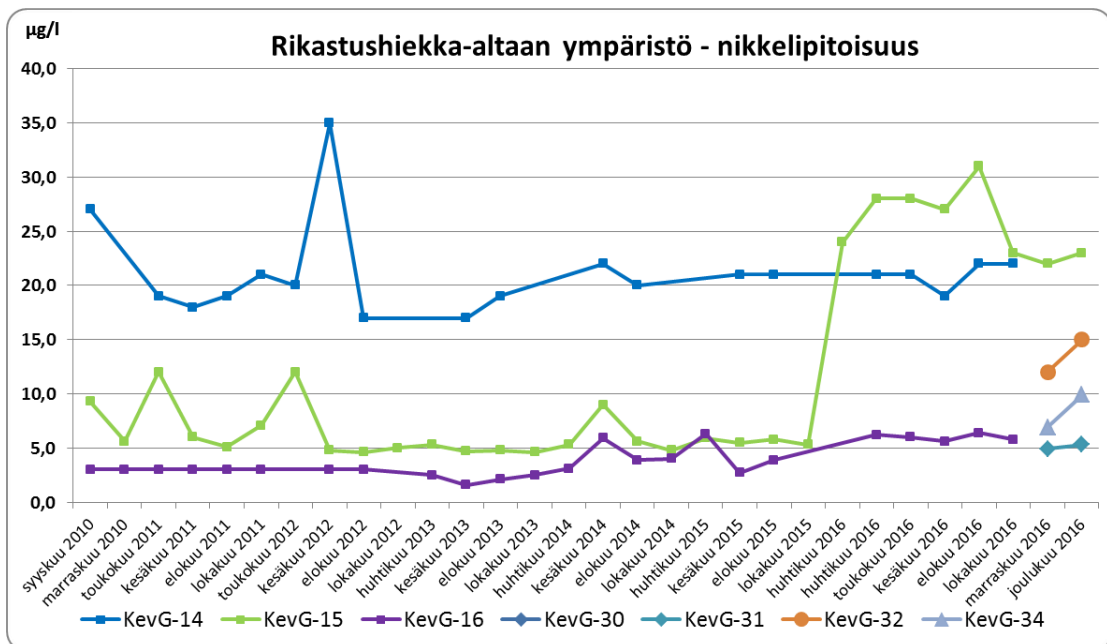
Avolouhoksen kaakkoispuolella sijaitsevilla pohjavesiputkilla korkeimmat nikkelpitoisuudet vuonna 2016 havaittiin elo- ja lokakuussa putkelta KevG-27 (180 µg/l). Vähävetisen putken KevG-27 nikkelpitoisuudet ovat vaihdelleet eri kierrosten välillä, mutta keskimääräinen pitoisuus on asettunut tasolle 150 µg/l. Putkien KevG-11 ja KevG-12 nikkelpitoisuudet olivat yhteneväisiä viimevuosien tuloksiin (Kuva 4-2).



**Kuva 4-2. Nikkelipitoisuudet avolouhoksen ympäristön pohjavesiputkissa KevG-9, KevG-11, KevG-12 ja KevG-27. Kuvaajan skaalaus on suurempi kuin muissa alueiden kuvaajissa.**

Rikastushiekka-alueen ympäristön pohjavesiputkissa KevG-14...KevG-16 nikkelpitoisuudet olivat vuoden 2016 tarkkailussa välillä 4,9–31 µg/l. Putkilla KevG-14 ja KevG-16 pitoisuudet olivat edellisten havaintojen kaltaisia, putken KevG-16 pitoisuuksia on havaittavissa pieni nouseva trendi vuodesta 2013. Uusien putkien KevG-31, -32 ja -34 keskimääräisiä pitoisuustasoja ei ole vielä saatu määritettyä. (Kuva 4-3)

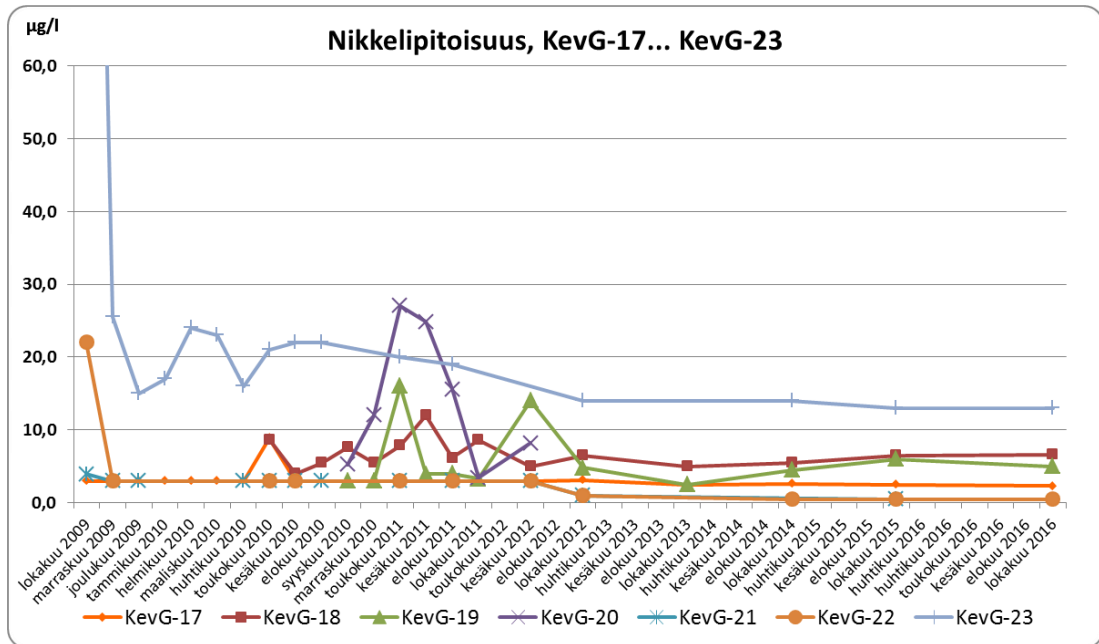
Korkeimmat nikkelpitoisuudet rikastushiekka-alaan ympäristössä vuonna 2016 havaittiin aikaisemmista vuosista poiketen putkelta KevG-15, pitoisuudet nousivat merkittävästi talvella 2015–2016 ja havaittiin huhtikuun kierroksella. Putkelta otettiin lisänäytteitä ja nikkelin pitoisuustaso on asettunut samalle tasolle putken KevG-14 kanssa. Mahdollisia syitä ilmiölle on pohdittu johtopäätöskappaleessa (kappale 6). (Kuva 4-3)



**Kuva 4-3. Nikkelipitoisuudet rikastushiekka-alueen ympäristön pohjavesiputkissa.**

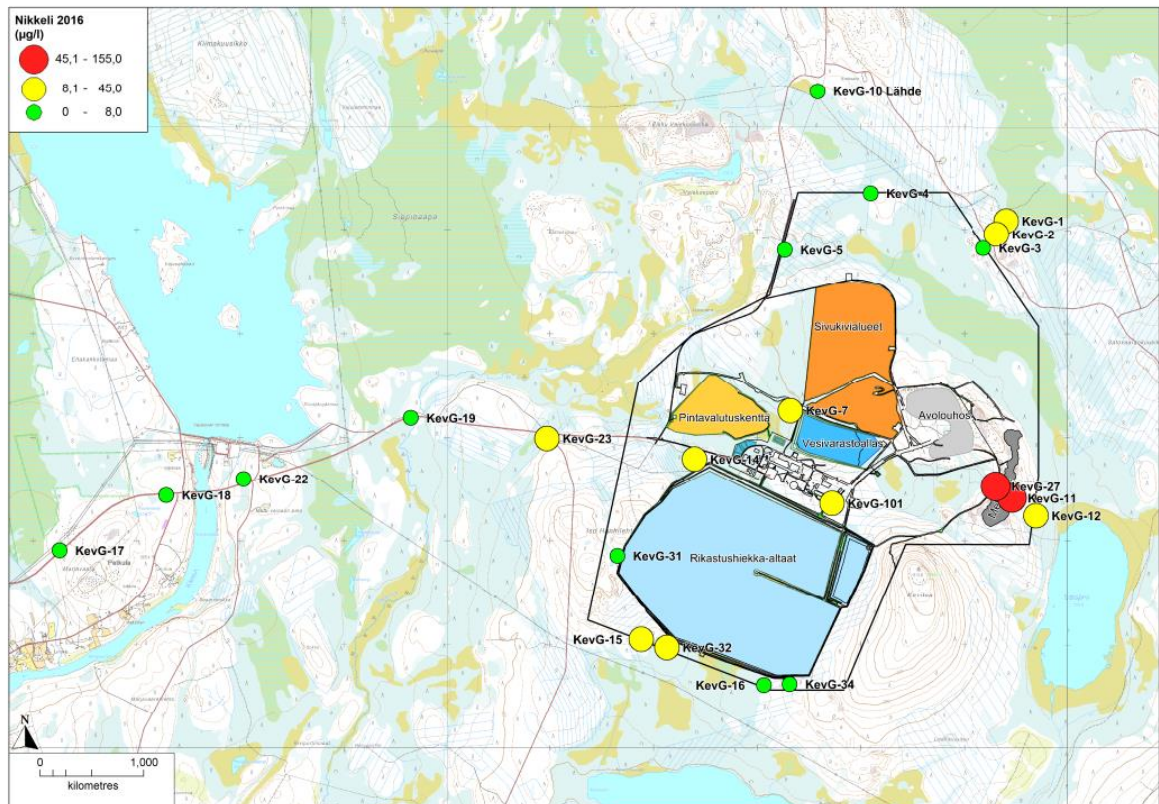
Kaivoksen tulotien pohjavesiputkissa KevG-17...KevG-23 otettiin näytteet lokakuussa, putkilta KevG-20 ja KevG-21 näytettä ei saatu. Pitoisuudet olivat yhteneväisiä edellisvuosien tuloksiin (Kuva 4-4). Pohjaveden havaintoputki KevG-23 sijaitsee mustaliuskeen kohdalla, minkä vuoksi siitä havaittu nikkelpitoisuus on muita alueen putkia korkeampi.





**Kuva 4-4. Nikkelipitoisuudet tulotien varrella olevissa pohjavesiputkissa KevG-17...KevG-23. Piste KevG-23 pitoisuus (190 µg/l) lokakuulta 2009 ei näy kuvaajassa skaalauksesta johtuen.**

Vuoden 2016 tarkkailussa nikkelpitoisuuksien havaittiin putken KevG-15 pitoisuustason nousseen uudelle tasolle, muuten tarkkailupisteillä ei havaittu merkittäviä eroja edellisvuosien tarkkailutuloksiin verrattuna. Meluvallin läheisyydessä sijaitsevalla putkella (KevG-27) nikkelpitoisuudet ovat vakiintuneet tasolle 150 µg/l vaihtelevien pitoisuuksien jälkeen.



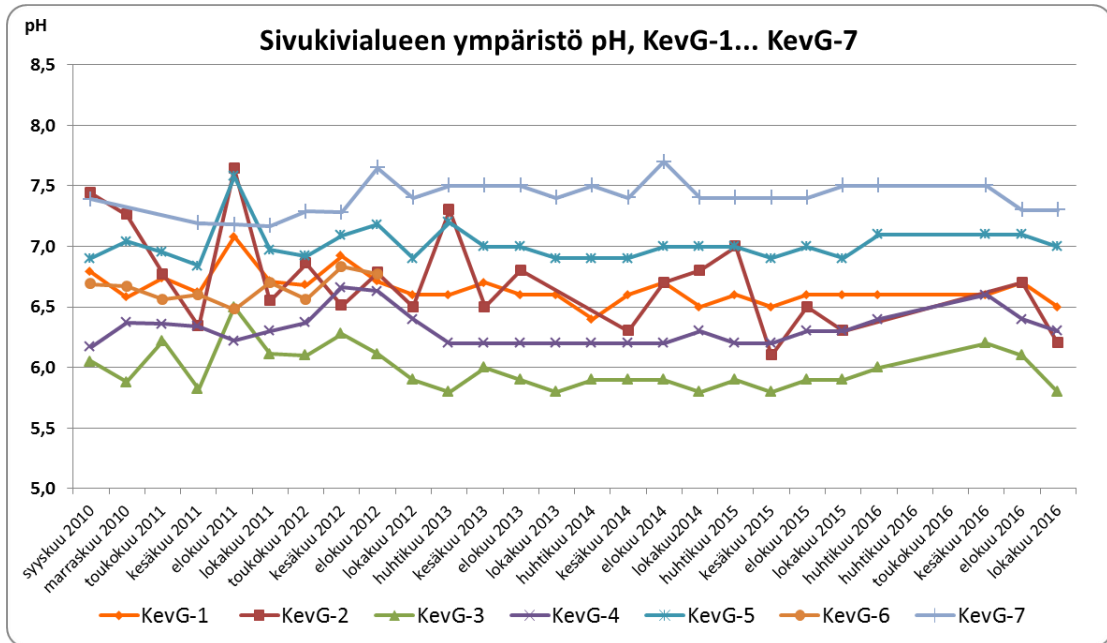
**Kuva 4-5. Keskimääräiset nikkelpitoisuudet (µg/l) vuonna 2016.**

Meluvallin ympäristön pohjaveden havaintoputkissa todettiin kohonnut nikkelpitoisuus (Kuva 4-5). Kohonneen nikkelpitoisuuden arvioidaan johtuvan meluvallin rakentamiseen käytettyjen pintamaiden läjityksestä. Lisäksi putken KevG-27 asennustietojen perusteella putken siiviläosuudella

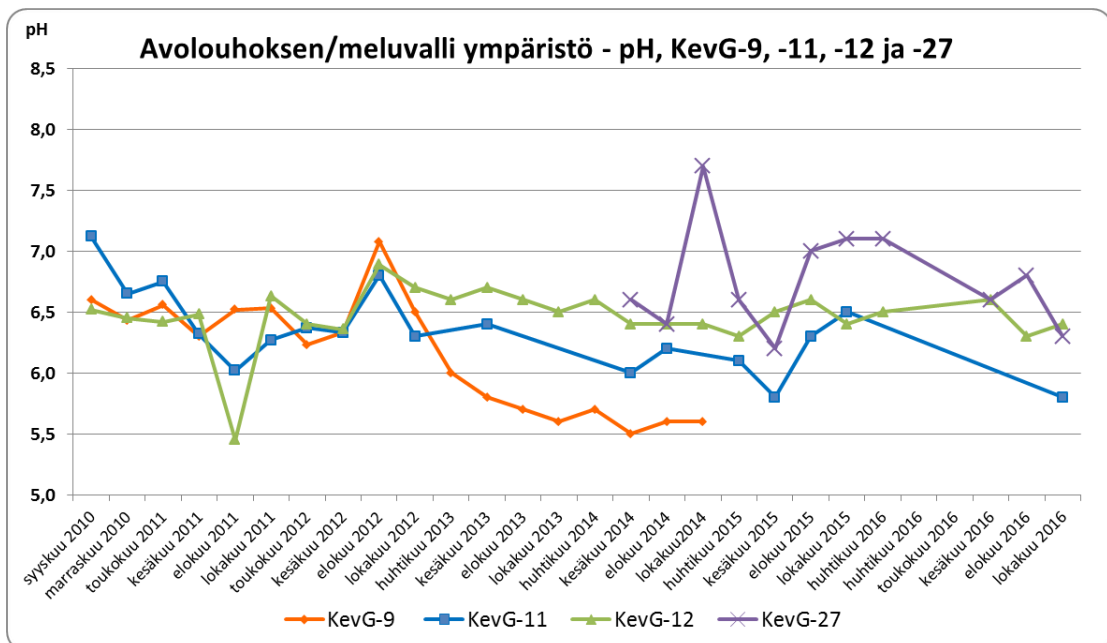
on täyttönä mursketta, mikä on voinut vaikuttaa havaintopisteen vedenlaatuun paikallisesti. Muita kaivosalueen tarkkailupisteitä korkeampi nikkelin pitoisuus pohjavedessä putkissa KevG-11 ja KevG-27 arvioidaan johtuvan kiviaineksen mekaanisen käsittelyn aiheuttamasta liukoisuuden lisääntymisestä paikallisesti. Meluvallin itäpuolella sijaitsevassa havaintopisteen KevG-12 nikkeli-  
pitoisuus ei poikkea kaivosalueen muista tarkkailupisteistä.

## 4.2 pH

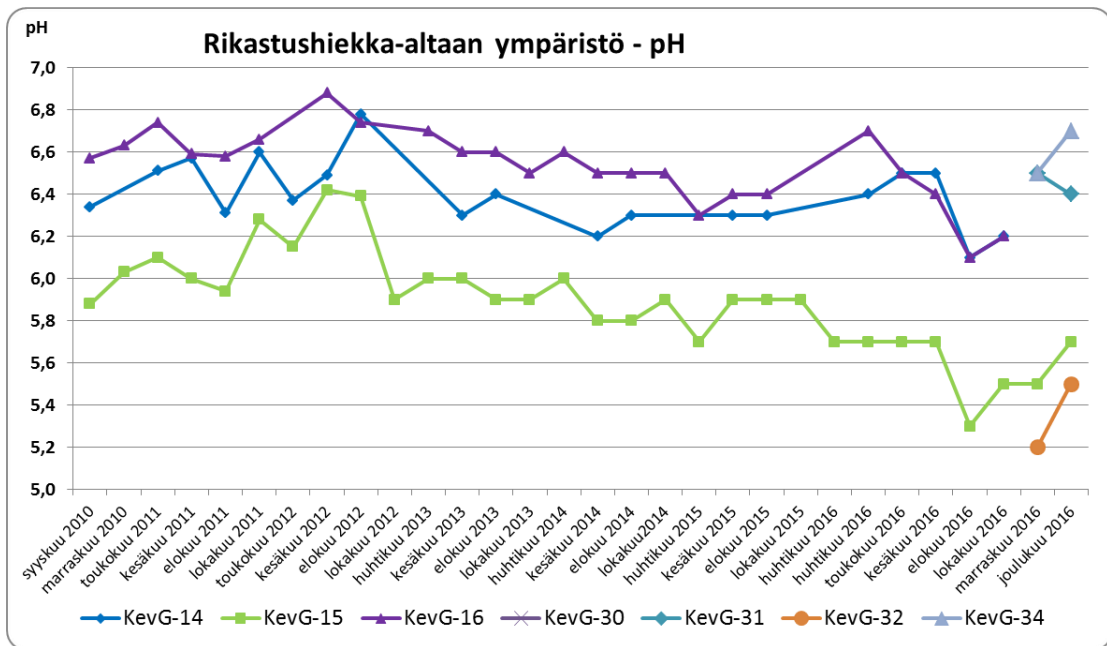
Luonnontilaisten pohjavesien pH:n tavanomainen vaihteluväli on 5,5–7,5 (Lahermo ym. 2002). Vuoden 2016 tarkkailussa kaikkien putkien pohjaveden pH oli välillä 5,3–7,6. Alimmat pH-arvot 5,3–5,7 mitattiin putkelta KevG-15, mikä on aikaisemmin havaittua (5,9–6,1) alhaisempi. Keskimääräiset arvot laskivat vuonna 2016, mutta olivat palautumassa loppuvuodesta. (Kuvat 4-6 – 4-9).



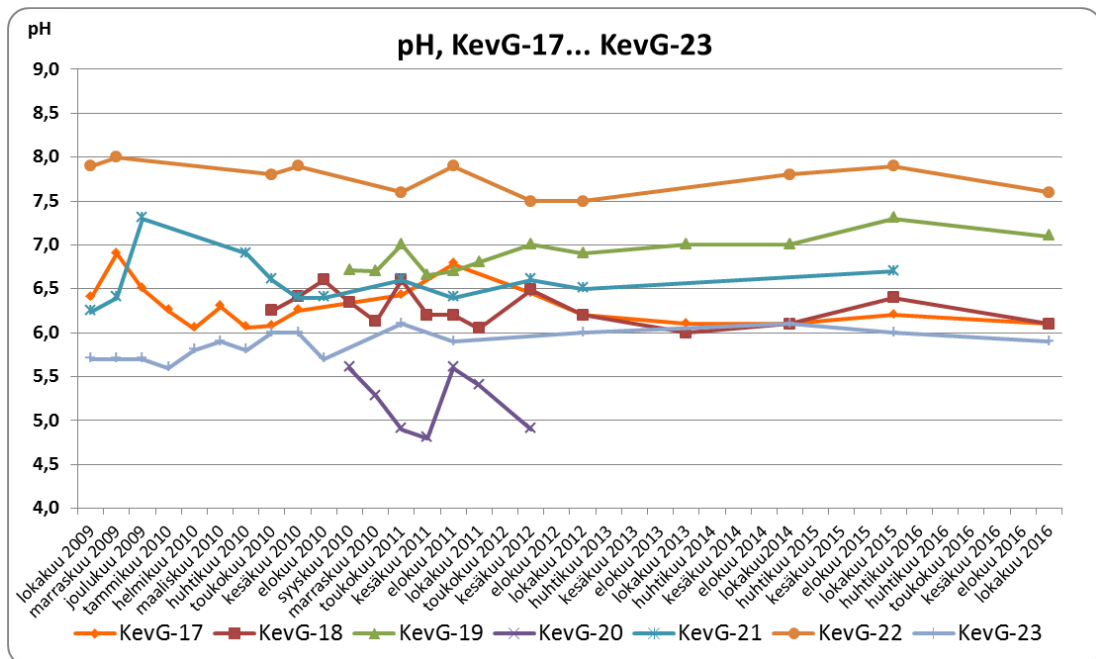
Kuva 4-6. Pohjaveden pH sivukivialueen ja pintamaiden läjitysalueen ympäristön pohjavesiputkissa KevG-1...KevG-7.



Kuva 4-7. Pohjaveden pH-arvot avolouhoksen ympäristön pohjavesiputkissa KevG-9, KevG-11, KevG-12 ja KevG-27.



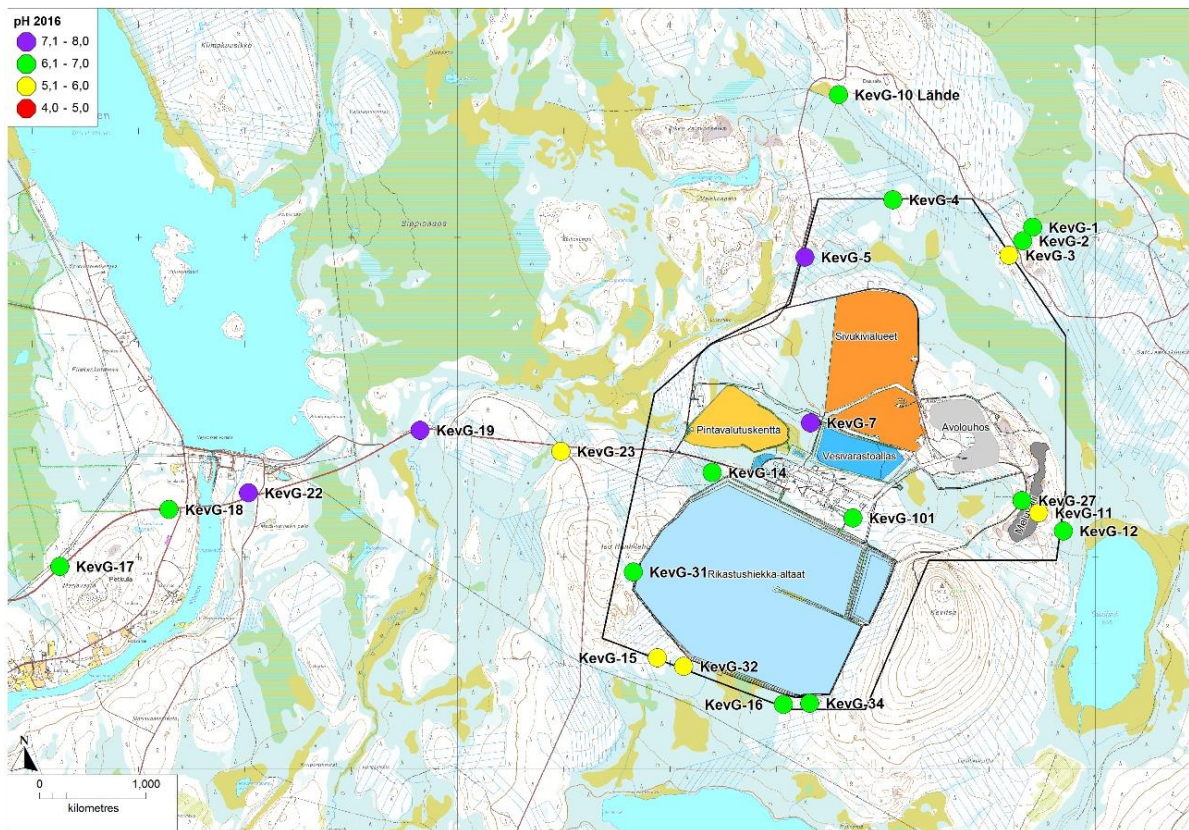
Kuva 4-8. pH-arvot rikastushiekka-alueen ympäristön pohjavesiputkissa.



Kuva 4-9. pH-arvot tulotien varrella olevissa pohjavesiputkissa KevG-17-KevG-23.

Vuoden 2016 tarkkailussa havaittiin rikastushiekka-altaan ympäristön putkien veden pH-arvojen KevG-14...KevG-16 laskeva trendi, joista putken KevG-15 arvot olivat loppuvuodesta nousussa. Alueen putket sijaitsevat pääsääntöisesti suoalueilla, jolloin luonnostaan happamat suovedet voivat alentaa pH-arvoja suotautuessaan pohjavedeksi.

Vuoden 2016 tarkkailussa todettujen pH-arvojen havainnollistamiseksi on laadittu temaattinen kartta, jossa on esitetty putkikohtaisesti keskimääräiset pH-arvot (Kuva 4-10).



Kuva 4-10. Keskimääräiset pH-arvot vuonna 2016.

### 4.3 Happipitoisuus

Suomalaisissa kaivovesissä (tuhannen kaivon tutkimus) happikylläisyyskeskiarvo rengaskaivojen osalta oli 58 % ja porakaivojen osalta 45 % (Lahermo ym. 2002).

Happipitoisuus ja hapen kyllästysaste vaihteli suuresti eri putkien välillä vuoden 2016 tarkkailussa, mutta pääpiirteissään tuloksissa ei havaittu muutoksia verrattuna edellisiin vuosiin. Alhaisimmillaan happipitoisuudet olivat soisen ympäristön havaintoputkissa KevG-1, KevG-5, KevG-7, KevG-14, KevG-23 ja KevG-32, joissa hapen keskimääräinen kyllästysaste vaihteli 5-22 % välillä.

Putken KevG-14 happipitoisuus laski tasaisesti vuodesta 2012 vuoteen 2015, jolloin kyllästysaste oli n. 5 %. Vuonna 2016 kyllästysaste nousi hieman ollen n. 9 %. Putkella KevG-15 happipitoisuudet laskivat edelleen edellisvuosiin verrattuna, kehitys keskimääräisessä kyllästysasteessa vuodesta 2012 vuoteen 2016 on ollut 78→64→60→56→25 %. Myös putkella KevG-16 keskimääräinen hapen kyllästysaste laski vuonna 2013 ja 2014, mutta on sen jälkeen ollut suhteellisen tasainen. Kehitys tällä putkella on ollut vuodesta 2012 vuoteen 2016 86→64→54→48→49 %.

Putkikohtaisissa happipitoisuuksissa ja hapen kyllästysasteessa on huomattaviakin vaihteluita vuosien 2010–2016 välillä. Pääosin happipitoisuudet ja hapen kyllästysasteet ovat aiemmin mainittuja putkia lukuun ottamatta vaihdelleet edellisvuosien tarkkailutulosten vaihteluvälillä. (Liite 2)

### 4.4 Sähkönjohtavuus

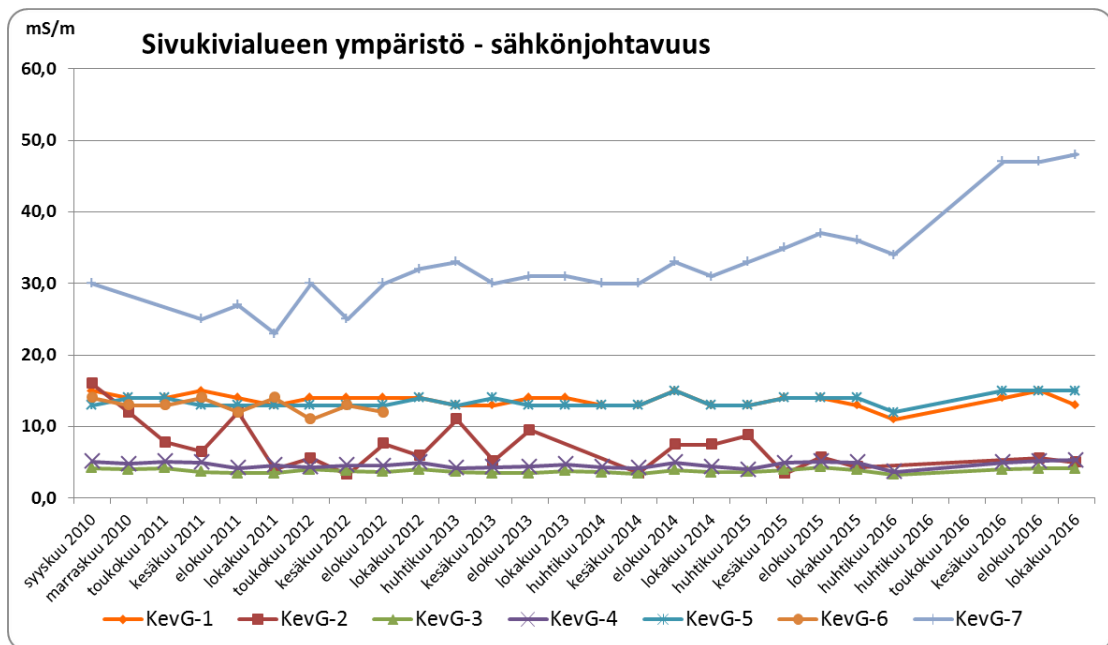
Veden sähkönjohtavuus on verrannollinen veteen liuenneiden elektrolyyttien eli ionimuodossa esiintyvien yhdisteiden määrään ja kuvaa niiden yhteistä suhteellista kokonaispitoisuutta. Suomen rengas- ja porakaivovesien keskimääräiset sähkönjohtavuusarvot olivat tuhannen kaivon tutkimuksessa 16,4 mS/m (rengaskaivot) ja 34,4 mS/m (porakaivot) (Lahermo ym. 2002).

Vuoden 2016 tarkkailussa pohjaveden havaintoputkista mitatut sähkönjohtavuudet olivat alle porakaivovesien keskiarvojen. Poikkeuksena tähän on ollut havaintoputki KevG-7, jonka havaitut sähkönjohtavuudet olivat vuonna 2016 keskiarvoa korkeammat 34–48 mS/m. Putki sijaitsee pin-

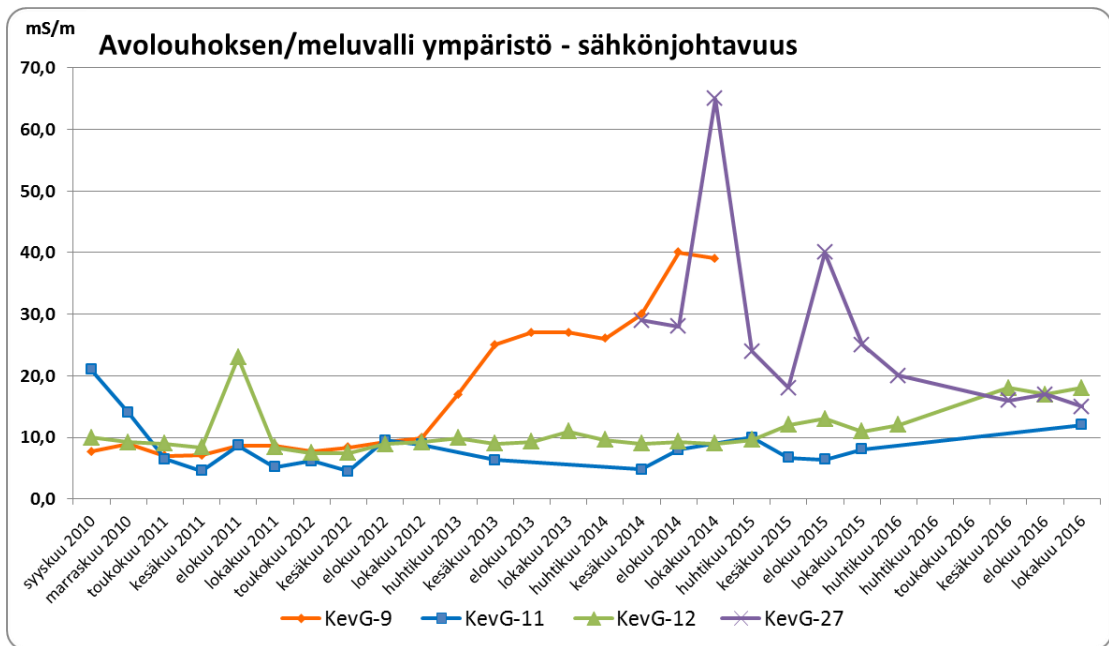
tavalutuskentän viereisellä suoalueella ja varsinkin loppuvuodesta 2015 sekä uudelleen loppukesällä 2016 putken ympäristössä on ollut runsaasti pintavesiä. Sähkönjohtavuus oli tasaisesti 47–48 mS/m kesä-lokakuun välisenä aikana.

Tarkkailupisteellä KevG-16 vuodesta 2013 alkanut sähkönjohtavuuden nouseva trendi jatkui vuonna 2016. Putkella KevG-15 havaittiin useiden tarkkailuparametrien pitoisuuksien nousseen talvella 2015–2016. Myös havaintoputken mitattu sähkönjohtavuus nousi vuoden 2015 tasolta n.6 mS/m vuonna 2016 tasolle 24 mS/m. Jyrkin nousu sähkönjohtavuudessa on tapahtunut lokakuun 2015 ja huhtikuun 2016 välisenä aikana. Sähkönjohtavuus laski loppuvuoden aikana huippuarvoihin verrattuna. Syitä sähkönjohtavuuden nousuun havaintoputkella KevG-15 on pohdittu tarkemmin yhteenvedon yhteydessä. (Kuvat 4-12 ja 4-13).

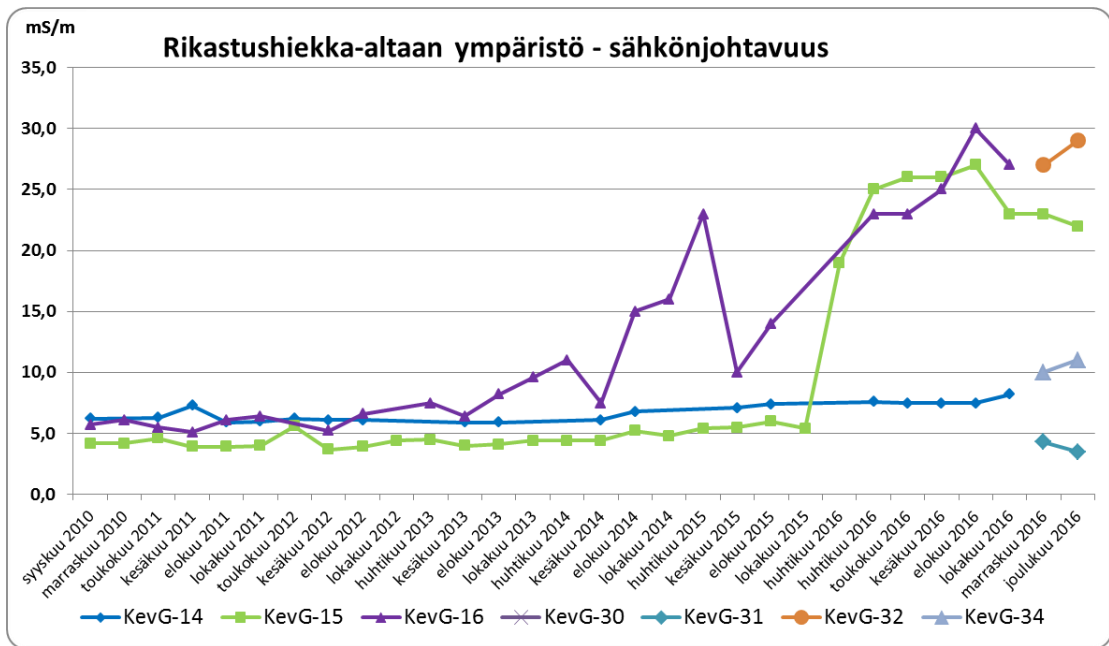
Tulotien pohjavesiputkella KevG-19 sähkönjohtavuus on ollut muihin alueen havaintoputkiin nähden korkea, mutta pysytellyt samalla tasolla vuodesta 2013. Havaintoputken muita korkeammalle sähkönjohtavuudelle ei tuloksien perusteella voida yksilöidä syytä, esim. kloridi- ja sulfaattipitoisuudet ovat alhaisia. Todennäköisesti johtavuudet ovat seurausta sellaisten ionien pitoisuuksista, joita ei ole tarkkailun yhteydessä määritetty, esim. alkalimetallit. Muutoin tulotien pohjavesiputkien sähkönjohtavuus vuonna 2016 oli yhteneväinen edellisten vuosien tuloksiin.



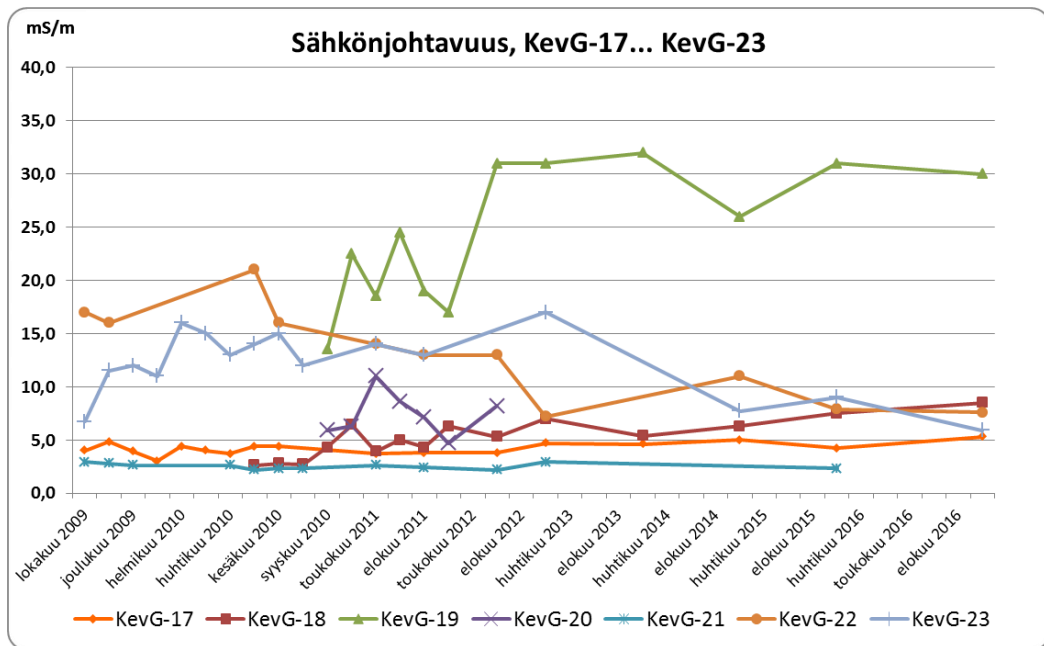
Kuva 4-11. Sähkönjohtavuus sivukivialueen ja pintamaiden läjitäsalueen ympäristön pohjavesiputkissa KevG-1-KevG-7.



Kuva 4-12. Sähkönjohtavuus avolouhoksen ympäristön pohjavesiputkissa KevG-9, KevG-11, KevG-12 ja KevG-27. Kuvaajan skaalaus on suurempi kuin muissa alueiden kuvaajissa.

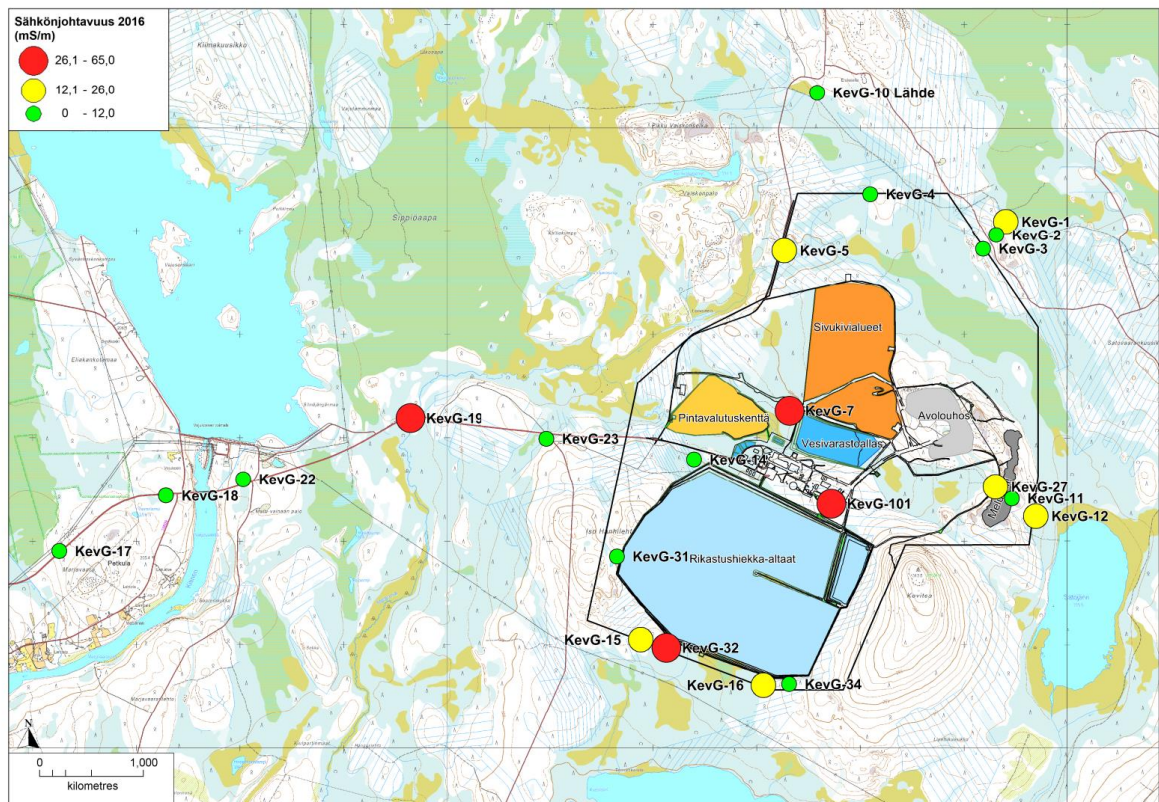


Kuva 4-13. Sähkönjohtavuus rikastushiekka-alueen ympäristön pohjavesiputkissa.



Kuva 4-14. Sähkönjohtavuus tulotien varrella olevissa pohjavesiputkissa KevG-17-KevG-23.

Vuoden 2016 tarkkailussa todettujen sähkönjohtavuuksien havainnollistamiseksi on laadittu teemattainen kartta, jossa on esitetty putkikohtaisesti keskimääräiset sähkönjohtavuudet (Kuva 4-15).



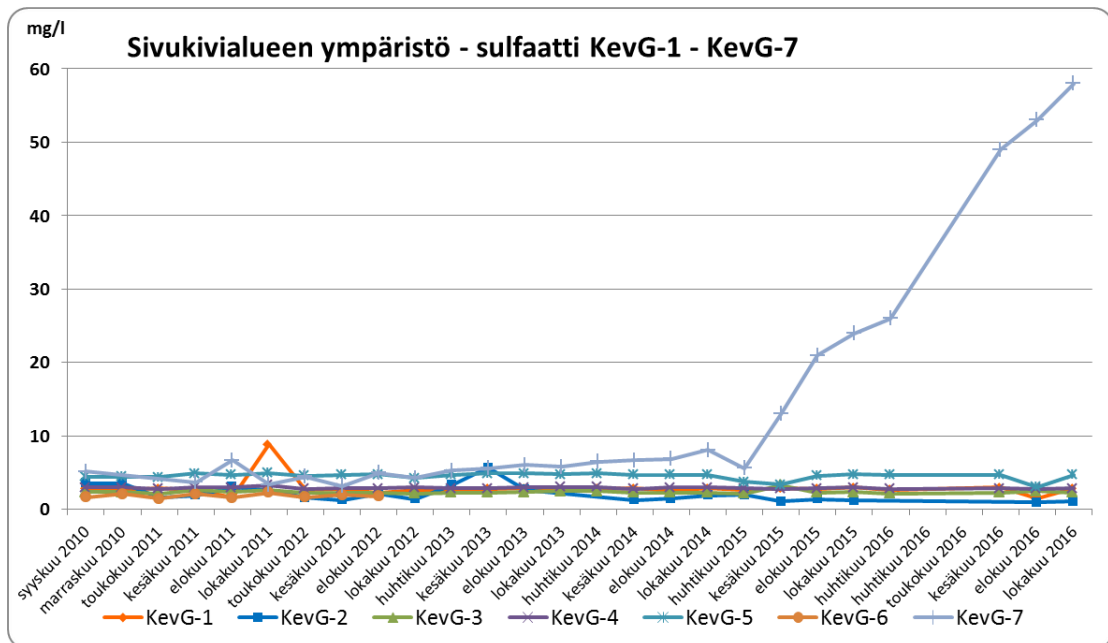
Kuva 4-15. Keskimääräiset sähkönjohtavuudet (mS/m) vuonna 2016.

#### 4.5 Sulfaatti

Suomen rengas- ja porakaivovesien sulfaatin keskipitoisuudet tuhannen kaivon tutkimuksessa olivat 14,6 ja 19,9 mg/l (Lahermo ym. 2002).

Vuoden 2016 tarkkailussa sulfaattipitoisuudet alittivat tuhannen kaivon tutkimuksen porakaivovesien keskipitoisuuden (19,9 mg/l), lukuun ottamatta putkia KevG-7, KevG-16 ja KevG-27. Muiden tarkkailuputkien tulokset olivat yhteneväisiä edellisiin vuosien tuloksiin, putkella KevG-15 sulfaattipitoisuudet laskivat talvella 2015–2016. Sulfaatin ympäristölaatu normi 150 mg/l (VNa 341/2009) ei ylittynyt yhdessäkään näytenäytteenä. (Kuvat 4-16 – 4-19)

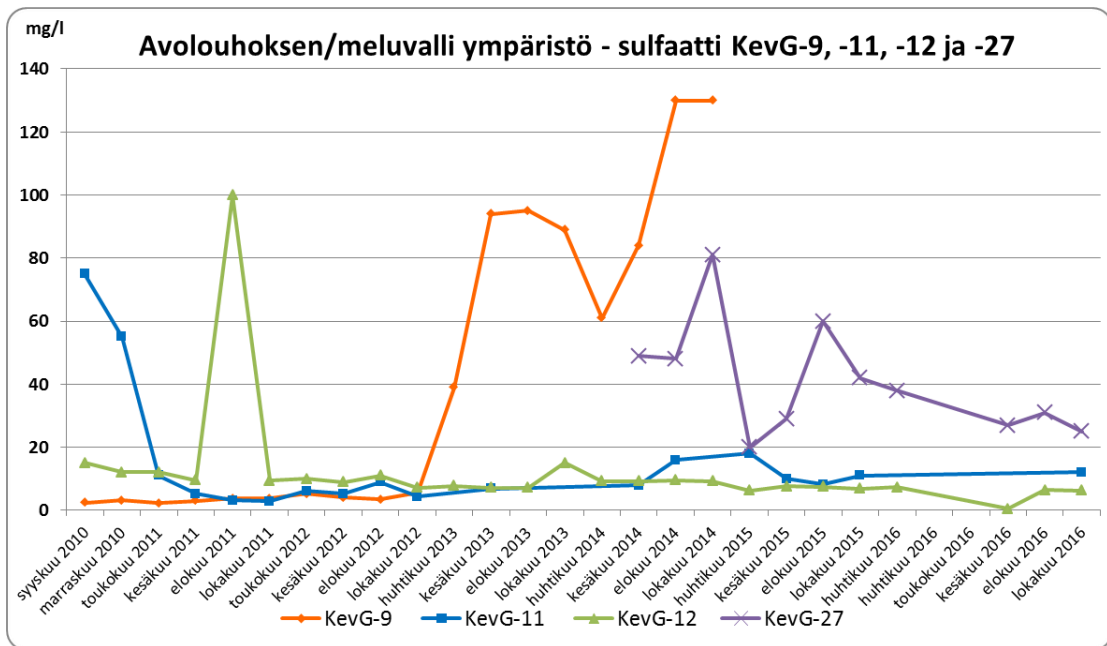
Putkella KevG-7 sulfaattipitoisuudet nousivat talvella 2014–2015. Vuonna 2014 keskipitoisuus oli 7,1 mg/l, vuonna 2015 15,9 mg/l ja nousu jatkui edelleen vuonna 2016, kun keskipitoisuus nousi tasolle 46,5 mg/l. Pohjaveden havaintoputki sijaitsee pintavalutus kentän ja sivukivialueen välissä. Sivukivialueen avo-oja sijaitsee noin 50 metrin päässä havaintoputkesta ja ojassa on koko kaivosalueen korkeimmat sulfaattipitoisuudet, jotka olivat vuonna 2016 tasolla 2000 mg/l. Alueella tehtiin myös sivukivialueen 1b pohjatöitä, jotka lisäsivät alueen hulevesiä. Sivukivialueen läheisyydellä ja pintavalutus kentän läheisyydellä on vaikutusta putkelta havaittuihin pitoisuuksiin. (Kuva 4-16)



Kuva 4-16. Sulfaattipitoisuus sivukivialueen ja pintamaiden läjitysalueen ympäristön pohjavesiputkissa (KevG-1...KevG-7).

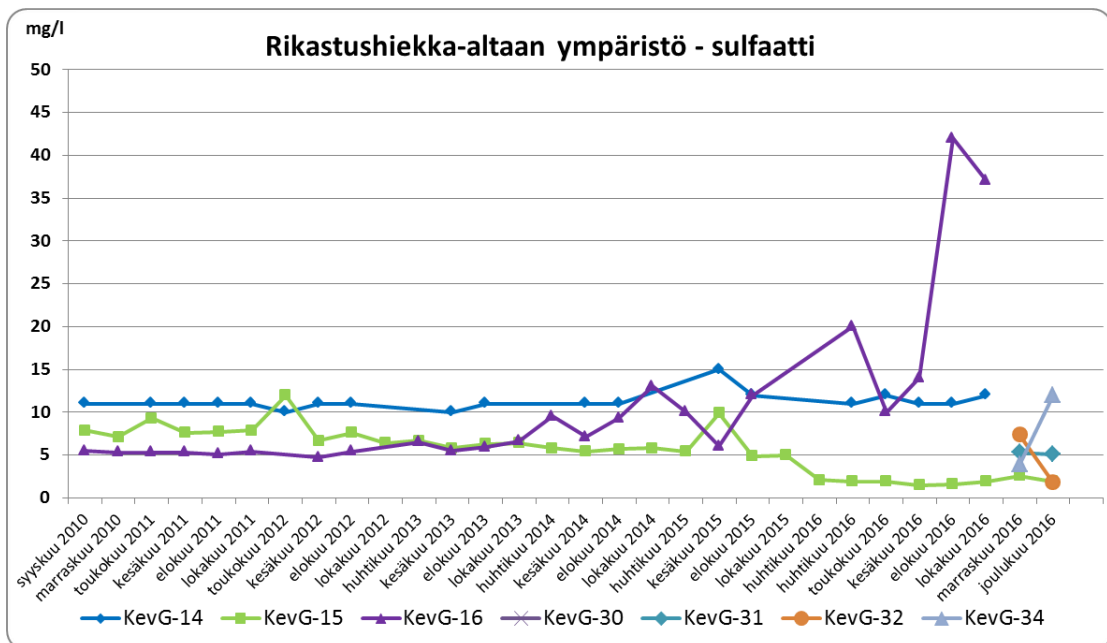
Putken KevG-27 sulfaattipitoisuudet olivat edellisvuosien tapaan suuremmat kuin avolouhoksen ja meluvallin alueen muilla putkilla, joskin laskeneet aiempiin vuosiin verrattuna. Korkeat sulfaattipitoisuudet voivat selittyä putken vähävetisyydellä ja kiintoaineksella. (Kuva 4-17)





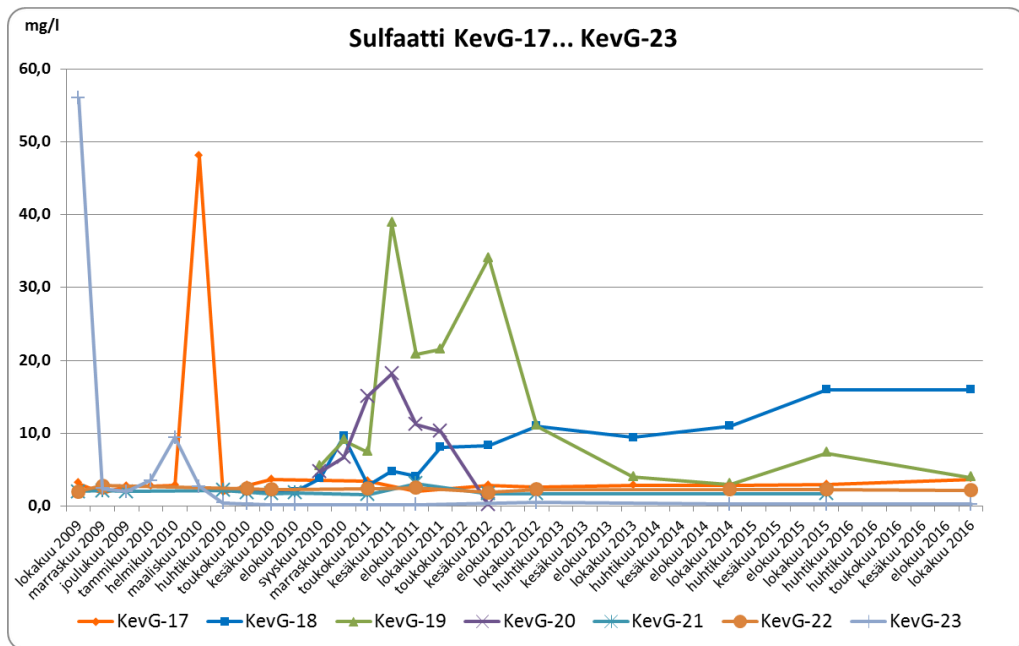
**Kuva 4-17. Sulfaattipitoisuus avolouhoksen ympäristön pohjavesiputkissa KevG-9, KevG-11, KevG-12 ja KevG-27. Kuvaajan skaalaus on suurempi kuin muissa alueiden kuvaajissa. Putki KevG-9 tuhoutui talvella 2014–2015.**

Putkella KevG-16 havaittiin elokuussa 2016 aiempaan nähden korkea sulfaattipitoisuus 42 mg/l. Putken ympärillä oli runsaasti pintavesiä elokuun kierroksella, vedenpinta putkessa oli elokuussa noin 10 cm ja edelleen lokakuussa noin 18 cm maanpinnan yläpuolella. Marraskuusta alkaen putki on ollut jäässä. Todennäköisesti ympäristön pintavesillä on vaikutusta putkelta havaittuihin pitoisuuksiin. Nousevaa pitoisuuskehitystä on ollut havaittavissa vuodesta 2013 alkaen, jolloin aloitettiin laajemmat rikastushiekkan läjitykset myös eteläiselle padolle. (Kuva 4-18)



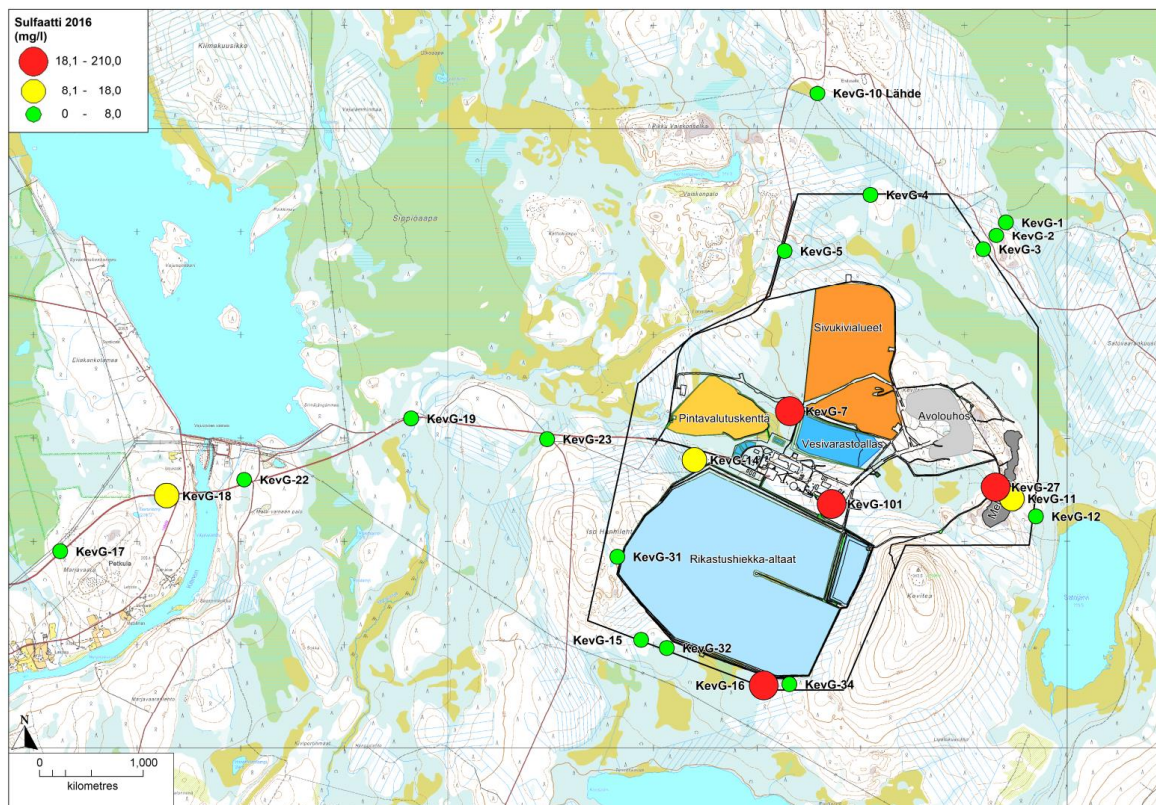
**Kuva 4-18. Sulfaattipitoisuus rikastushiekka-alueen ympäristön pohjavesiputkissa.**

Tulotien putkilla sulfaattipitoisuudet olivat tavanomaisia ja alhaisia, putkella KevG-18 pitoisuudet ovat nousseet hieman vuosina 2015 ja 2016 (Kuva 4-19).



**Kuva 4-19. Sulfaattipitoisuus tulotien varrella olevissa pohjavesiputkissa KevG-17...KevG-23.**

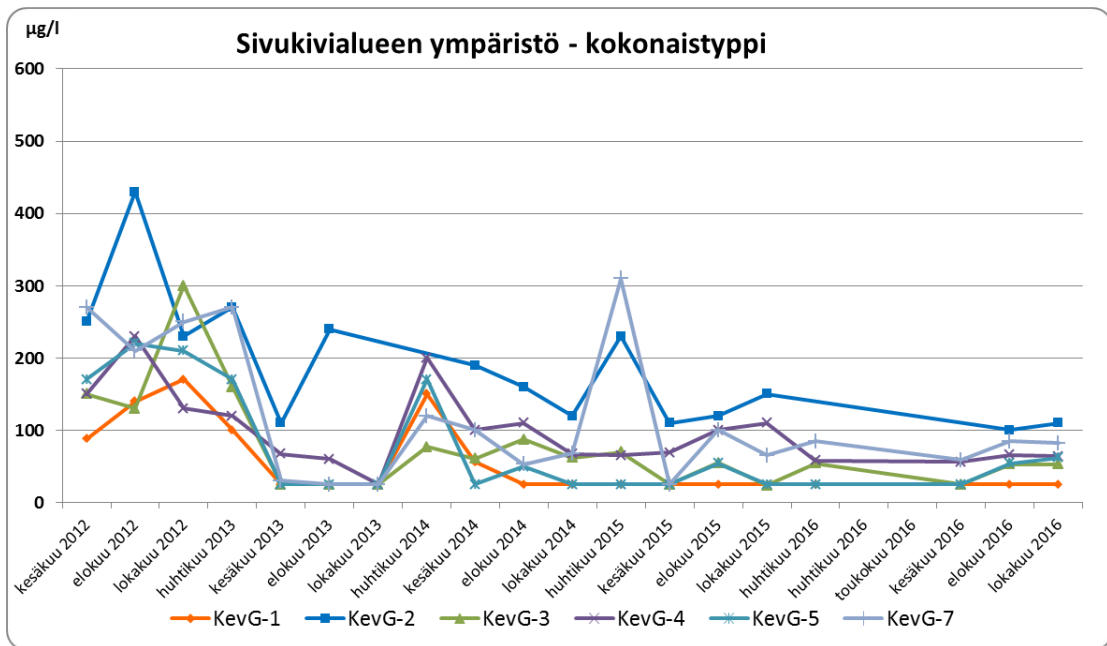
Putkikohtaiset keskimääräiset sulfaattipitoisuudet vuodelta 2016 on esitetty alla olevalla teematisella kartalla (Kuva 4-20).



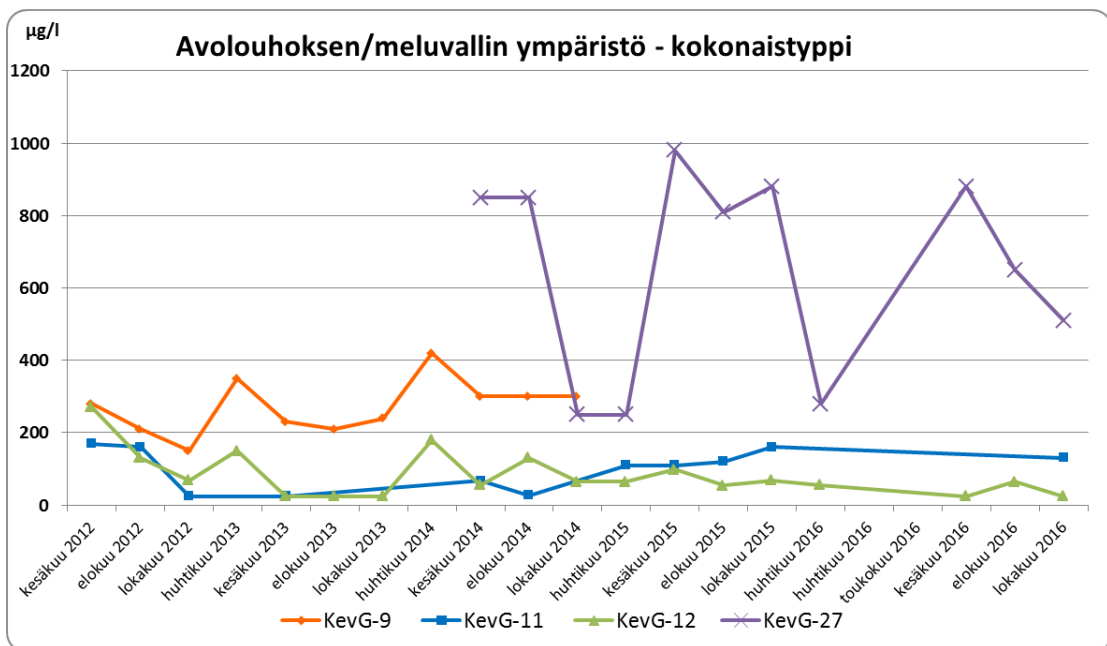
**Kuva 4-20. Keskimääräiset sulfaattipitoisuudet (mg/l) vuonna 2016.**

#### 4.6 Typpi

Vuonna 2016 pohjavesistä havaitut kokonaistypen pitoisuudet vaihtelivat välillä <math><50-2100\ \mu\text{g/l}</math>. Pitoisuudet olivat yleisesti alhaisimpia sivukivialueen ympäristössä ja korkeimpia rikastushiekkialtaan eteläpuolisilla havaintoputkilla. Keskimäärin pitoisuudet olivat tavanomaisia, pois lukien tarkkailuputki KevG-15, kaikilla tarkkailupisteillä. (Kuvat 4-21, 4-22 ja 4-23).

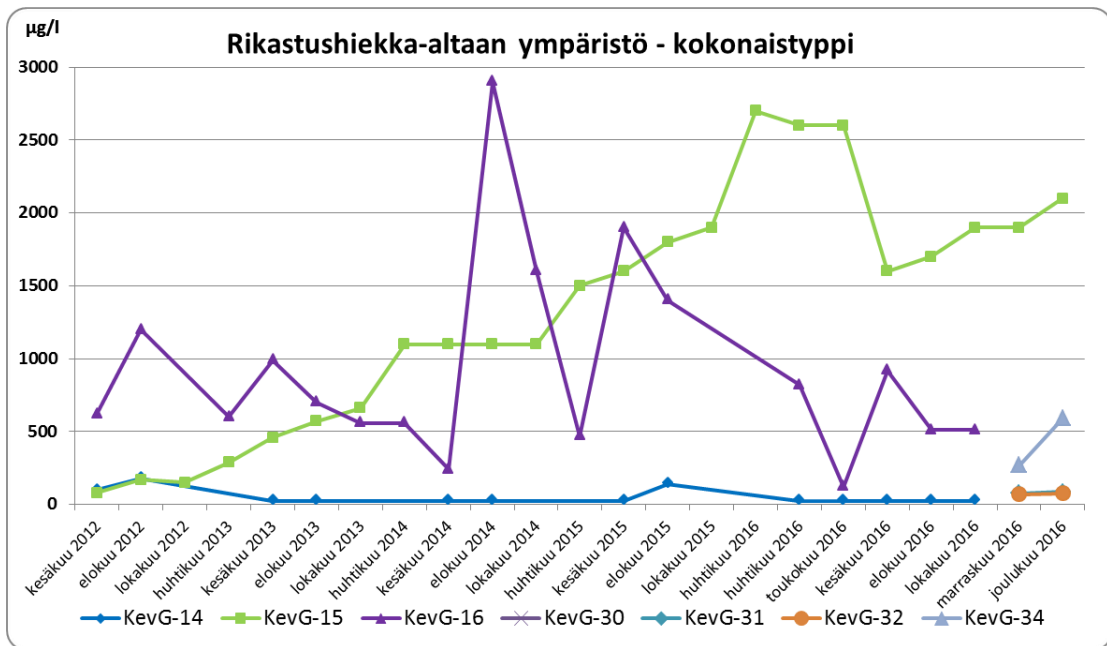


Kuva 4-21. Kokonaistyyppipitoisuus sivukivialueen ja pintamaiden läjitysalueen ympäristön pohjavesiputkissa (KevG-1...KevG-7).



Kuva 4-22. Kokonaistyyppipitoisuus avolouhoksen ympäristön pohjavesiputkissa KevG-9, KevG-11, KevG-12 ja KevG-27.

Rikastushiekka-altaan eteläpuolisella putkella KevG-16 kokonaistyyppipitoisuudet olivat vuonna 2014 ja 2015 korkeahkoja verrattuna edellisiin tarkkailuvuosiin, vuonna 2016 pitoisuudet palautuivat vuosien 2012 ja 2013 tasoille. Sen sijaan putkella KevG-15 oli edelleen havaittavissa nousua tyyppipitoisuudessa. Suurimmat pitoisuudet 2600–2700 µg/l mitattiin huhti-toukokuussa, loppuvuodesta pitoisuudet olivat välillä 1600–2100 µg/l. Pitoisuuskehityksen taustoja pohditaan yhteenvedon yhteydessä. (Kuvat 4-23)



**Kuva 4-23. Kokonaistyyppipitoisuus rikastushiekka-alueen ympäristön pohjavesiputkissa KevG-14...KevG-16. Kuvaajan skaalaus on suurempi kuin muissa alueiden kuvaajissa.**

Kokonaistyyppi oli suurimmaksi osaksi nitraattityyppinä. Suurimmat pitoisuudet olivat vuonna 2016, kuten myös vuosia 2014 ja 2015 putkilla KevG-15 (1000–2800 µg/l), KevG-16 (300–840 µg/l) ja KevG-27 (79–820 µg/l). Muissa putkissa pitoisuudet olivat edellisten vuosien vaihteluvälissä. (Liite 2).

Ammoniumtyypin pitoisuudet olivat käytännössä, putkia KevG-7, KevG-19, KevG-23 ja KevG-32 lukuun ottamatta, alle määritysrajan <4 µg/l. Edellä mainituilla putkilla happipitoisuudet olivat myös alhaisia ja sijaitsevat suoalueella. Pelkistävässä olosuhteissa nitraatit pelkistyvät alemmalla hapetusasteella oleviksi typpiyhdisteiksi kuten ammoniumtypeksi (Lahermo ym. 2002). Vuonna 2016 pitoisuudet vaihtelivat kokonaisuudessaan välillä <4–99 µg/l, ollen yhteneväisiä aiempien vuosien tulosten kanssa. (Liite 2)

#### 4.7 Fosfaattifosfori

Suomalaisissa rengas- ja porakaivovesissä (tuhannen kaivon tutkimus) fosfaattipitoisuuksien mediaaniarvo on <20 µg/l. Tuhannen kaivon tutkimuksessa rengaskaivoissa vain 20 % ja porakaivoissa 27 % näytteistä ylitti fosfaatin määritysrajan (<20 µg/l). Pohjaveden hyvin pieniin fosfaattipitoisuuksiin on syynä fosfaatin suuri taipumus sitoutua heti vapauduttuaan rapautumisprosessissa (Lahermo ym. 2002).

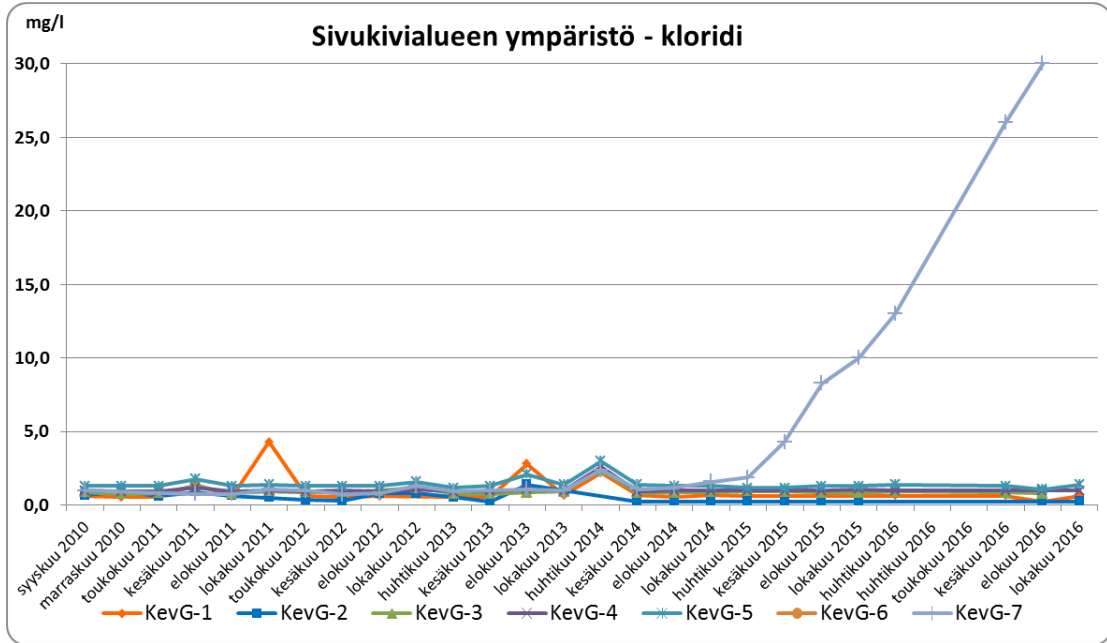
Kevitsan vuoden 2016 tarkkailussa fosfaattifosforin (liuennut epäorgaaninen fosfori) pitoisuudet alittivat tuhannen kaivon tutkimuksen mediaaniarvon <20 µg/l, lukuun ottamatta sivukivialueen koillispuolen putkea KevG-4, missä pitoisuudet vaihtelivat välillä 29–37 µg/l, sekä vähävetisellä putkella KevG-23, jossa pitoisuus oli 260 µg/l. Pitoisuudet olivat yhteneväisiä edellisten vuosien tuloksiin. (liite 2).

#### 4.8 Kloridi

Suomalaisissa rengaskaivovesissä (tuhannen kaivon tutkimus) on kloridia keskimäärin 8,6 mg/l. Porakaivovesissä kloridia on usein moninkertainen määrä, etenkin rannikkoalueilla (Lahermo ym. 2002). Pohjavesille asetettu kloridin ympäristölaatu normi on 25 mg/l (VNa 341/2009).

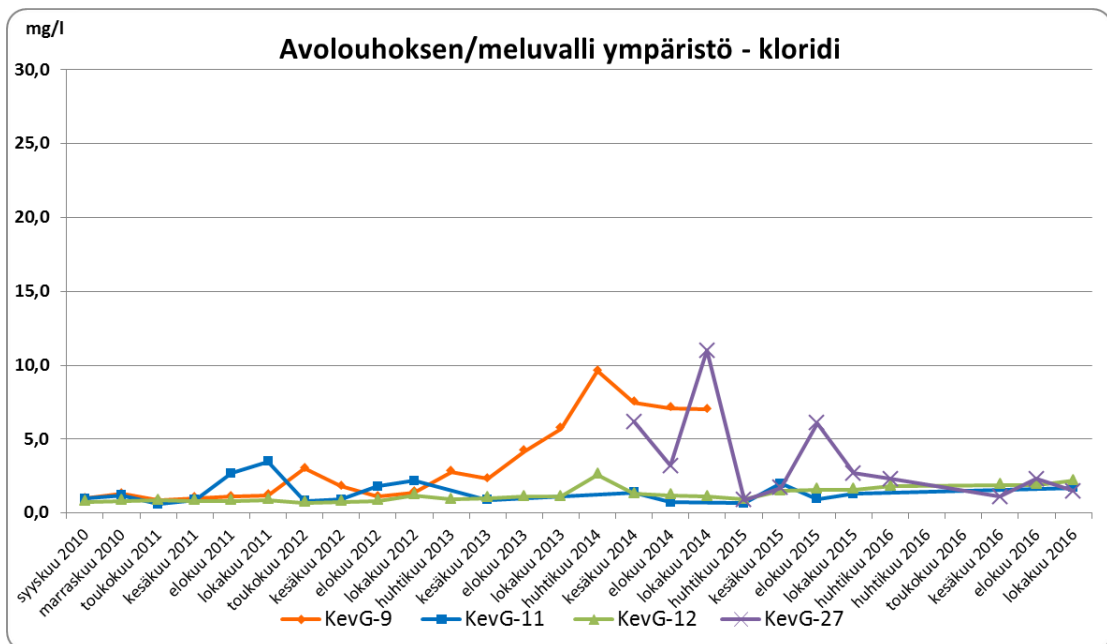
Kevitsan vuoden 2016 tarkkailussa kloridipitoisuudet vaihtelivat välillä <0,5–69,0 mg/l. Muista selvästi poikkeavat pitoisuushavainnot tehtiin putkilta KevG-7 (pitoisuudet 13–34 mg/l), KevG-15 (51–69 mg/l), KevG-16 (23–38 mg/l) ja uudella putkella KevG-32 (74–82 mg/l). Muilla tarkkailupisteillä pitoisuudet jäivät alle 9,3 mg/l. (Kuvat 4-24, 4-25 ja 4-26)

Pintavalutuskentän laidalla sijaitsevalla putkella KevG-7 kloridipitoisuudet lähtivät sulfaattipitoisuuksien tapaan nousuun kesällä 2015 ja kehitys on jatkunut siitä lähtien (Kuva 4-24). Vuosina 2015 ja 2016 putken ympäristössä on ollut paljon pintavesiä ja putki sijaitsee pintavalutuskentän ja sivukivialueen välissä. Myös sivukivialueen 1b rakentamistyöt voivat vaikuttaa havaittuihin pitoisuuksiin. Pintavalutuskentälle pumpattavien vesien kloridipitoisuudet olivat vuonna 2016 keskimäärin 305 mg/l ja sulfaattipitoisuudet 581 mg/l, sivukivialueella kloridipitoisuudet olivat keskimäärin 94 mg/l ja sulfaattipitoisuudet 1432 mg/l.



Kuva 4-24. Kloridipitoisuus sivukivialueen ja pintamaiden läjitysalueen ympäristön pohjavesiputkissa (KevG-1...KevG-7).

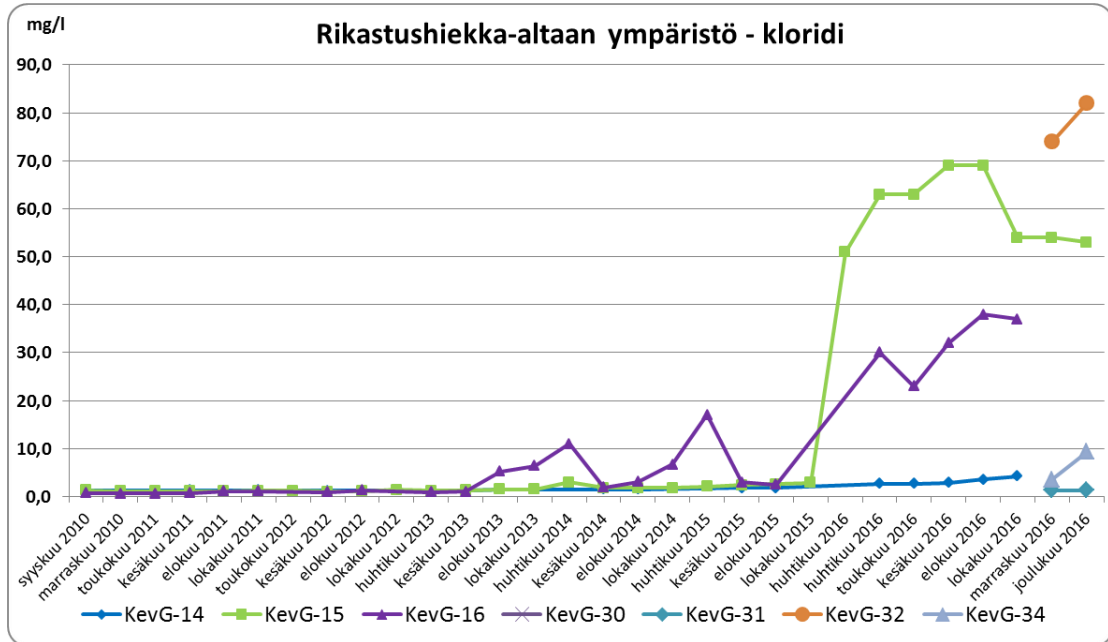
Avolouhoksen ja meluvallin ympäristön havaintoputkilla kloridipitoisuudet olivat tavanomaisia (Kuva 4-25).



Kuva 4-25. Kloridipitoisuus avolouhoksen ympäristön pohjavesiputkissa KevG-9, KevG-11, KevG-12 ja KevG-27.

Suurin suhteellinen muutos kloridipitoisuuksissa havaittiin tarkkailuputkella KevG-15 talven 2015–2016 aikana. Lokakuussa 2015 pitoisuus oli 2,9 mg/l, kun se oli huhtikuussa 2016 noussut pitoisuuteen 51 mg/l ja nousi edelleen kesä-elokuussa pitoisuuteen 69 mg/l. Loka- joulukuussa

pitoisuudet laskivat hieman pitoisuuksiin 53–54 mg/l. Lokakuussa 2016 asennettu havaintoputki KevG-32 sijaitsee tarkkailuputken KevG-15 vieressä. Havaintoputkella KevG-32 mitattiin marras-joulukuussa kloridipitoisuudet 74–82 mg/l. Tammi-helmikuussa 2017 pitoisuudet olivat putkilla KevG-15 55–57 mg/l ja putkella KevG-32 87–91 mg/l. Havaintoputkella KevG-32 kloridipitoisuuden kehitys on edelleen nouseva, putken KevG-15 pitoisuudet ovat tasoittuneet tasolle 50–60 mg/l. Putkella KevG-16 kloridipitoisuuksien nouseva trendi jatkui vuonna 2016. (Kuva 4-26)



Kuva 4-26. Kloridipitoisuus rikastushiekka-alueen ympäristön pohjavesiputkissa. Kuvaajan skaalaus on suurempi kuin muissa alueiden kuvaajissa.

Tarkkailuputken KevG-15 kloridipitoisuuksien nousu on ollut merkittävä, putkella on havaittu myös muissa parametreissa vastaava kehityssuunta, muista poiketen sulfaattipitoisuudet ovat olleet laskussa. Mahdollisia syitä muutoksiin on pohdittu yhteenvedossa. Rikastushiekka-altaan suotovesien kloridipitoisuudet altaan eteläisellä padolla sijaitsevalla sisäisten vesien tarkkailupisteellä KevP-4a2 olivat keskimäärin 145 mg/l.

Kloridipitoisuudet olivat muilla putkilla yhteneväisiä edellisten vuosien tuloksien kanssa (liite 2).

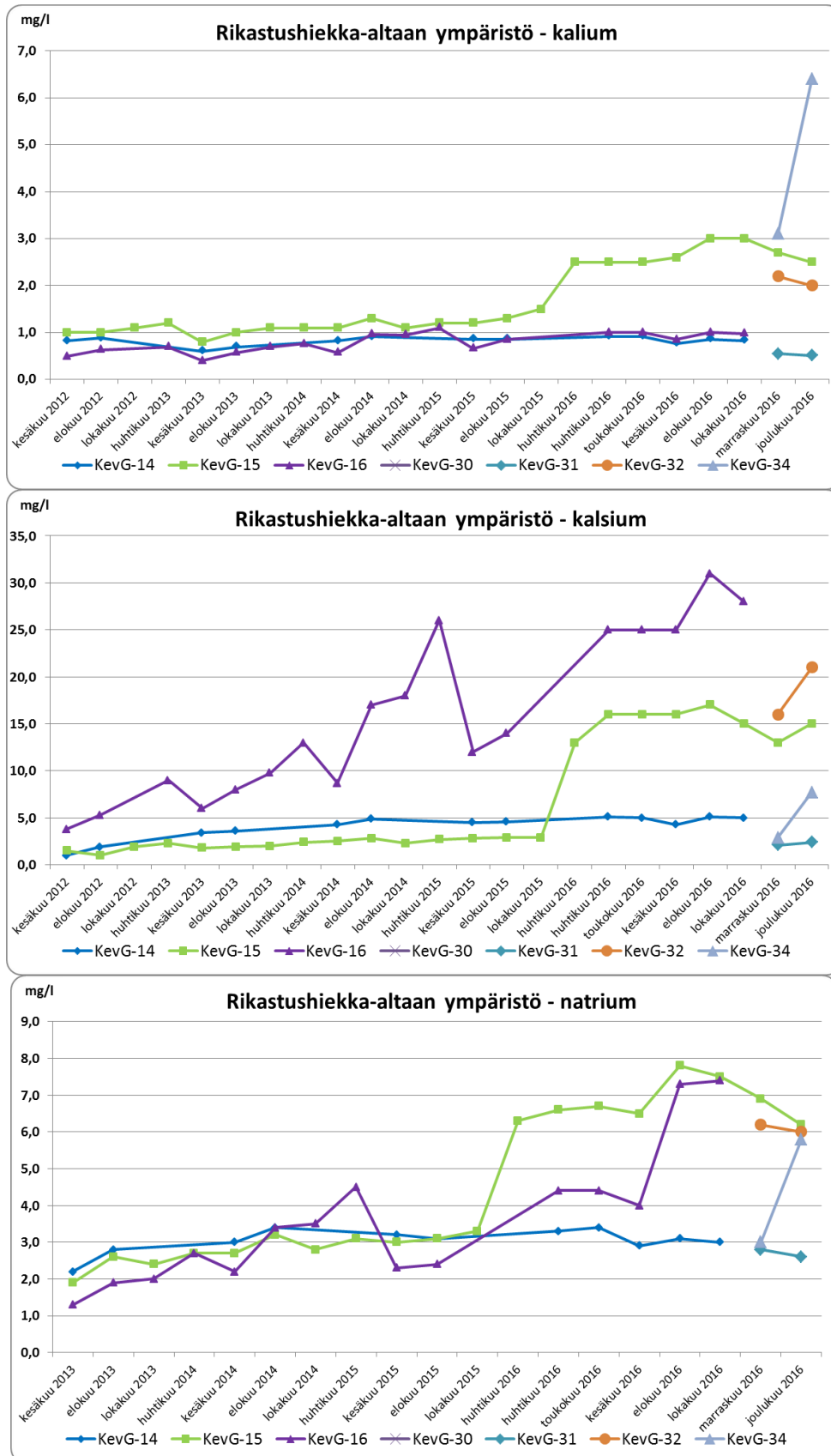
#### 4.9 Kalium, kalsium ja natrium

Alkalimetalleista kalium, kalsium ja natrium määritetään rikastushiekka-altaan putkilta. Kevitsan alueella on hyödynnettävään malmioon liittyen havaittu kaliumin, kalsiumin ja natriumin pitoisuusanomaliaita. Kevitsan alueella kaliumin purovesien luontaiseksi taustapitoisuudeksi on esitetty 0,6–1,3 mg/l, kalsiumin osalta taustapitoisuus alueella on noin 3–10 mg/l ja natriumin osalta taustapitoisuutena voidaan pitää pitoisuuksia 2–3,5 mg/l (Lahermo. P., et al 1990 ja Tenhola. M. et al 2003).

Vuonna 2016 rikastushiekka-aitaiden ympäristön havaintoputkilta määritetyt pitoisuudet on esitetty kuvassa 4-27. Putken KevG-15, sekä uuden putken KevG-31 pitoisuudet ovat luontaisten taustapitoisuuksien tasoilla. Putken KevG-16 kaliumpitoisuudet ovat pysyneet alhaisina, mutta kalsium- ja natriumpitoisuuksissa on ollut havaittavissa nousevaa kehitystä tarkkailun alusta eli vuodesta 2012 alkaen.

Havaintoputkella KevG-15 havaittiin huhtikuussa pitoisuuksien nousseen uusille tasoilleen. Kaliumpitoisuus nousi lokakuun 2015 arvosta 1,5 mg/l huhtikuussa 2016 arvoon 2,5 mg/l, kalsiumpitoisuuksissa vastaava kehitys oli 2,9 mg/l → 13 mg/l ja natriumissa 3,3 mg/l → 6,3 mg/l. Loppuvuotta kohden kalium ja natrium olivat laskusuunnassa, kun taas kalsium oli vielä nousussa, samankaltainen havainto tehtiin viereiseltä uudelta putkelta KevG-32. Putken KevG-34 tulokset eivät ole vielä luotettavia, koska putken tuotto on ollut vähäistä ja vesi sakkaita. Pitoisuuksien taustalla on todennäköisesti rikastushiekka-aitaiden suotovedet. Vuonna 2016 eteläisen suoto-

vesien keruualtaan keskimääräiset pitoisuudet olivat korkeita (K 9,3 mg/l, Ca 70,4 mg/l ja Na 36,2 mg/l). Rikastushiekka-altaan korkeat pitoisuudet ovat peräisin rikastuskemikaaleina käytettävistä ksantaateista.



Kuva 4-27. Alkalimetallipitoisuudet rikastushiekka-alueen ympäristön pohjavesiputkissa.

#### 4.10 Muut metallit

##### Kupari

Suomalaisissa kaivovesissä (tuhannen kaivon tutkimus) kuparia on keskimäärin rengas- ja porakaivovesissä 14,1 µg/l ja 32,3 µg/l (Lahermo ym. 2002).

Vuoden 2016 tarkkailussa havaitut pohjavesien kuparipitoisuudet olivat pääsääntöisesti alhaisia (alle 6 µg/l), osalla putkilla alle määritysrajan <1 µg/l. Kahdelta heikkotuottoiselta ja meluvallin laidalla sijaitsevilla putkelta KevG-11 (lokakuun pitoisuus 52 µg/l) ja putkelta KevG-27 (pitoisuudet 27–71 µg/l) havaittiin korkeampia pitoisuuksia. Näytteisiin on todennäköisesti sekoittunut pohjan kiintoainesta pohjavesiputken vähävetisyyden vuoksi. Vuonna 2016 havaitut pitoisuudet olivat yhteneväisiä edellisvuosien tuloksiin.

##### Kromi

Suomalaisten kaivovesien keskimääräiset kromipitoisuudet (tuhannen kaivon tutkimus) pora- ja rengaskaivoissa ovat olleet keskimäärin 0,26 ja 0,33 µg/l (Lahermo ym. 2002).

Vuoden 2016 tarkkailussa havaitut kromipitoisuudet olivat pääosin alle määritysrajan (<1 µg/l) tai muutama mikrogrammaa (1,0–2,5) litraa kohden. Muista tuloksista poikkeavat pitoisuudet havaittiin vähävetisissä putkissa KevG-23 (39 µg/l), KevG-2 (7,3–8,3 µg/l) ja KevG-27 (3,4–6,7 µg/l), pitoisuudet olivat edellisvuosien tasoilla. Kromipitoisuuden ympäristölaatumnormi on 10 µg/l (VNa 341/2009).

##### Koboltti

Suomalaisten kaivojen keskimääräiset kobolttipitoisuudet pora- ja rengaskaivoissa olivat 0,42 ja 0,77 µg/l (tuhannen kaivon tutkimus) (Lahermo ym. 2002).

Vuoden 2016 tarkkailussa kobolttipitoisuudet vaihtelivat alueen pohjavesiputkissa välillä <0,5 µg/l–33 µg/l välillä. Kobolttin ympäristölaatumnormi 2 µg/l (VNa 341/2009) ylittyi putkilla KevG-1 (ka 5,1 µg/l), KevG-7 (ka 5,7 µg/l), KevG-11 (ka 8 µg/l), KevG-12 (ka 3,7 µg/l), KevG-15 (ka 6,5 µg/l), KevG-23 (8,8 µg/l), KevG-27 (ka 19,4 µg/l), KevG-31 (ka 2,4 µg/l), KevG-32 (ka 8,2 µg/l) ja KevG-34 (ka 23,5 µg/l). Suurimmat pitoisuudet havaittiin edellisvuosien tapaan meluvallin viereiseltä putkelta KevG-27 (7,5–27 µg/l) ja uudelta vähävetiseltä putkelta KevG-34 (22–25 µg/l). Tulosten mukaan kobolttia on nähtävissä eniten vähävetisillä putkilla, joiden näytteisiin on todennäköisesti sekoittunut hieman pohja-ainesta.

Putkella KevG-15 havaittiin kobolttipitoisuuksien nousseen muiden parametrien myötä huhtikuun kierroksella. Lokakuussa 2015 putkelta mitattiin pitoisuus 1,6 µg/l ja huhtikuussa 2016 pitoisuus oli 6,5 µg/l. Muiden putkien osalta merkittäviä muutoksia edellisvuosiin ei ollut havaittavissa.

##### Rauta

Vuoden 2016 tarkkailussa rautapitoisuudet vaihtelivat välillä <10–23 000 µg/l. Korkein yksittäinen, muista erottuva rautapitoisuus (23 000 µg/l) havaittiin edellisvuosien tapaan tulotien putkelta KevG-23, joka sijaitsee mustaliuskealueella. Uudelta putkelta KevG-32 mitattiin rautapitoisuudet (4 200–4 700 µg/l). Putkella KevG-1 keskimääräinen rautapitoisuus laski huomattavasti edellisistä vuosista, vuoden 2016 keskimääräinen pitoisuus oli 635 µg/l kun se oli vuonna 2015 1 345 µg/l (vuonna 2014 2 375 µg/l). Muilla putkilla pitoisuudet olivat yhteneväisiä edellisvuosiin, vaikkakin kierrosten välillä oli suuria vaihteluja. (liite 2)

##### Mangaani

Mangaanipitoisuudet vaihtelivat välillä <1–1 500 µg/l. Suurimmat mangaanipitoisuudet havaittiin putkelta KevG-7, jossa vuoden keskipitoisuus (1 200 µg/l) oli yhteneväinen edellisvuosien kanssa. Uusilta putkilta KevG-32 (160–190 µg/l) ja KevG-34 (170–480 µg/l) mitattiin vielä suurehkoja pitoisuuksia. Muiden putkien tulokset olivat yhteneväisiä edellisvuosien tuloksiin. (liite 2).



## Antimoni

Antimonipitoisuudet olivat vuoden 2015 tarkkailussa kaikissa pohjavesiputkissa alle määritysrajan  $<0,5 \mu\text{g/l}$ . Antimonia ei ole havaittu myöskään edellisinä vuosina (liite 2). Antimonin ympäristölaatu normi on  $2,5 \mu\text{g/l}$  (VNa 341/2009).

### **4.11 Polttoaineen jakeluaseman tarkkailu**

Polttoaineen jakeluaseman tarkkailua varten asennetusta pohjavesiputkesta KevG-28 tutkittiin öljyhiilivedyt osana pohjavesien tarkkailua. Talven lumitöiden seurauksena havaintoputken metallinen suojaputki oli hieman vaurioitunut ja huhtikuun (5.4.2016) tarkkailukierroksella havaittiin alhainen öljyhiilivetyjen kokonaispitoisuus  $0,26 \text{ mg/l}$  (keskitisleitä  $0,20 \text{ mg/l}$ , raskaita öljyjakeita  $<0,05 \text{ mg/l}$ ). Muuten pitoisuudet jäivät alle määritysrajan ( $<0,05 \text{ mg/l}$ ). (liite 2).

## **5. KOKONAISEPÄVARMUUDEN TARKASTELU**

Vesien tarkkailussa tarkkailutulosten kokonaispävarmuuteen vaikuttavat näytteenottopisteen kunto, näytteenotto-olosuhteet, näytteenottajan ammattitaito, näytteiden kuljetus ja käsittely, pitoisuuksien vaihtelu näytesteittäin, laboratorion mittausepävarmuus sekä tulosten tulkintaan liittyvät epävarmuudet.

Kokonaispävarmuutta näytteenoton osalta on pyritty minimoimaan käyttämällä samoja näytteenottajia näytteenottokertojen välillä. Näytteenotosta vastasi sertifioitu kokenut näytteenottaja, joka noudattaa työssään näytteenoton standardeja ja ympäristöhallinnon erikseen antamia ohjeita. Näyteasiat ja näytteenottovälineet ovat ohjeiden mukaiset. Siten näytteenoton aiheuttama epävarmuus minimoituu. Näytteenottajan muistiinpanot tallennetaan ja ne voidaan helposti palauttaa tulosten tarkastelun yhteydessä tarvittaessa. Näytteenotto, ottovälineet ja näytteenottaja ovat standardoituja ja siten kokonaispävarmuus pyritään saamaan mahdollisimman pieneksi. Laboratorion mittausepävarmuudet on esitetty parametrikohteisesti liitteessä 3.

Näytteenoton aiheuttamaa epävarmuutta arvioitiin vuonna 2016 kokeiluluonteisesti systemaattisesti huhtikuun alusta alkaen. Epävarmuuden arviointiin sovellettiin FINAS:n ohjeistusta ja se perustui rinnakkaisnäytteisiin ja nollanäytteisiin, joiden kokonaismäärä vastasi 9,9 % tarkkailunäytteiden kokonaismäärästä. Laadunvarmistusnäytteitä kerättiin tasaisesti näytesteistä vaihdellen tarkkailuvuoden aikana. Pohjavesitarkkailun näytteitä otettiin vuoden aikana yhteensä 71 ja laadunvarmistusnäytteitä 7 kappaletta. Laadunvarmistus kohdistettiin tarkkailun kannalta keskeisiin parametreihin, joiksi valittiin sähkönjohtavuus, kloridi, sulfaatti ja nikkeli. Näytteiden tulokset on koottu liitteeseen 4.

Laadunvarmistusta varten otettujen rinnakkaisnäytteiden perusteella sähkönjohtavuuden tuloksissa rinnakkaisten määritysten ero on ollut pääosin mittausepävarmuutta suurempi. Sähkönjohtavuuden taso alueella on alhainen ja näytteenottovälineiden puhtauteen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Sulfaatin rinnakkaisnäytteissä on havaittu muutama muista havaintopareista poikkeava mittausepävarmuuden ylittävä pitoisuusero. Kloridin ja nikkelin rinnakkaisten määritysten tulokset ovat vaihdelleet täysin mittausepävarmuuden rajoissa.

Osassa kerätyistä nollanäytteistä on havaittu (5/7 näytettä) määritysrajan ylittävä sähkönjohtavuus. Havaitut sähkönjohtavuudet olivat kuitenkin käytännössä hyvin alhaisia ( $<0,44 \text{ mS/m}$ ). Nollanäyte tehdään ionivaihdetulla vedellä, johon voi jäädä tai säilytyksessä muodostua ioneja, jotka vaikuttavat havaittuun sähkönjohtavuuteen. Nollanäytteistä ei havaittu määritysrajan ylittäviä pitoisuuksia kloridia, sulfaattia eikä nikkeliä.

Pohjavesien tarkkailussa vuoden 2016 aikana tehdyn laajemman näytteenoton laadunvarmistuksen perusteella näytetulokset vaihtelevat pääosin menetelmäkohtaisen mittausepävarmuuden rajoissa. Mittausepävarmuutta voidaan pintavesitarkkailun osalta pitää riittävänä kuvaamaan kokonaispävarmuutta kun näytteenoton epävarmuus muuten minimoidaan edellä kuvatuin yleisin keinoin. Laadunvarmistusta nolla- ja rinnakkaisnäytteiden avulla ei ole tarpeen jatkaa vuoden 2016 mukaisessa laajuudessa.

## 6. JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Vuonna 2016 Kevitsan kaivoksen pohjavesien tarkkailua toteutettiin lokakuussa 2015 päivitetyn tarkkailuohjelman mukaisesti. Lokakuussa asennettiin uusia havaintoputkia ja pohjavesien tarkkailuohjelmaa päivitetään vuonna 2017. Vuoden aikana otettiin tarkkailuohjelmaan verrattuna lisänäytteitä uusilta asennetuilta havaintoputkilta ja rikastushiekka-altaan ympäristöstä.

Vuoden 2016 tarkkailussa pohjaveden pinnankorkeudet olivat nousseet hieman. Sateisen vuoden vuoksi sulamis- ja hulevesiä on ollut runsaasti. Kaivoksen mahdollinen vaikutus pohjaveden pinnankorkeuksiin jää pinnankorkeuden luonnollisen vaihtelun alle.

Pohjavesistä havaitut nikkelpitoisuudet olivat koholla aiempien vuosien tapaan todennäköisesti geologisista syistä johtuen useilla havaintoputkilla. Nikkelpitoisuuksissa ei havaittu merkittäviä muutoksia lukuun ottamatta rikastushiekka-altaan eteläosissa havaittuja muutoksia. Pohjavesistä korkeimmat nikkelpitoisuudet havaittiin avolouhoksen ja meluvallin ympäristön havaintoputkilta aiempien vuosien tapaan.

Vuoden 2016 tarkkailussa havaittiin rikastushiekka-altaan ympäristön putkien veden pH-arvojen laskeva kehitys. Muilla alueilla pH oli pääosin aiemmin havaitulla tasolla. Pohjavesien happipitoisuus vaihteli aiempaan tapaan paljon ja oli pääosin aiemmin havaitulla tasolla. Rikastushiekka-altaan eteläosan havaintoputkilla KevG-15 ja KevG-16 havaittiin happipitoisuuksien laskeneen. Pohjaveden havaintoputkien sähkönjohtavuus oli pääosin aiemmin havaitulla vaihteluvälillä, mutta rikastushiekka-altaan eteläosassa havaittiin sähkönjohtavuuksien nousseen.

Vuoden 2016 tarkkailussa sulfaattipitoisuudet olivat alhaisia lukuun ottamatta putkia KevG-7, KevG-16 ja KevG-27. Muiden tarkkailuputkien tulokset olivat yhteneväisiä edellisiin vuosien tuloksiin. Kloridin pitoisuudet olivat pääosin alhaiset. Poikkeavia pitoisuuksia havaittiin havaintoputkilla KevG-7, KevG-15 ja KevG-32.

Kokonaistypen pitoisuudet olivat yleisesti alhaisimpia sivukivialueen ympäristössä ja korkeimpia rikastushiekka-altaan eteläpuolisilla havaintoputkilla. Alkalimetallien pitoisuuksissa havaittiin poikkeamia rikastushiekka-altaan ympäristön havaintoputkilla.

Rikastushiekka-altaan A lounaispuolella pohjavesiputkella KevG-15 havaittiin pohjaveden laadun muuttuneen huomattavasti lokakuun 2015 ja huhtikuun 2016 välisenä aikana. Putkelta mitattu sähkönjohtavuus sekä kokonaistyyppi-, kloridi-, kalium-, kalsium-, koboltti-, natrium- ja nikkelpitoisuudet nousivat huomattavasti aiemmin tarkkailussa havaittuihin tasoihin verrattuna. Samaan aikaan pH, hapen kyllästysaste ja sulfaattipitoisuus laskivat. Pitoisuudet pysyivät läpi tarkkailuvuoden uusilla tasoillaan, suurimmat muutokset havaittiin huhti- kesäkuussa ja osa pitoisuuksissa tasoittui hieman loppuvuotta kohden. Putkelta on haettu lokakuusta lähtien näytteitä kuukausittain. Marraskuussa 2016 näytteenottoon lisätyn läheisen putken KevG-32 tulokset ovat olleet alustavasti samankaltaisia putken KevG-15 kanssa, kuten myös putken KevG-16.

Rikastushiekka-altaan eteläisellä laidalla havaitut kohonneet pitoisuudet ovat todennäköisesti seurausta rikastushiekka-altaiden suotovesistä, joiden osuus pohjavedessä on lisääntynyt. Sisäisten vesien havaintopisteen KevP-4a2 (eteläisen padon suotovesien seuranta) tuloksiin verrattessa pohjavesistä havaitut pitoisuudet ovat edelleen pieniä, mutta yhteneväisyyksiä on nähtävissä.

Kaivoksen rakentamisen ja ylösajon jälkeen rikastushiekka-allas keinotekoisena rakenteena ohjaa pohjavesien virtauksia ja altaan suunnasta virtaukset kohdistuvat todennäköisesti etelään. Rikastushiekka-altaan pinnankorkeus on vähitellen noussut kaivoksen perustamisesta alkaen. Pinnankorkeuden lähtötaso oli syksyllä 2012 tasolla 228,5 m (N60) ja taso 230 m (N60) ylitettiin toukokuussa 2013, 232 m toukokuussa 2015 ja 234 m toukokuussa 2016 (kuva 6-1). Pinnankorkeuden nousulla on vaikutusta pohjaveteen kohdistuvaan paineeseen. Rikastushiekka-altaan pohja on todennäköisesti roudaton ja suotautuminen sitä kautta pohjaveteen on mahdollista ympäri vuoden.



**Kuva 6-1. Rikastushiekka-altaan A pinnankorkeus v. 2012–2016.**

Vuonna 2015 sekä edelleen kesällä 2016 on tehty rikastushiekka-altaan eteläisellä/läntisellä padolla laajoja maanrakennustöitä (Kevitsan kaivoksen käyttötarkkailun vuosiraportti, Boliden Oy). Altaan A pohjoisen ja eteläisen padon ylävirtaan korotukset saatiin valmiiksi lokakuussa 2016. Loppukesällä alueella oli paljon pintavesiä runsaiden sateiden vuoksi, loppuvuodesta vesimäärät alueella ovat olleet yleisesti normalisoitumassa.

Putki KevG-7 sijaitsee pintavalutuskentän välittömässä läheisyydessä. Havaintoputken kloridi- ja sulfaattipitoisuuksissa, sekä sitä kautta sähkönjohtavuudessa havaittiin nouseva kehitys. Erityisesti sulfaatti- ja kloridipitoisuuksien nousu vuonna 2016 oli jyrkkä ja lineaarinen. Pintavalutuskentälle johdettavan veden kloridi- ja sulfaattipitoisuudet ovat korkeat ja se on aiheuttanut mahdollisesti lisää painetta havaintoputken KevG-7 suuntaan. Vuoden 2016 kesällä pintavesiä oli runsaasti putken läheisyydessä ja vedenpinta havaintoputkessa oli maanpinnan tasolla.

Pohjaveden havaintoputkiin päässeistä pintavesistä on aiheutunut tulosten tulkintaa vaikeuttavaa häiriötä useilla havaintoputkilla. Pintaveden vaikutuksen eliminoimiseksi on kaikki näytteet pyritty ottamaan pumppaamalla, jolloin näytteenotto on voitu kohdistaa pohjaveden virtauskerrokseen. Pintavesien vaikutusten tarkemmaksi selvittämiseksi on mahdollista tehdä selvitys, jossa pohjavesiputkia ympäröivistä pintavesistä otetaan vesinäytteet yhtä aikaa pohjavesinäytteen oton yhteydessä. Vesinäytteet voidaan korvata kenttämittauksin.

Pohjavesien tarkkailua muutetaan uuden ympäristöluvan ja pohjavesitarkkailun muutossuunnitelman mukaiseksi vuoden 2017 aikana.

## 7. LÄHTEET

FQM Kevitsa Mining Oy. 2012. Tuotantovaiheen ja tuotannon ylösajovaiheen (Ramp Up) tarkkailusuunnitelma. 16WWE1628. Täydennys 2.5.2012.

GTK 2017. Geologian tutkimuskeskus. Geo.fi –palvelu.

Ilmatieteenlaitos 2017. Ilmatieteenlaitoksen internet-sivut, kuukausitilastot. <http://www.fmi.fi/>

Lahermo, P., Ilmasti, M., Juntunen, R., Taka, M. 1990. Suomen Geokemian atlas, osa 1. Suomen pohjavesien hydrogeokemiallinen kartoitus. Geologian tutkimuskeskus. Espoo. 1990.

Lahermo, P., Tarvainen, T., Hatakka, T., Backman, B., Juntunen, R., Kortelainen, N., Lakomaa, T., Nikkarinen, M., Vesterbacka, P., Väisänen, U. ja Suomela, P. 2002. Tuhat Kaivoa – Suomen kaivovesien fysikaalis-kemiallinen laatu vuonna 1999. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 155. <http://arkisto.gtk.fi/tr/tr155/tr155.pdf>.

Lapin elinkeino-, liikenne-, ja ympäristökeskus. 2012. Kevitsan kaivoksen (Sodankylä) tuotantovaiheen ympäristötarkkailusuunnitelman hyväksyminen.

Lapin Vesitutkimus Oy. 2012. FQM Kevitsa Mining Oy. Kevitsan kaivoksen rakentamisen aikainen ympäristötarkkailu, pohjavesitarkkailu 2011.

Pöyry Finland Oy. 2011. Kevitsan kaivoksen laajennus. FQM Kevitsa Mining Oy. Ympäristövaikutusten arviointiselostus.

Pöyry Finland Oy. 2012. FQM Kevitsa Mining Oy. Johtopäätökset Kevitsan kaivoksen pohjavesien tarkkailusta vuonna 2011.

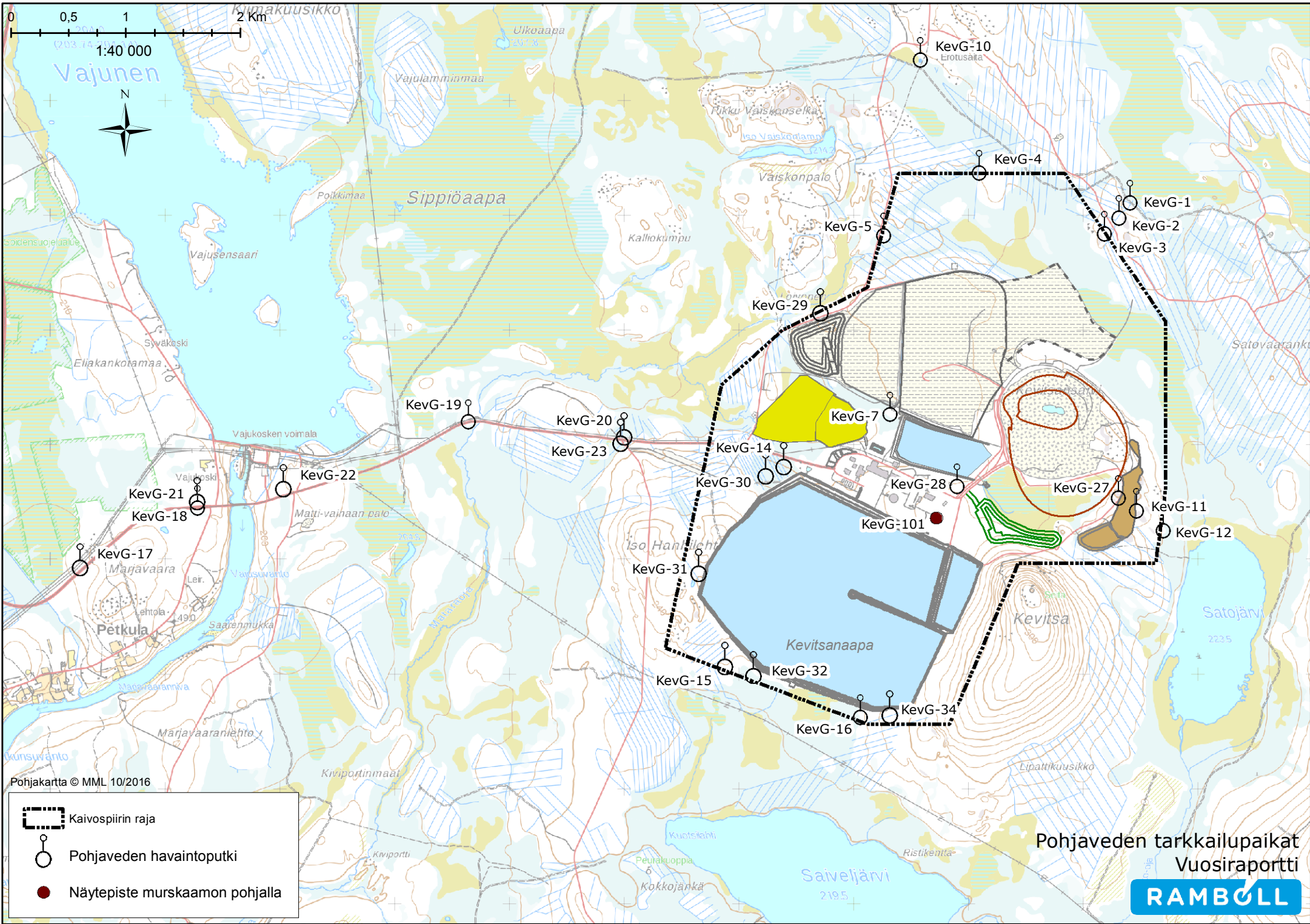
Rasilainen, K., Lahtinen, R., Bornhorst, T.J. 2008. Chemical characteristics of Finnish Bedrock – 1:1 000 000 Scale Bedrock Map Units. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 171. <http://arkisto.gtk.fi/tr/tr171.pdf>

Tenhola, M., Lahermo, P., Väänänen, P. & Lehto, O. 2003. Alueellisessa geokemiallisessa purovesikartoituksessa todettujen fysikaalisten ominaisuuksien ja alkuainepitoisuuksien vertailu Suomessa vuosina 1990, 1995 ja 2000. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 159. [http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr\\_159.pdf](http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_159.pdf)

VNa 341/2009. Valtioneuvoston asetusvesienhoidon järjestämisestä annetun asetuksen muuttamisesta

Ympäristöhallinto 2017. Ympäristöhallinnon Internet-sivut. <http://www.ymparisto.fi/>

LIITE 1  
POHJAVESI PUTKIEN SIJAINNIT



LIITE 2  
LABORATORIOANALYYSIEN TULOKSET 2016













LIITE 3  
LABORATORION MITTAUSEPÄVARMUUDET

## Ramboll Analytics T039: Menetelmät ja mittausepävarmuudet

Päivitetty

5.10.2016 /

ni

## Boliden Kevitsa Mining Oy

Koodi	Analyysi	Menetelmä	Määrittäysraja	Mittausepävarmuus (ME %)	Akkreditointi
RA2001	Alkaliniteetti	SFS-EN ISO 9963-1	0,020 mmol/l	10 % (>0,1 mmol/l) ±0,01 mmol/l (<0,1 mmol/l)	KYLLÄ
RA2046	Ammoniumtyppi (spektro.)	SFS 3032	4 µg/l	15 % (>20 µg/l) 25 % (<20 µg/l)	KYLLÄ
RA2034	Ammoniumtyppi (tisl.)	SFS 5505	1,5 mg/l	20 % (>10 mg/l) 25 % (<10 µg/l)	KYLLÄ
RA2006	BOD7	SFS-EN 1899-2	2 mg/l	20 %	KYLLÄ
RA2006	BOD7 ATU	SFS-EN 1899-1	3 mg/l	20 %	KYLLÄ
RA2011	CODCr	SFS 5504, ISO 15705	25 mg/l	12 % (>500 mg/l) 15 % (<500 mg/l)	KYLLÄ
RA2012	CODMn	SFS 3036	0,5 mgO2/l	10 % (>2 mgO2/l) 20 % (<2 mgO2/l)	KYLLÄ
RA2007	DOC	SFS-EN 1484	1,0 mg/l	15 % (>2 mg/l) 35 % (<2 mg/l)	KYLLÄ
RA5002	Fekaaliset koliformiset bakteerit	SFS 4088:2001	0 pmy/100ml		KYLLÄ
RA2010	Fosfaattifosfori (PO4-P), kokonais-	kumottu SFS 3025	2 µg/l	10 % (>50 µg/l) 15 % (<50 µg/l)	KYLLÄ
RA2010	Fosfaattifosfori (PO4-P), liuenut	kumottu SFS 3025	2 µg/l	10 % (>50 µg/l) 15 % (<50 µg/l)	KYLLÄ
RA2009	Fosfori, kokonais- (Ganimede)	SFS-EN ISO 6878	20 µg/l	19 % (>50 µg/l) 24 % (<50 µg/l)	KYLLÄ
RA2008	Fosfori, kokonais- (spektro.)	SFS-EN ISO 6878	2 µg/l	11 % (>25 µg/l) 15 % (<25 µg/l)	KYLLÄ
RA2002	Hapen kyllästysprosentti	SFS-EN 25813	2,0 %	15 %	EI
RA2002	Happipitoisuus (potentiometrinen titraus)	SFS-EN 25813	0,2 mg O2/l	10 % (>2 mg/l) 20 % (<2 mg/l)	KYLLÄ
RA4019	Öljyhiilivedyt (mineraaliöljyt C10-C40)	mod .SFS-EN ISO 9377-2	0,05 mg/l	26 %	KYLLÄ
RA2029	Kiintoaine, jätevesi (A-suodatin)	SFS-EN 872	2,0 mg/l	17 %	KYLLÄ
RA2029	Kiintoaine, vesistövesi (C-suodatin)	SFS-EN 872	2,0 mg/l	15 %	KYLLÄ
RA4016	Kiintoaineen hehkutushäviö 550 °C	SFS-EN 872 + SFS 3008	2,0 mg/l	22 %	EI
RA4016	Kiintoaineen hehkutusjäännös 550 °C	SFS-EN 872 + SFS 3008	2,0 mg/l	22 %	EI
RA2018	Kloridi	SFS-EN ISO 10304-1	0,5 mg/l	10 % (>5,0 mg/l) 20 % (<5,0 mg/l)	KYLLÄ
RA2031	klorofylli	SFS 5772	1 µg/l	20 %	EI
RA2035	Nitraattityppi (NO3-N), FIA	SFS-EN ISO 13395	jätevedet 100 µg/l muut vedet 4,0 µg/l	20 % (>50 µg/l) 25 % (<50 µg/l)	KYLLÄ
RA2018	Nitraattityppi (NO3-N), IC	SFS-EN ISO 10304-1	0,25 mg/l	15 % (>1,25 mg/l) 25 % (<1,25 mg/l)	KYLLÄ
RA2035	Nitriittityppi (NO2-N), FIA	SFS-EN ISO 13395	jätevedet 100 µg/l muut vedet 2 µg/l	11 % (>10 µg/l) 20 % (<10 µg/l)	KYLLÄ
RA2018	Nitriittityppi (NO2-N), IC	SFS-EN ISO 10304-1	0,02 mg/l	25 %	KYLLÄ
RA2035	Nitraatti- ja nitriittitypen summa (NO2-N + NO3-N), FIA	SFS-EN ISO 13395	jätevedet 100 µg/l muut vedet 4,0 µg/l	20 % (>50 µg/l) 25 % (<50 µg/l)	KYLLÄ
RA2000	pH	ISO 10523, SFS 3021	± 0,2 yks. 3 %		KYLLÄ
RA2077	Redox-potentiaali	Sis. Men.	-	25 %	EI
RA2024	sameus	SFS-EN ISO 7027	0,20 FTU	10 % (>10 FTU) 15 % (<10 FTU)	KYLLÄ
RA2018	Sulfaatti	SFS-EN ISO 10304-1	0,5 mg/l	15 % (>20 mg/l) 25 % (<20 mg/l)	KYLLÄ
RA2013	sähköjohtavuus	SFS-EN 27888	0,1 mS/m	5 % (>4 mS/m) 10 % (<4 mS/m)	KYLLÄ
RA2018	Tiosulfaatti	SFS-EN ISO 10304-3:1998	5 mg/l	20 %	KYLLÄ
RA2007	TOC	SFS-EN 1484	1,0 mg/l (tarvittaessa) 0,5 mg/l)	55 % (0,5-1,0 mg/l) 24 % (1,0-2,0 mg/l) 13 % (>2,0 mg/l)	KYLLÄ
RA5217	Toksisuus, levätesti	Inhibitiotesti (OECD 201 ja SFS-EN ISO 8692), <i>Selenastrum capricornutum</i>			EI
RA5218	Toksisuus, valobakteeritesti	ISO 11348-3, <i>Vibrio fischeri</i>			EI
RA5216	Toksisuus, vesikirpputesti	Akuutti toksisuus (OECD 202 ja ISO 6341 mod.), <i>Daphnia magna</i>			EI
RA2004	Typpi, kokonais-, FIA	SFS-EN ISO 11905-1	50 µg/l	25 % (50-70 µg/l) 15 % (70-250 µg/l) 12 % (>250 µg/l)	KYLLÄ
RA2087	Typpi, kokonais-N, Gallery	ISO 15923-1, Epa Method 353.1	50 µg/l	15 % (>70 µg/l) 15-20 % (50-70 µg/l)	KYLLÄ
RA2085	Typpi, kokonais-N, CFA	SFS-EN ISO 11905-2	50 µg/l	10 µg/l (50-70 µg/l) 15 % (>70 µg/l)	KYLLÄ
RA2003	Typpi, kokonais-N, Ganimede-N	Mod. SFS-EN ISO 11905-1	100 µg/l	22 % (>500 µg/l) 30 % (<500 µg/l)	KYLLÄ
RA2021	Typpi, kokonais-N, Kjeldahl	SFS 5505	2,0 mg/l	15 % (>5 mg/l) 25 % (<5 mg/l)	KYLLÄ
RA2014	Väriluku	SFS-EN ISO 7887	5 mg/l Pt	20 %	KYLLÄ

## Ramboll Analytics T039: Menetelmät ja mittausepävarmuudet

Päivitetty

5.10.2016 /

ni

## Boliden Kevitsa Mining Oy

Koodi	Analyysi	Menetelmä	Määrittäysraja	Mittausepävarmuus (ME %)	Akkreditointi
<b>Alkuaineet</b>					
RA3000	Alumiini, ICP-MS	SFS-EN ISO 17294-2	10 µg/l	15 % (>20 µg/l) 19 % (<20 µg/l)	KYLLÄ
RA3000	Antimoni	SFS-EN ISO 17294-2	0,5 µg/l	15 % (>20 µg/l) 17 % (2-20 µg/l) 19 % (<2 µg/l)	KYLLÄ
RA3000	Arseeni	SFS-EN ISO 17294-2	1 µg/l	15 % (>20 µg/l) 17 % (2-20 µg/l) 19 % (<2 µg/l)	KYLLÄ
RA3000	Barium	SFS-EN ISO 17294-2	1 µg/l	15 % (>20 µg/l) 19 % (<20 µg/l) 15 % (>2 µg/l)	KYLLÄ
RA3000	Beryllium	SFS-EN ISO 17294-2	0,2 µg/l	17 % (1-2 µg/l) 25 % (<1 µg/l)	KYLLÄ
RA3000	Boori	SFS-EN ISO 17294-2	20 µg/l	16 % (>200 µg/l) 19 % (<200 µg/l)	KYLLÄ
RA3000	Bromi	SFS-EN ISO 17294-2	10 µg/l	25 %	EI
RA3000	Elohopea	SFS-EN ISO 17294-2	0,02 µg/l	15 % (>1 µg/l) 25 % (0,05-1 µg/l) 40 % (>0,02 µg/l)	KYLLÄ
RA3000	Fosfori, ICP-MS	SFS-EN ISO 17294-2	2 µg/l	15 % (>10 µg/l) ±1,5 (<10 µg/l)	KYLLÄ
RA3000	Fosfori, ICP-MS (jätevesi)	SFS-EN ISO 17294-2, SFS-EN ISO 15587 (1-2)	20 µg/l	15 % (>10 µg/l) ±1,5 (<10 µg/l) 15 % (>2 µg/l)	KYLLÄ
RA3000	Kadmium	SFS-EN ISO 17294-2	0,03 µg/l	17 % (1-2 µg/l) 25 % (0,2-1 µg/l) 30 % (>0,03 µg/l)	KYLLÄ
RA3000	Kalium	SFS-EN ISO 17294-2	100 µg/l	15 % (>4000 µg/l) 17 % (400-4000 µg/l) 19 % (<400 µg/l)	KYLLÄ
RA3000	Kalsium	SFS-EN ISO 17294-2	100 µg/l	15 % (>4000 µg/l) 17 % (400-4000 µg/l) 19 % (<400 µg/l)	KYLLÄ
RA3000	Kromi	SFS-EN ISO 17294-2	1 µg/l	15 % (>20 µg/l) 19 % (<20 µg/l)	KYLLÄ
RA3000	Kupari	SFS-EN ISO 17294-2	1 µg/l	16 % (>20 µg/l) 20 % (<20 µg/l) 15 % (>20 µg/l)	KYLLÄ
RA3000	Lyijy	SFS-EN ISO 17294-2	0,5 µg/l	17 % (1-20 µg/l) 19 % (<1 µg/l)	KYLLÄ
RA3000	Magnesium	SFS-EN ISO 17294-2	50 µg/l	16 % (>4 mg/l) 19 % (<4 mg/l)	KYLLÄ
RA3000	Mangaani	SFS-EN ISO 17294-2	2 µg/l	15 % (>20 µg/l) 18 % (<20 µg/l)	KYLLÄ
RA3000	Molybdeeni	SFS-EN ISO 17294-2	1 µg/l	15 % (>20 µg/l) 17 % (<20 µg/l) 15 % (>4000 µg/l)	KYLLÄ
RA3000	Natrium	SFS-EN ISO 17294-2	100 µg/l	17 % (400-4000 µg/l) 19 % (<400 µg/l)	KYLLÄ
RA3000	Nikkeli	SFS-EN ISO 17294-2	1 µg/l	15 % (>20 µg/l) 18 % (<20 µg/l)	KYLLÄ
RA3000	Rauta	SFS-EN ISO 17294-2	10 µg/l	17 % (>200 µg/l) 20 % (>10 µg/l)	KYLLÄ
RA3000	Rikki	SFS-EN ISO 17294-2	500 µg/l	25 %	EI
RA3000	Seleen	SFS-EN ISO 17294-2	1 µg/l	15 % (>200 µg/l) 17 % (20-200 µg/l) 19 % (<20 µg/l)	KYLLÄ
RA3000	Sinkki	SFS-EN ISO 17294-2	5 µg/l	16 % (>200 µg/l) 19 % (20-200 µg/l) 25 % (>5 µg/l)	KYLLÄ
RA3000	Tina	SFS-EN ISO 17294-2	0,5 µg/l	15 % (>20 µg/l) 17 % (<20 µg/l)	KYLLÄ
RA3000	Titaani	SFS-EN ISO 17294-2	1 µg/l	15 % (>20 µg/l) 19 % (<20 µg/l)	EI
RA3000	Vanadiini	SFS-EN ISO 17294-2	1 µg/l	15 % (>20 µg/l) 19 % (<20 µg/l)	KYLLÄ
RA3004	Kokonaiskovuus	sisäinen menetelmä (SFS 3003, muunneltu)	0,005 mmol/l	15 % (>0,27 mmol/l) 17 % (0,027-0,27 mmol/l) 19 % (>0,005 mmol/l)	KYLLÄ


LIITE 4  
KOKONAISEPÄVARMUUDET




paikka	Ottopäivä	laadunvarmistusnäytteet				varsinaiset näytteet				Sähkön- johtavuus %	Kloridi (Cl) %	Sulfaatti (SO4) %	Nikkeli (Ni) %
		Sähkön- johtavuus mS/m	Kloridi (Cl) mg/l	Sulfaatti (SO4) mg/l	Nikkeli (Ni) µg/l	Sähkön- johtavuus mS/m	Kloridi (Cl) mg/l	Sulfaatti (SO4) mg/l	Nikkeli (Ni) µg/l				
KevG-1	15.8.2016	13	0,61	2,6	10	15	0,50	1,5	9,6	13,3 %	-22,0 %	-73,3 %	-4,2 %
KevG-14	13.10.2016	8,5	4,1	12	22	8,2	4,2	12	22	-3,7 %	2,4 %	0,0 %	0,0 %
KevG-15	6.6.2016	29	70	1,6	30	26	69	1,5	27	-11,5 %	-1,4 %	-6,7 %	-11,1 %
KevG-3	15.8.2016	3,4	0,66	1,6	3,1	4,1	0,79	2,5	2,8	17,1 %	16,5 %	36,0 %	-10,7 %
KevG-4	21.6.2016	5,1	0,98	2,9	2,2	5	1	2,9	2,3	-2,0 %	2,0 %	0,0 %	4,3 %
KevG-5	15.8.2016	13	1,1	3,4	1,1	15	1,1	3,1	1,1	13,3 %	0,0 %	-9,7 %	0,0 %
KevG-7	5.4.2016	39	14	28	9,6	34	13	26	9,6	-14,7 %	-7,7 %	-7,7 %	0,0 %
<b>Nollanäytteet</b>													
KevG-1	15.8.2016	0,14	<0,50	<0,50	<1,0								
KevG-14	13.10.2016	0,25	<0,50	<0,50	<1,0								
KevG-15	6.6.2016	0,36	<0,50	<0,50	<1,0								
KevG-3	15.8.2016	<0,1	<0,50	<0,50	<1,0								
KevG-4	21.6.2016	0,44	<0,50	<0,50	<1,0								
KevG-5	15.8.2016	<0,1	<0,50	<0,50	<1,0								
KevG-7	5.4.2016	0,33	<0,50	<0,50	<1,0								

Määrittäjärajan alittavat tulokset muutettu erotuksen laskennassa vastaamaan määrittäjäraja  
Mittausepävarmuudet

Sähkön- johtavuus	Kloridi (Cl)	Sulfaatti (SO4)	Nikkeli (Ni)
5 % (>4 mS/m)	10 % (>5,0 mg/l)	15 % (>20 mg/l)	16 % (> 20 µg/l)
10 % (<4 mS/m)	20 % (<5,0 mg/l)	25 % (<20 mg/l)	19 % (<20 µg/l)

 Rinnakkaismäärittysten tulosten erotus poikkeaa laboratorion

 Nollanäytteen tulos ylittää määrittäjärajan