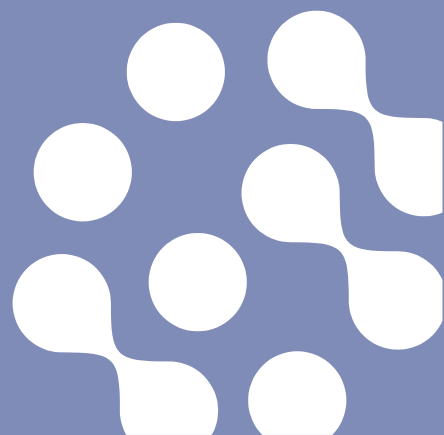


BOLIDEN KEVITSA MINING OY

# KEVITSAN KAIVOKSEN POHJAVESIEN TARKKAILUN VUOSIYHTEENVETO 2019



# BOLIDEN KEVITSA MINING OY, KAIVOKSEN POHJAVESIEN TARKKAILU VUONNA 2019

## Sisällysluettelo

<b>1.</b>	<b>JOHDANTO</b> .....	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>ALUEEN GEOLOGISET OLOSUHTEET</b> .....	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>POHJAVESIHAVAINTOPUTKET</b> .....	<b>4</b>
3.1	NÄYTTEENOTTO .....	5
3.2	POHJAVEDEN PINNANKORKEUDET .....	6
<b>4.</b>	<b>ANALYYSITULOKSET</b> .....	<b>11</b>
4.1	VAISKONSELÄN LÄHDE .....	11
4.2	SIVUKIVIALUEEN YMPÄRISTÖ .....	11
4.3	TULOTIEN HAVAINTOPUTKET JA MELUVALLIN ALUE .....	13
4.4	POLTTOAINEEN JAKELUASEMA .....	13
4.5	RIKASTUSHIEKKA-ALTAAN YMPÄRISTÖ .....	14
<b>5.</b>	<b>MONIPARAMETRIMITTAUKSET JA LAADUNVARMISTUS</b> .....	<b>33</b>
<b>6.</b>	<b>YHTEENVETO</b> .....	<b>35</b>
	<b>VIITTEET</b> .....	<b>36</b>

### LIITTEET

Liite 1. Tarkkailupistekartta

Liite 2. Temaattiset kartat vuodelta 2019

Liite 3. Tarkkailutulokset vuodelta 2019

25.3.2020

**Eurofins Ahma Oy**

Olli-Pekka Vieltojärvi

Mika Kallo

# 1. JOHDANTO

Kevitsan monimetallikaivoksen rakentaminen aloitettiin keväällä 2010. Kaivoksen tuotanto käynnistyi kesällä 2012, jolloin toiminnan tuotannon ja tuotannon ylösajovaiheen mukainen ympäristötarkkailu käynnistettiin, vuosi 2013 oli ensimmäinen täysi tuotantovuosi. Vuoden 2014 aikana kaivos sai ympäristöluvan tuotannon laajentamiseen (Kevitsan kaivoksen tuotannon laajentamisen ympäristö- ja vesitalouslupa sekä töiden ja toiminnan aloittamislupa PSAVI 79/2014/1). Bolidenin Kevitsan kaivoksella louhitaan nikkeliä, kuparia, kultaa, kobolttia ja platinaryhmän metalleja. Kaivoksen tuotteita ovat nikkeli- ja kuparirikasteet.

Vuoden 2019 aikana pohjavesien tarkkailua toteutettiin lokakuussa 2015 käyttöön otetun ja kesäkuussa 2017 päivitetyn tuotantovaiheen tarkkailuohjelman mukaisesti. Tarkkailuohjelma vastaa kokonaisuudessaan ympäristöluvan (79/2014/1) kaivoksen käyttö-, päästö- ja vaikutustarkkailuja.

Vuoden 2018 alusta alkaen rikastushiekka-altaan ympäristön pohjavesien tarkkailua on suoritettu kuukausittain LAPELY:n 2.1.2017 päivätyn päätöksen mukaisesti. Alueelle on asennettu myös uusia tarkkailuputkia. Loppuvuodesta 2017 asennettiin pohjavesiputket (KevG-35, -37, -39, -40, -41) ja edelleen vuonna 2019 tarkkailuputket (KevG-44, -45, -46, -47 ja -48). Rikastushiekka-altaan B itäpuolella sijainnut havaintoputki KevG-35 kuitenkin poistui, kun sen paikalle tehtiin pohjaveden talteenottokaivo kesällä 2018. Tarkkailuun on otettu myös altaiden eteläpuolelta löytyneet luonnon pohjavesipurkaumat (lähteet) KevG-42\* ja -49\*.

Tässä raportissa esitetään vuoden 2019 pohjavesitarkkailun tulokset ja verrataan niitä soveltuvien osin aikaisempiin tarkkailutuloksiin.

## 2. ALUEEN GEOLOGISET OLOSUHTEET

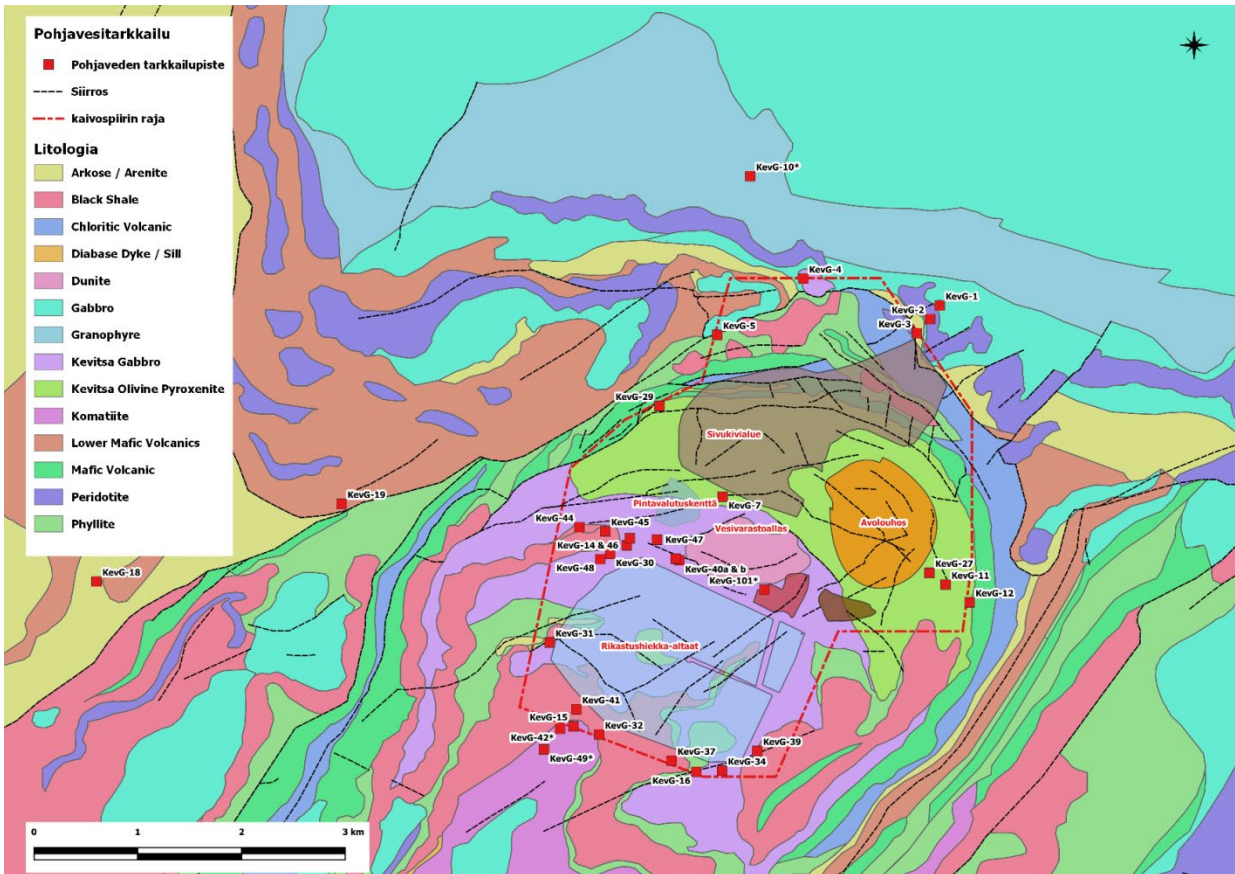
Boliden Kevitsa Mining Oy:n kaivosalueen maaperä koostuu pääosin ohuesta moreenikerroksesta. Maaperä on pääasiassa siltistä hiekkamoreenia, jonka vedenjohtavuus on heikko. Kaivosalueen ohuen maaperän ja maaperän laadun vuoksi pohjaveden muodostumisolosuhteet ovat heikot, ja siten Kevitsan kaivosalueella ei esiinny suuria pohjavesivaroja. Pohjavedenpinta noudattelee maanpinnan topografiaa. Alueen pohjavesiä ei hyödynnetä talousvesikäytössä tai eikä kaivosalueen läheisyydessä ole kunnallisia talousvesilaitoksia.

Kevitsan kerrosintruusio sijaitsee varhaisproterotsooisen Keski-Lapin vihreäkivialueen itäosassa. Intruusioon liittyvä malmin sijainti on 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 -malmin. Metallit ovat sitoutuneet sulfidimineraaleihin, jotka esiintyvät pirtteinä intruusioon ultramafisissa kumulaateissa, lähinnä oliviinipyrokseeniiteissä. Nikkelin ja kuparin lisäksi malmissa esiintyy kobolttia, platinaa, palladiumia ja kultaa.

Maa- ja kallioperän koostumus vaikuttaa suuresti myös pohjavesien laatuun ja pitoisuuksiin, joten pohjavesitarkkailun tuloksia tarkasteltaessa on huomioitu alueen paikallinen geologia ja siitä aiheutuvat alkuainepitoisuudet kallioperän ja maaperässä sekä pohjavedessä. Lähdeaineistona on hyödynnetty suomalaisten kivilajien tyypillistä koostumusta (Rasilainen ym. 2008), tuhannen suomalaisen kaivon kaivosvesitutkimusta (Lahermo ym. 2002) sekä Suomen pohjavesien hydrogeokemiallista kartoitusta (Lahermo ym. 1990). Kevitsan alueen kallioperää on havainnollistettu kuvassa 2-1 ja kaikkien havaintopisteiden sijainnit löytyvät kuvasta 3-1.

Kallioperäkartasta (kuva 2-1) yleisinä huomioina rikastushiekka-altaan A ympäristö. Allas sijaitsee pääsääntöisesti syväkivi gabron alueelle, kuten myös suurin osa pohjoispuolen tarkkailuputkista. Syväkivet ovat magmakivilaji, jota luonnehtii rakeisuus mutta tiiveys. Kivilaji on kiteytynyt hitaasti syvällä kallioperässä, eikä kivilajissa yleensä tavata huokosia. Altaan eteläpuolella sen sijaan suurin osa tarkkailupisteistä sijaitsee lähtökohtaisesti sedimentaation seurauksena syntyneessä mustaliuskejaksossa. Liuskejaksot ovat metamorfoosin seurauksena yleisesti hienorakenteisia ja voivat sisältää poikkeavan suuria metallipitoisuuksia, mm rikkiä. Tämän vuoksi mustaliuskeiden ominaisuuksiin kuuluu muun muassa happamuus, jonka johdosta kivilajin kanssa kosketuksiin joutuvat vedet happamoituvat ja voivat sen seurauksena liuottaa maaperästä lisää metalleja.

Geofysikaalisten mittausten avulla alueelta on myös kartoitettu kallioperän epäjatkuvuuksia sekä siirroksia. Mittauksissa havaittuihin mahdollisiin johtavuusvyöhykkeisiin on pyritty asentamaan alueen uudet tarkkailuputket, esimerkiksi KevG-31 sijaitsee yhden altaalta A ulkopuolelle asti ulottuvan siirroksen kohdalle. Putki KevG-15 ja lähteet KevG-42\* sekä -49\* sijaitsevat komatiittialueella, jota ympäröi mustaliuskeet.



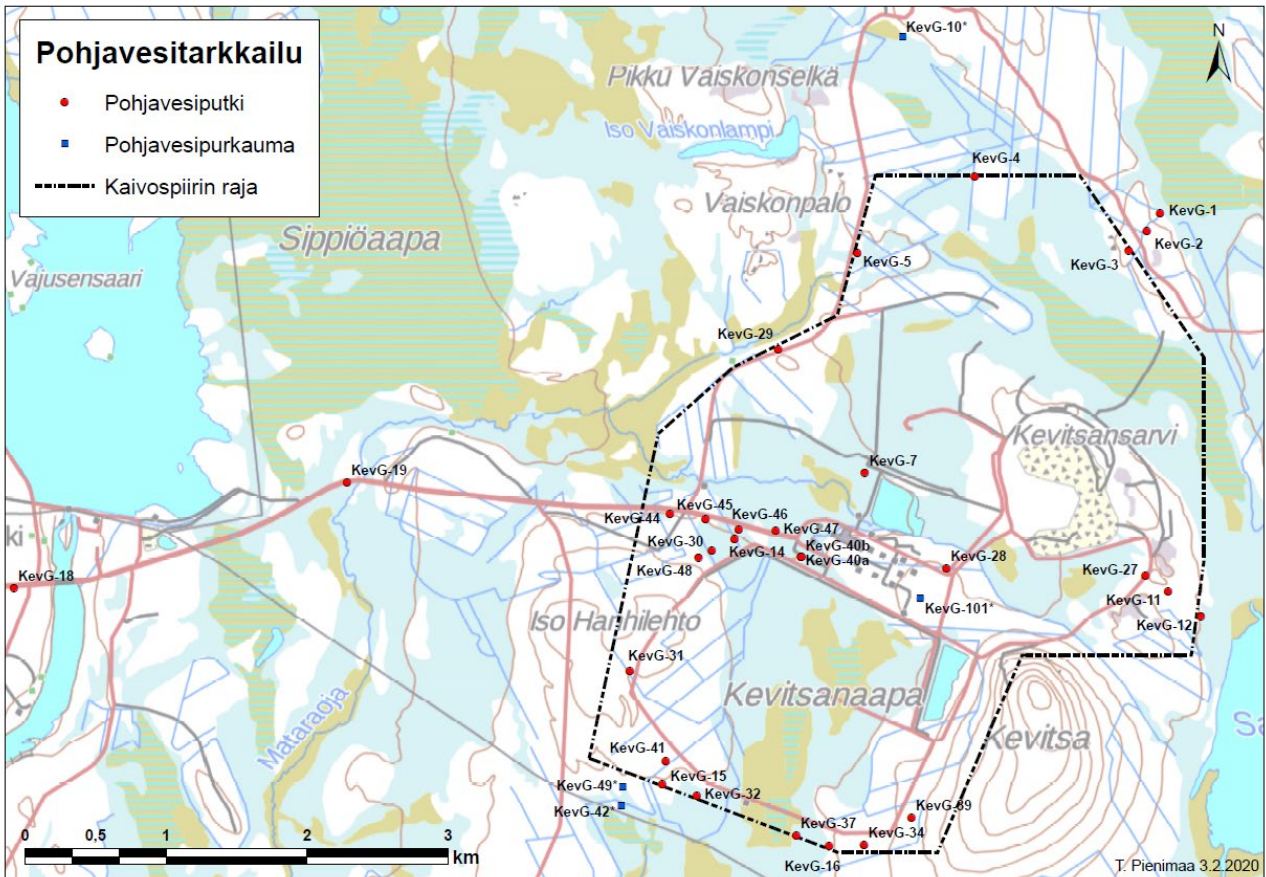
Kuva 2-1. Kevitsan alueen kallioperä ja pohjaveden havaintopisteiden sijainteja. Suurempi kartta liitteellä 1.

## 3. POHJAVESIHAVAINTOPUTKET

Kevitsan kaivoksen lähialueella ei sijaitse luokiteltuja pohjavesialueita, eikä alueen pohjavesiä hyödynnetä talousvetenä. Lähin III-luokan pohjavesialue, Moskuvaara, sijaitsee noin 8 km kaivospiirin rajalta etelään. Pohjavesiputket ovat siiviläputkilla varustettuja PEH-muoviputkia, joiden sisähalkaisija on joko 50 tai 52 mm. Pohjavesiputkien perustiedot on esitetty oheisessa taulukossa (taulukko 3-1) ja sijainti on esitetty oheisessa kuvassa (Kuva 3-1). Tarkemmat putkikohtaiset tiedot ja pohjavesiputkikortit on esitetty kaivoksen velvoitetarkkailuohjelmassa. Vuoden 2019 lopulla tarkkailupisteiden nimeämistä selkeytettiin. Pohjavesipurkaumien ja lähteiden tunnuksien perään lisättiin merkintä \*, erottamaan kyseiset pisteet varsinaisista pohjavesiputkista.

Taulukko 3-1. Kevitsan kaivoksen ympäristössä sijaitsevat pohjavesien tarkkailupisteet.

Tunnus	Koordinaatit ETRS-TM35FIN		Maanpinnan korkeus, N60	Putken pään korkeus, N60	Näytepisteen kuvaus
	y	x			
KevG-1	7511097	499407	228,66	229,62	Louhoksen kuivatusvaikutusten sekä sivukivialueen ja pintamaaläjitysalueiden vaikutusten seuraaminen.
KevG-2	7510967	499313	231,76	232,88	Louhoksen kuivatusvaikutusten sekä sivukivialueen ja pintamaaläjitysalueiden vaikutusten seuraaminen.
KevG-3	7510831	499186	229,41	230,59	Louhoksen kuivatusvaikutusten sekä sivukivialueen ja pintamaaläjitysalueiden vaikutusten seuraaminen.
KevG-4	7511355	498092	225,23	226,12	Sivukiven ja pintamaiden läjitysalueiden vaikutusten seuraaminen.
KevG-5	7510814	497263	217,29	218,35	Sivukiven ja pintamaiden läjitysalueiden vaikutusten seuraaminen.
KevG-7	7509258	497315	216,81	217,98	Sivukiven ja pintamaiden läjitysalueiden vaikutusten seuraaminen. Lisäksi vesivarastoaltaan ja pintavalutuskeskittämisen vaikutusten seuranta.
KevG-10*	7512342	497581	228,46		Vaiskonselän lähde, taustapiste
KevG-11	7508412	499464	237,22	238,52	Louhoksen kuivatusvaikutusten sekä sivukivialueen ja pintamaaläjitysalueiden vaikutusten seuraaminen.
KevG-12	7508241	499696	228,05	229,27	Louhoksen kuivatusvaikutusten sekä sivukivialueen ja pintamaaläjitysalueiden vaikutusten seuraaminen.
KevG-14	7508789	496391	219,16	220,22	Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen
KevG-15	7507047	495878	227,51	228,65	Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen
KevG-16	7506610	497061	228,47	229,67	Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen
KevG-18	7508441	491283	208,80	207,13	Kaivoksen tulotien tienvarsitarkkailu
KevG-19	7509188	493644	206,28	207,42	Kaivoksen tulotien tienvarsitarkkailu
KevG-27	7508525	499307	237,89	239,26	Louhoksen kuivatusvaikutusten sekä sivukivialueen ja pintamaaläjitysalueiden vaikutusten seuraaminen.
KevG-28	7508203	498049	228,50	229,43	Polttoaineen jakeluaseman vaikutusten tarkkailu.
KevG-29	7510131	496706	216,65	217,65	Moreenialueen pohjoispuolen, sivukivialueen ja pintamaaläjitysalueiden vaikutusten tarkkailu
KevG-30	7508707	496231	222,77	223,77	Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen
KevG-31	7507854	495649	239,38	240,38	Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen
KevG-32	7506969	496125	228,17	229,17	Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen
KevG-34	7506620	497310	236,12	237,12	Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen
KevG-37	7506718	496824	227,39	228,78	Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen
KevG-39	7506811	497649	245,16	246,05	Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen
KevG-40a	7508645	496898	219,08	220,47	Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen
KevG-40b	7508661	496863	218,90	220,03	Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen
KevG-41	7507212	495906	230,86	232,03	Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen
KevG-44	7508963	495936	217,79	218,77	Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen
KevG-45	7508925	496185	217,72	218,75	Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen
KevG-46	7508856	496421	217,52	218,42	Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen
KevG-47	7508844	496683	216,54	217,56	Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen
KevG-48	7508657	496136	223,98	224,9	Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen
KevG-42*	7507024	495750			Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen, lähde
KevG-49*	7506824	495594			Rikastushiekka-altaan vaikutusten seuraaminen, lähde
KevG-101*	7508361	497718			Primäärimurskan pohjalle purkautuvan pohjaveden laadun seuranta.



Kuva 3-1. Pohjavesiputkien sijainti. Suurempi kartta liitteellä 1.

## 3.1 Näytteenotto

Kaivoksen tulotien tienvarsitarkkailun pohjavesiputkista (KevG-18 ja KevG-19) otettiin näytteet kerran vuodessa marraskuussa. Sivukivialueen pohjavesiputkista (KevG-1, KevG-2, KevG-3, KevG-4, KevG-5, KevG-7 ja KevG-29) sekä lähteestä (KevG-10) että meluvallin alueen pohjavesiputkista (KevG-11, KevG-12 ja KevG-27) otettiin näytteet neljä kertaa vuodessa, kuten myös polttoaineen jakeluaseman tarkkailuputkelta KevG-28. Rikastushiekka-altaan pohjavesiputkista näytteitä haettiin kuukausittain. Vuonna 2019 näytteet otettiin Eurofins Ahma Oy:n sertifioidujen näytteenottajien toimesta.

Pohjaveden pinnankorkeuden lisäksi näytteenoton yhteydessä mitattiin lämpötila sekä tehtiin kenttähavainnot hajun, sameuden ja mahdollisten veden laadun poikkeavuuksien havaitsemiseksi. Lisäksi kesä- ja lokakuussa tehtiin näytteenoton yhteydessä kenttämittaukset (pH, redox, happi ja sähkönjohtavuus). Näytteenotto pyrittiin suorittamaan siivilöiden syvyydeltä ja metallinäytteet suodatettiin kentällä.

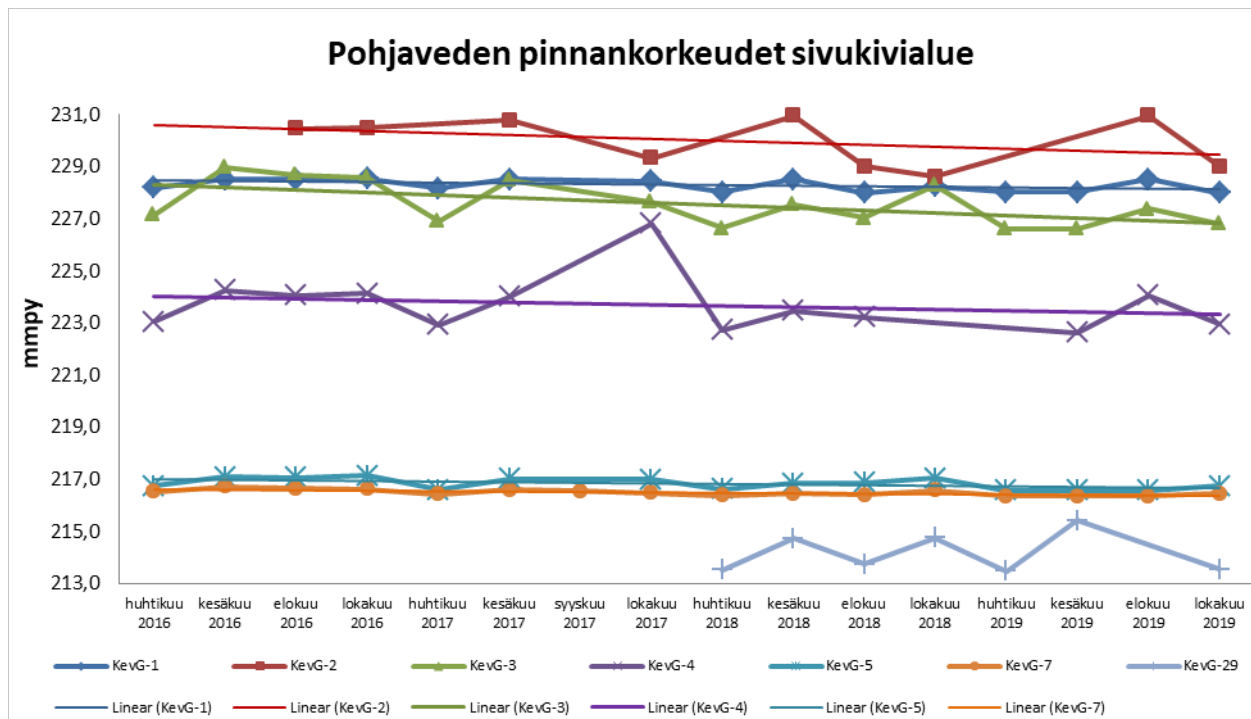
Näytteiden analysoinnista vastasi Eurofins Environment Testing Finland Oy:n Lahden akkreditoitu laboratorio toukokuun loppuun asti. Kesäkuusta alkaen analytiikasta on vastannut Eurofins Ahman Oy:n laboratorio Rovaniemellä, josta metallinäytteet on lähetetty edelleen konsernin Oulun laboratorioon, ja tiосуlfaatti sekä toksisuusnäytteet Lahden laboratorioon.

Pääsääntöisesti näytteenotto onnistui suunnitellusti. Putket KevG-2, KevG-11 ja KevG-27 ovat olleet läpi tarkkailun huonotuottoisia ja kaikilta kierroksilta näytteitä ei saatu. Rikastushiekka-altaan ympäristön putket sijaitsevat pääosin suomaastoissa ja osalla putkilla pohjaveden pinta on käytännössä maanpinnan tasolla.

Näillä putkilla vesi jäätyy putkeen estäen näytteenoton heti alkutalvesta ja näytteenottoa voidaan jatkaa vasta routa-ajan jälkeen.

## 3.2 Pohjaveden pinnankorkeudet

Pohjaveden pinnankorkeudet on ilmoitettu tasana N60 korkeusjärjestelmässä (m). Kaivoksen mahdollinen vaikutus pohjaveden pinnankorkeuksiin jää pinnankorkeuden luonnollisen vaihtelun alle. Sivukivialueen, pintamaiden läjitysalueen ja avolouhoksen mahdollisten vaikutusten toteamiseksi asennetuissa pohjavesiputkissa (KevG-1, KevG-2, KevG-3, KevG-4, KevG-5, KevG-7 ja KevG-29) pohjaveden keskimääräiset pinnankorkeuden vaihtelut olivat yhteneväisiä luontaisiin sekä edellisvuosien vaihteluväleihin. Pientä lineaarista laskua vuodesta 2016 alkaen on havaittavissa alueen pohjoispuolen tarkkailupisteillä KevG-1-KevG-5. Pisteellä KevG-29 vedenpinta vaihtelee runsaasti kierrosten välillä, mutta keskimääräinen pinnankorkeus on ollut tasainen. Pintavalutus Kentän reunalla sijaitsevalla tarkkailuputkella KevG-7 pohjaveden pinnankorkeus on ollut tasainen viime vuodet. (kuva 3-2)

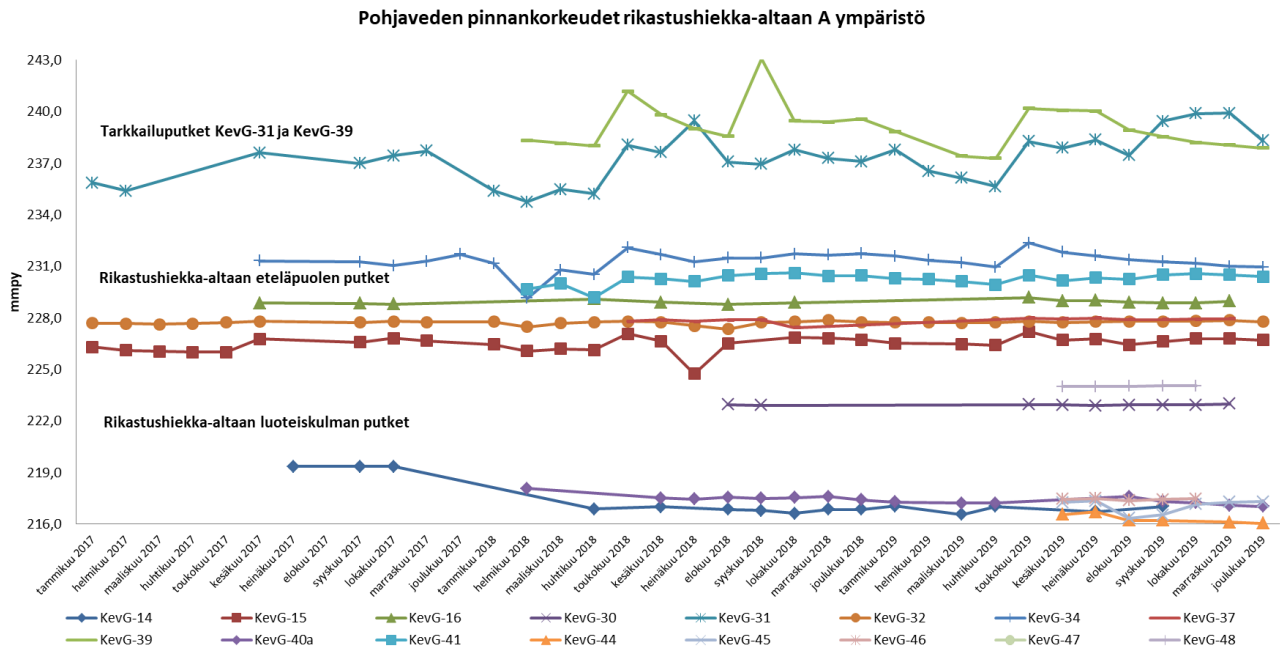


**Kuva 3-2. Pohjaveden pinnankorkeudet sivukivialueen ympäristön pohjavesiputkilla (KevG-1 - KevG-5, KevG-7 ja KevG-29).**

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. Putkelta KevG-11 saatiin pinnankorkeus mitattua vain kesäkuun kierrokselle, koska muilla kierroksilla putki oli kuiva. Kesäkuussa mitattu pinnankorkeus oli yhteneväinen aikaisempien vuosien havaintoihin. Putkella KevG-12 pinnankorkeus on ollut tasaisesti laskussa tarkkailupisteellä vuodesta 2016. Keskimääräiset pinnankorkeudet vuodesta 2016 vuoteen 2019 ovat olleet 227,86→227,46→227,17→226,90 mmpy. Samankaltainen trendi on havaittavissa myös putkelta KevG-27, joskin vuonna 2018 mitattiin poikkeuksellisesti yhdellä kierroksella huomattavan korkea vedenkorkeus. Pinnankorkeuden kehitys tällä putkella on ollut vuodesta 2016 236,55→235,12→235,77→234,85 mmpy

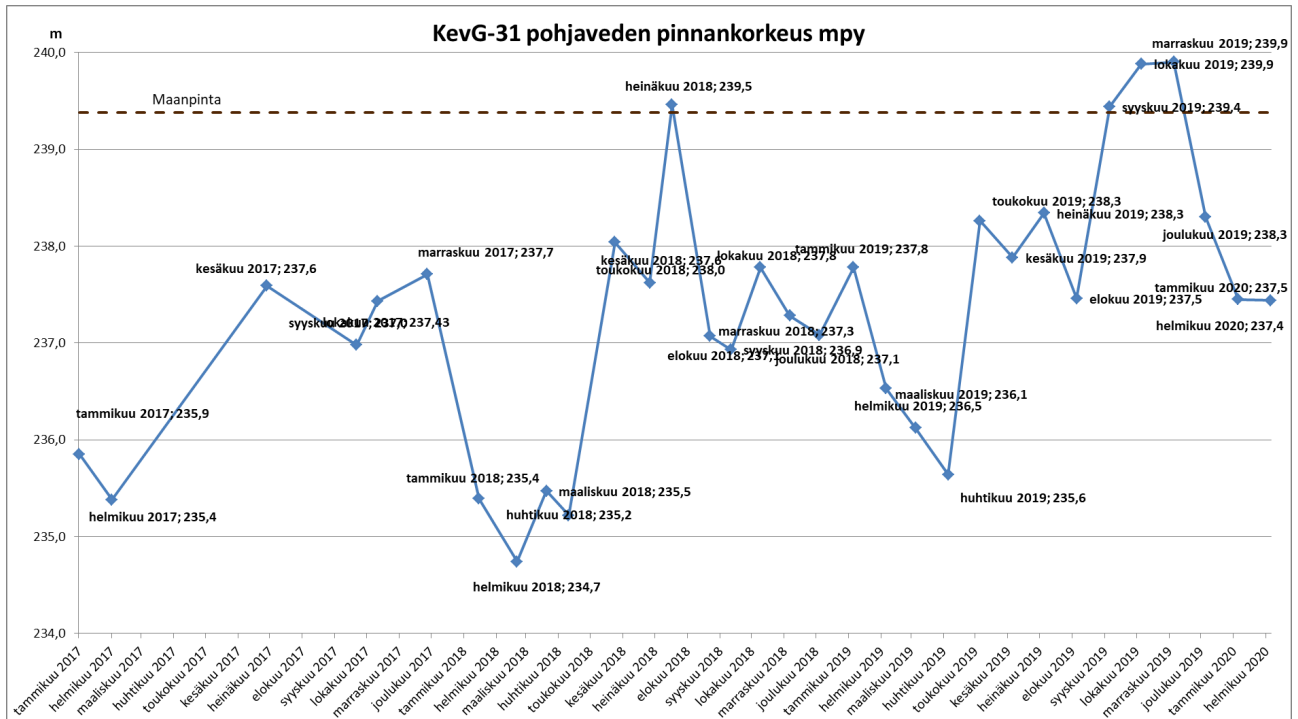


Rikastushiekka-altaan ympäristössä pohjaveden pinnankorkeudet olivat yhteneväisiä edellisvuosiin, pois lukien putken KevG-31 havainnot (kuva 3-3). Kuvaajaa luonnehtii eri alueiden korkeussuhteet, rikastushiekka-altaan A luoteiskulman ja eteläpuolen pohjaveden pinnankorkeuden erotus on n. 10 metriä.



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

Yleisestä trendistä poiketen putkella KevG-31 havaittiin syyskuussa pohjaveden pinnankorkeuden nousseen huomattavasti (>2 m) elokuun tuloksesta. Kyseinen putki on melko matala ja sijaitsee kallioperän ruhjeessa, missä vedenjohtavuus sekä varastointikapasiteetti on luontaisesti suurempaa kuin ympäröivässä kallioperässä (kuva 2-1). Muutoksen syynä oli rikastushiekkan läjitys länsipadolla sektoreille (W008/009/010), jotka sijaitsivat topografisesti putken KevG-31 yläpuolella. Lisääntyneen hydrostaattisen paineen ja vapaan veden vuoksi pohjaveden pinta nousi putkella KevG-31 maanpinnan yläpuolelle syyskuussa (kuva 3-4). Pohjaveden pinta lähti laskuun joulukuussa laskien alkuvuodesta 2020 alkuvuodesta 2019 tasolle (noin 237,5 mpy), tammi-helmikuussa 2017/2018 pohjaveden pinta oli noin kaksi metriä syvemmällä. Pohjaveden pinnankorkeuden noustessa myös määritetyt parametrit indikoivat pohjaveden laadun muuttuneen alueella. Läjityksen vaikutusta putken KevG-31 käyttäytymiseen ja veden laatuun tullaan seuraamaan kuukausittain.



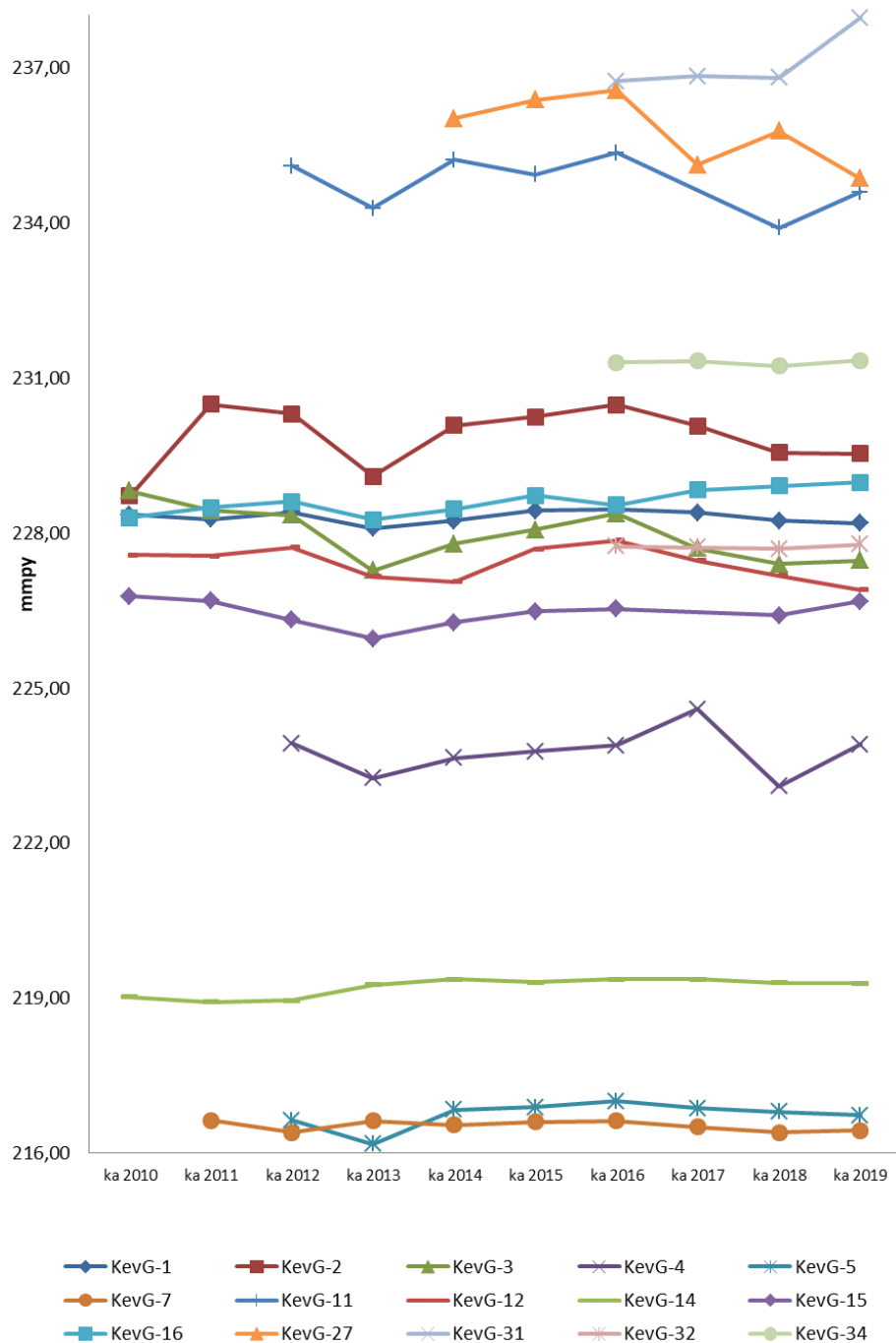
**Kuva 3-4. Pohjavedenpinnan korkeudet tarkkailuputkella KevG-31.**

Kaivoksen tulotien varrella olevista pohjavesiputkista (KevG-18 ja KevG-19) otetaan näytteet kerran vuodessa lokakuussa, vuonna 2019 näytteet haettiin vasta marraskuussa. Putkista mitatut pohjaveden pinnankorkeudet olivat kumminkin edellisvuosien tasolla, joskin hieman laskussa myöhäisestä näytteenottoajasta johtuen.

Kuvassa 3-5 on esitetty pidempään tarkkailussa olevien tarkkailuputkien keskimääräiset pohjaveden pinnankorkeudet vuodesta 2010. Kuvaajasta voidaan havaita edellisissä kappaleissa mainitut muutokset. Vuodesta 2016 alkaen sivukivialueen putkilla KevG-1-KevG-5 sekä meluvallin alueella sijaitsevilla putkilla KevG-11, KevG-12 ja KevG-27 on havaittavissa laskevat trendit. Tarkkailuputkella KevG-4 keskimääräiset pinnankorkeudet olivat vuonna 2017 tavanomaista korkeammat. Väliaikaisen muutoksen taustalla on todennäköisesti puuston ja sekä irtomaan poisto putken läheisyydessä sivukivialueen laajenuksen myötä. Suurin muutos vuoteen 2016 verrattaessa on havaittavissa tarkkailuputkella KevG-27, jossa pohjaveden pinta on laskenut keskimäärin 1,8 metriä. Muista tarkkailuputkista poiketen tarkkailuputkella KevG-16 keskimääräinen pohjaveden pinnankorkeus on ollut pienoisisässä nousussa viime vuoden. Vuoteen 2016 verrattaessa nousua on ollut 0,5 metriä. Putken KevG-31 muutokset on käsitelty aikaisemmin.

Pohjaveden pinnankorkeudet ovat olleet yleisesti normaalitasojen alapuolella vuodesta 2017 alkaen Keski-Lapin alueella. Ilmiön taustalla ovat pienet sadekertymät vuosilta 2017 ja 2018 (kuva 3-6). Vuonna 2019 kumulatiivinen sadesumma oli nousussa, mutta painottuen loppuvuoteen, jolloin suurin osa sadesummasta tuli lumena.

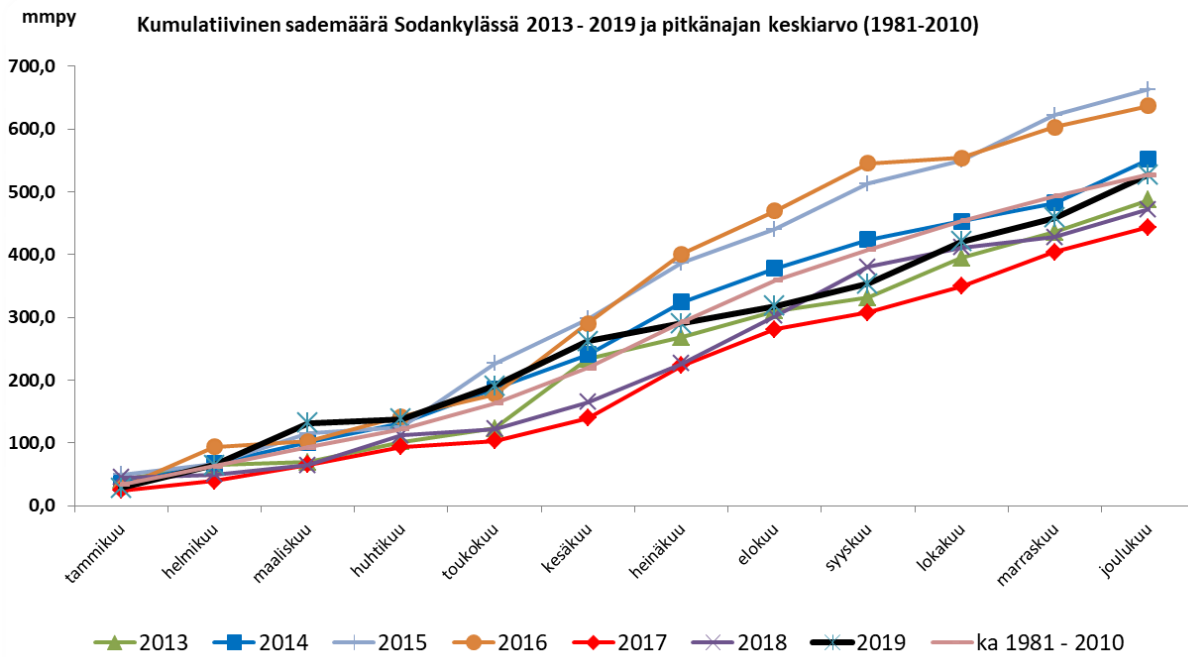
### Pohjaveden keskimääräiset pinnankorkeudet



**Kuva 3-5. Pohjavedenpinnan keskimääräiset korkeudet putkikohtaisesti vuosina 2010–2019. Kuvassa ei ole esitetty putkia, joilta on saatu vain yksi tulos vuoden aikana, esimerkiksi tulotien putket. Kuvaajassa ei myöskään ole esitetty uusia tarkkailuputkia, mistä ei ole vielä tuloksia kahdelta täydeltä tarkkailuvuodelta.**

Pohjaveden pinnankorkeuteen vaikuttaa myös alueen sadesummat, jotka olivat vuodet 2017 ja 2018 Sodankylän ilmatieteenlaitoksen mittausten mukaan alle pitkänajan keskiarvojen, vuonna 2019 sadesumma nousi keskiarvon tuntumaan. Sodankylän sääaseman mukaan vuonna 2019 kokonaissademäärä oli 527

mm, mikä on sama kuin pitkänajan keskiarvo. Vuonna 2018 sadessumma oli 472 mm, 2017 443 mm, 2016 627 mm, 2015 665 mm, 2014 553 mm, 2013 486 mm, pitkän ajan (1981–2010) keskiarvo on 527 mm (Kuva 3-4).



**Kuva 3-6. Kumulatiivinen sademäärä Ilmatieteen laitoksen Sodankylän sääasemalta vuosilta 2013–2019 sekä pitkänajan keskiarvo (1981–2010).**

## 4. ANALYYSITULOKSET

Tarkkailun tulokset käydään seuraavissa kappaleissa läpi alueittain, ja rikastushiekka-aitaiden ympäristön havaintoputken on vielä jaoteltu pohjois- sekä eteläpuolisiin havaintopisteisiin tulosten esittelyn selkeyttämiseksi. Tuloksia kumminkin tarkastellaan myös ristiin tilannekohtaisesti.

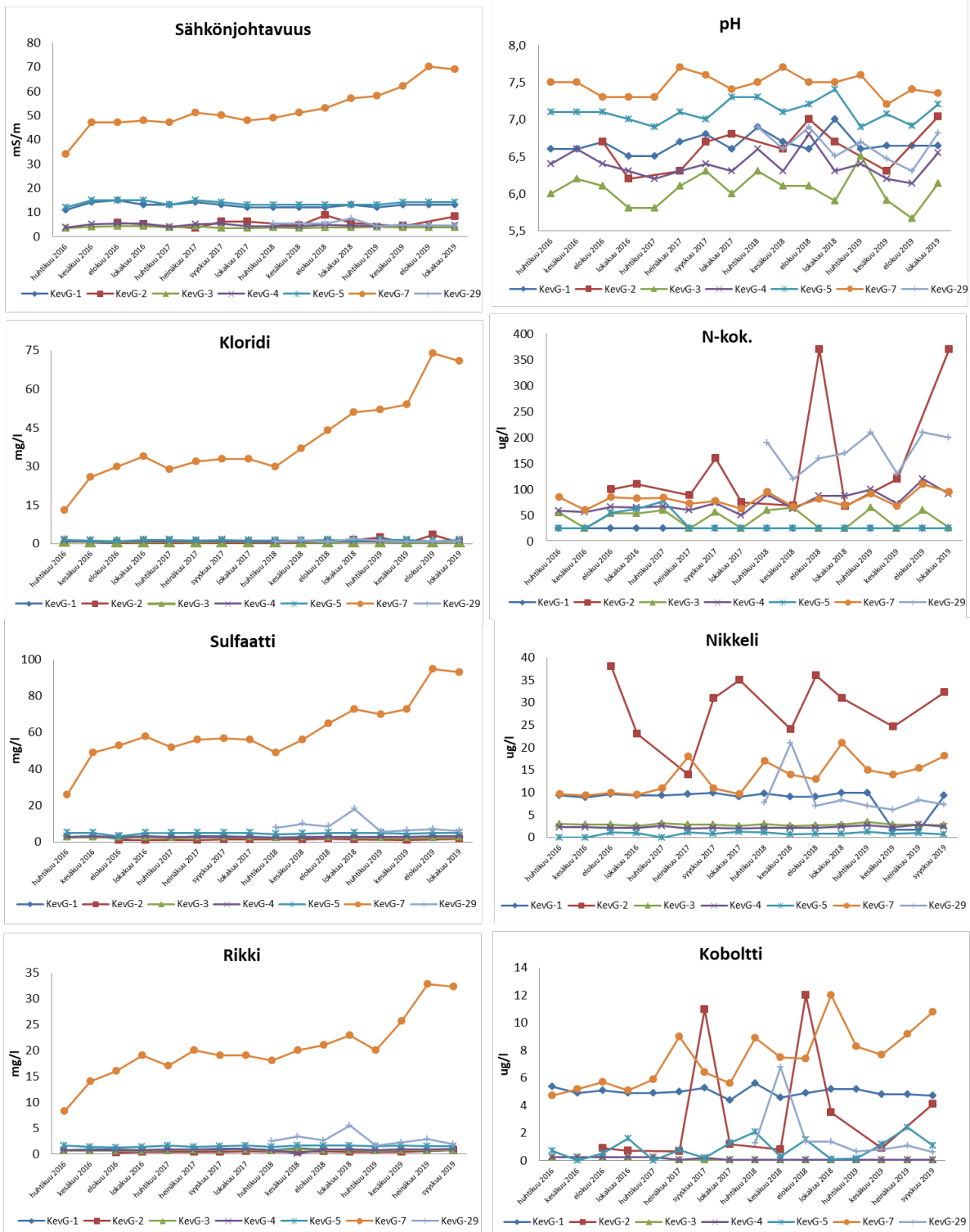
### 4.1 Vaiskonselän lähde

Pohjavesitarkkailun taustapisteinä toimii lähde KevG-10\*. Lähde on kumminkin kasvamassa umpeen ja lähteen vettä leimaa ravinteiden runsaus. Vuoden 2019 tulokset olivat yhteneväisiä edellisvuosien tuloksiin, mutta mangaania havaittiin hieman runsaammin kuin aikaisemmin.

Lähteen tulokset eivät ole verrannollisia alueen tarkkailuputkien tuloksiin ja näytteenotto lähteeltä on vaikeutunut lähteen kasvillisuuden lisääntyessä. Lähteen korvaamista esimerkiksi tarkkailuputkella tulisi harkita edustavan näytteenoton takaamiseksi. Toistaiseksi tarkkailuputken KevG-1 tulokset luonnehtivat edelleen häiriintymätöntä alueen taustaa, jolloin pisteen tuloksia voidaan käyttää taustatietona muille alueen tuloksille.

### 4.2 Sivukivialueen ympäristö

Alueen putkien, pois lukien KevG-7, tulokset olivat tavanomaisia. Kuvaajissa (kuva 4-1) on esitetty keskeisten sekä niiden parametrien, joissa on havaittu muutoksia viime vuosina. Kuvaajat on rajattu alkamaan vuoden 2016 alusta, jolloin havaittiin sivukivialueen ja pintavalutuskentän välissä sijaitsevan tarkkailuputken KevG-7 pohjaveden laadussa muutoksia. Putki sijaitsee keskellä toimintoja ja topografisesti matalassa maastossa, pohjaveden pinta putkella on ollut käytännössä maanpinnan tasolla läpi tarkkailun (kuva 3-5). Putken ympäristöön kertyy alueen hulevedet, joiden määrä lisääntyi 2016 sivukivialueiden laajennusten myötä. Vuonna 2019 pitoisuustrendit vahvistuivat.



Kuva 4-1. Sivukivialueen pohjavesiputkien tulokset vuodesta 2016 alkaen.

Suomen porakaivovesien keskimääräiset sähkönjohtavuusarvot olivat tuhannen kaivon tutkimuksessa 34,4 mS/m (Lahermo ym. 2002). Lukuun ottamatta putkea KevG-7 **sähkönjohtavuudet** olivat alle porakaivojen keskiarvon. Putkella KevG-7 sähkönjohtavuudet olivat keskimäärin 65 mS/m.

Putkella KevG-7 **kloridipitoisuudet** vaihtelivat välillä 52-74 mg/l, muilla tarkkailupisteillä kloridipitoisuudet jäivät alle 1,4 mg/l. **Sulfaatin** pitoisuudet olivat putkella KevG-7 välillä 70-93 mg/l, muilla putkilla pitoisuudet

olivat alle 6,9 mg/l. Suomen porakaivojen keskipitoisuus on noin 19,9 mg/l (Lahermo ym. 2002). **Rikkipitoisuuksien** vaihtelut pisteellä KevG-7 ovat suoraan verrannollisia sähkönjohtavuuden, kloridin ja sulfaatin kanssa, pitoisuudet vaihtelivat vuonna 2019 välillä 20-33 mg/l. Muilla tarkkailupisteillä rikkiä havaittiin alle 2,9 mg/l.

Kevitsan malmioon liittyvien metallien, **nikkelin** ja **koboltin** osalta näytteenottokierrosten välillä on jonkin verran heiluntaa. Tarkkailupisteellä KevG-7 pitoisuudet ovat pienoissa nousussa, mutta muilla alueen tarkkailuputkilla tavanomaisia.

**Kuparipitoisuudet** olivat edellisvuosien tapaan korkeimmillaan putkessa KevG-29, jossa suurin pitoisuus (14 µg/l) mitattiin elokuussa. Samaisella kierroksella mitattiin samalta putkelta yksittäinen **kromin** pitoisuus 10,7 µg/l, muilla kierroksilla ja muilla tarkkailupisteillä pitoisuudet vaihtelivat välillä <0,50-8,9 µg/l. **Antimonipitoisuudet** olivat käytännössä kaikilla putkilla alle määritysrajan, putkelta KevG-2 havaittiin erittäin pieniä pitoisuuksia, jotka jäävät epävarmuuksien sisään.

## 4.3 Tulotien havaintoputket ja meluvallin alue

Tulotien havaintoputkilta (KevG-18 ja KevG-19) näytteet haetaan vain kertaalleen vuodessa, vuonna 2019 näytteenotto toteutettiin marraskuussa. Näytteiden tulokset olivat täysin yhteneväisiä edellisiin tarkkailuvuosiin eikä trendejä havaittu.

Meluvallin ympäristön havaintoputkilla (KevG-11, KevG-12 ja KevG-27) pohjaveden pinnankorkeus on laskenut hieman vuodesta 2016. Alentuman taustalla on todennäköisesti suurimmaksi osaksi luontainen vaihtelu, vuosien 2017-2019 kumulatiiviset sadesummat ovat olleet aikaisempien vuosien pienemmät, mutta myös avolouhoksen suurentuessa pohjavesien todellinen alentuma alueella. Tarkkailuputki KevG-11 on ollut vähävetinen heti asennuksesta (2010) lähtien ja käytännössä kuiva vuodesta 2015. Näytteitä saadaan putkelta lähinnä kesäkuussa, kun putken ympäristöön on kerääntynyt sulamisvesiä. Vuoden 2019 KevG-11 näytteen tulokset olivat yhteneväisiä edellisvuosien tuloksiin. Myös kauempana meluvallista sijaitsevan tarkkailuputken KevG-12 tulokset olivat pääsääntöisesti yhteneväisiä edellisvuosiin. Sähkönjohtavuudet ja nikkelpitoisuudet nousivat vuonna 2017 uusille tasoilleen, joissa ovat pysytelleet myös 2018 ja 2019. Sähkönjohtavuuden keskimääräiset tulokset ovat olleet vuodesta 2016 16→25→30→29 mS/m ja nikkelpitoisuuksien vastaava kehitys on ollut 28→49→56→56 µg/l. Havaintojen taustalla voi olla konsentraatioiden kasvu pohjaveden pinnankorkeuden laskiessa.

Havaintoputken KevG-27 tuotto on todella huono ja putkeen suotautuu suoraan hulevesiä esimerkiksi viereiseltä tieltä. Pitoisuudet vaihtelevat runsaasti kierrosten välillä, mutta keskimääräisesti pitoisuudet olivat yhteneväisiä edellisvuosiin eikä trendejä havaittu. Nikkeliä putkelta havaitaan keskimäärin noin 150 µg/l.

## 4.4 Polttoaineen jakeluasema

Polttoaineen jakeluaseman topografisesti alapuolella sijaitsevalta pohjavesiputkelta KevG-28 tutkittiin öljyhiilivedyt neljästi vuodessa, laajojen pohjavesikierrosten yhteydessä. Öljyhiilivetyjä ei havaittu, pitoisuuksien jäädessä alle määritysrajojen.

## 4.5 Rikastushiekka-altaan ympäristö

Uusia pohjavesiputkia rikastushiekka-altaan alueelle on asennettu viime vuosina yhteensä 13 kappaletta. Tällä hetkellä alueen tarkkailussa on 17 pohjavesiputkea, kaksi lähdettä sekä murskan pohjan tarkkailupiste KevG-101\*. Päivitetty pohjavesiputkien sijaintikartta on esitetty liitteellä 1. Koska havaintopaikkoja on niin paljon, selkeyden vuoksi tuloksien esittelyssä on havaintopaikat jaoteltu pohjois- ja eteläpuolisiin tarkkailupisteisiin. Pohjoispuolen tarkkailupisteet ovat KevG-14, -30, -40a, -40b, -44-48 sekä KevG-101\*. Eteläpuolen tarkkailupisteitä KevG-15, -16, -31, -32, -34, -37, -39, -41, -42\* sekä -49\*.

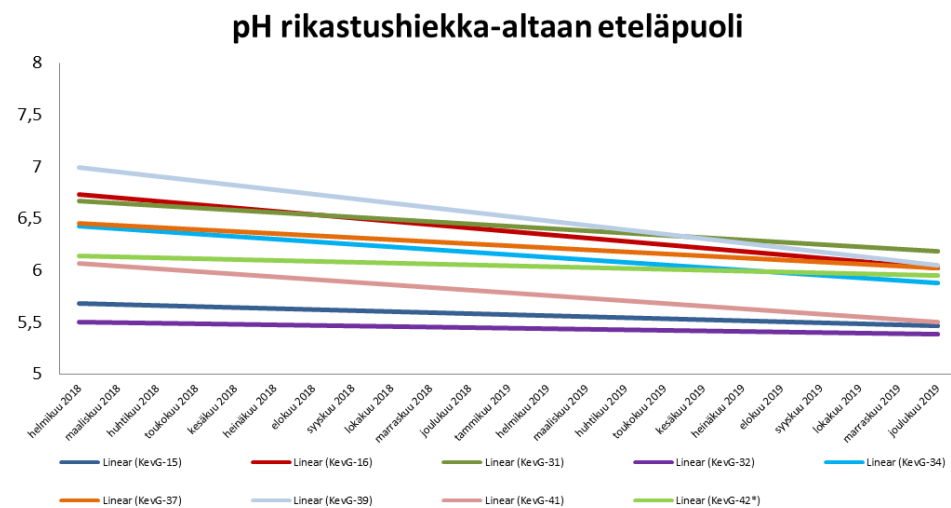
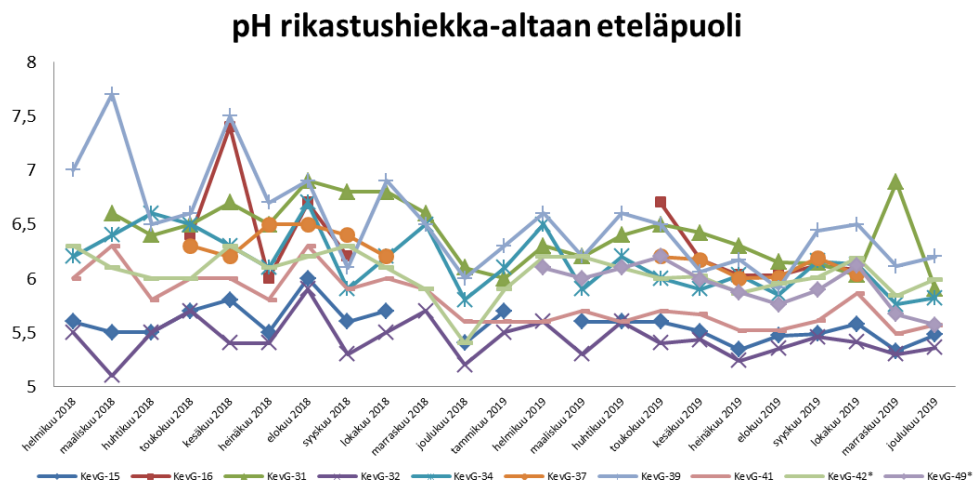
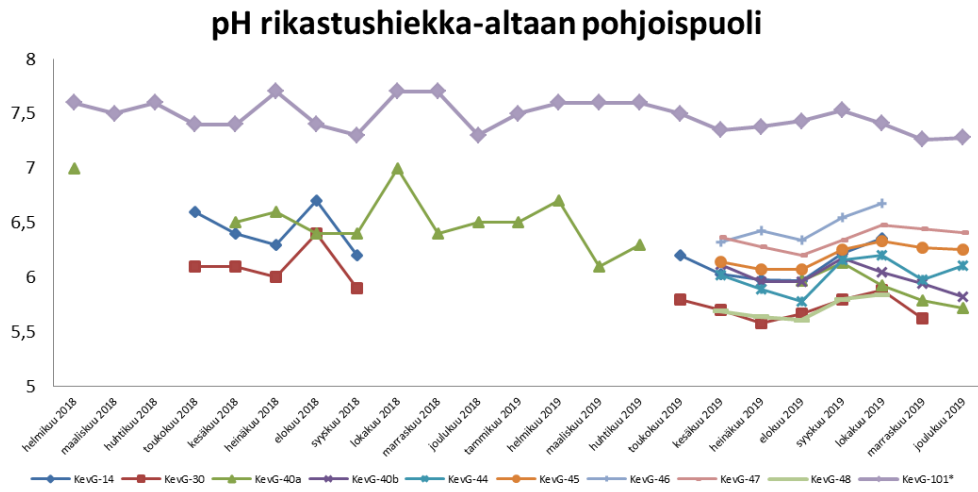
Havaintopaikan KevG-101\* näyte otetaan primäärimurskaamon pohjalle valuvasta vedestä, joten kontaminaation riski on ilmeinen. Pohjaveden laatua tarkkailtaessa on huomioitu, että havaintopaikan KevG-101\* pitoisuudet poikkeavat luonnostaan muista alueen tarkkailupisteiden pitoisuuksista, eikä kyseisen pisteen tuloksia vertailla suoraan muiden pisteiden tulosten kanssa.

Tulosten kuvaajissa on esitetty tulokset tarkkailupisteiltä helmikuun 2018 alusta alkaen, tulosten tulkinnassa on kumminkin käytetty myös edellisiä tuloksia. Rajaus helmikuun 2018 alkuun on tehty kuvaajien selkeyttämisen vuoksi ja toisaalta suurin osa (70 %) alueen tarkkailupaikoista on saatu tarkkailuun viimeisen parin vuoden aikana.

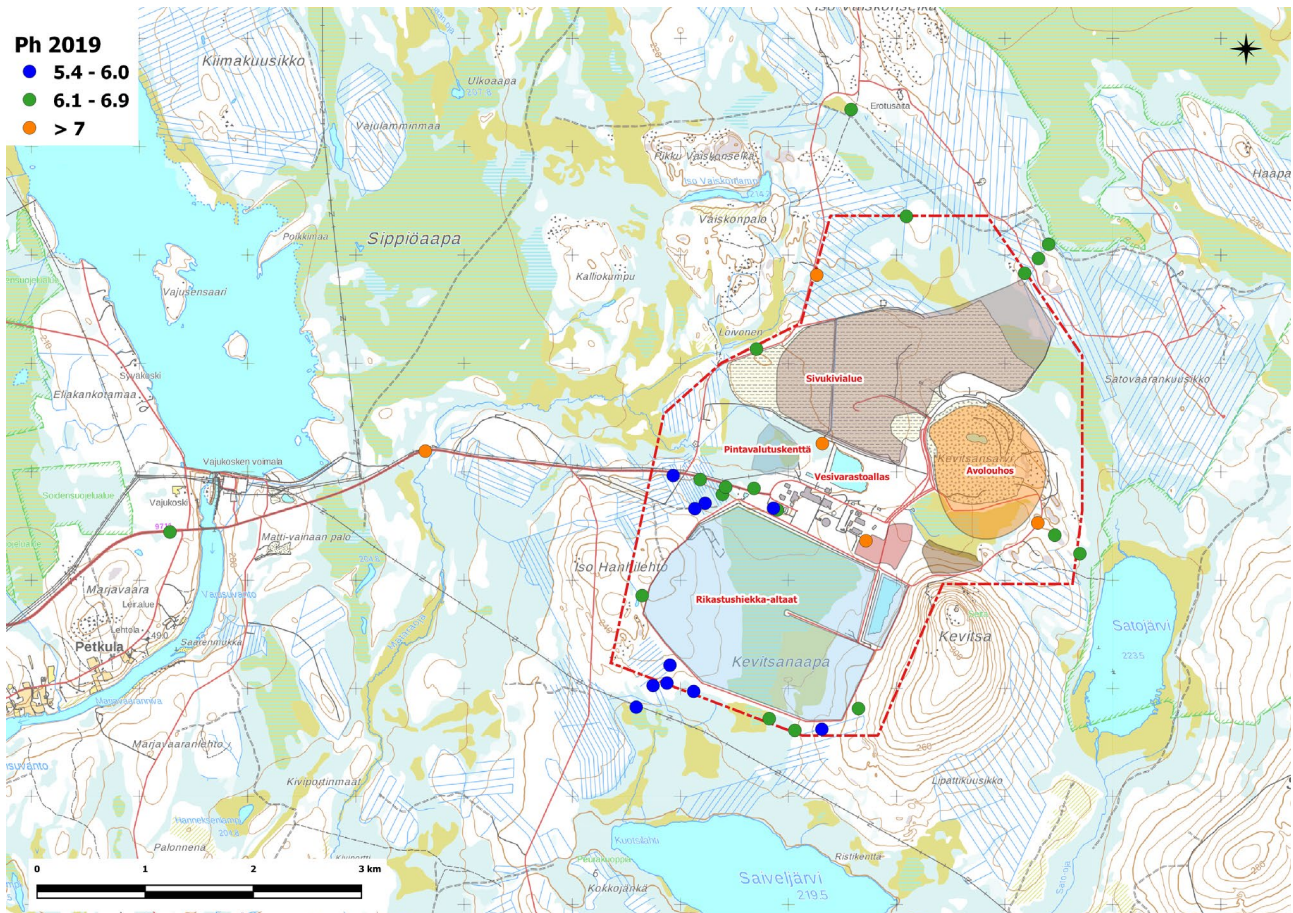
Luonnontilaisten pohjavesien pH:n tavanomainen vaihteluväli on 5,5–7,5 (Lahermo ym. 2002). Rikastushiekka-altaan pohjavesien **pH-arvot** vaihtelivat vuoden aikana pohjoispuolen putkilla välillä 5,6-6,7, tarkkailupisteellä KevG-101\* välillä 7,3-4,6. Tarkkailuputkilla KevG-14, KevG-30 ja KevG-40a pH-arvoissa on ollut havaittavissa keskimäärin 0,2-0,5 yksikköä laskua vuoden tuloksiin 2018 verrattaessa. Tarkkailuputkella KevG-40a trendi tasoittunut talven 2019/2020 aikana. (kuvat 4-2 ja 4-3)

Myös eteläpuolen putkilta pH-arvoissa on ollut havaittavissa yleinen laskeva trendi vuosien 2018 ja 2019 aikana, laskua on vuositasolla ollut keskimäärin 0,2-0,4 yksikköä, pois lukien tarkkailuputket KevG-15 ja KevG-32 joilla pitoisuudet ovat olleet tasaisia vuodesta 2016. Talven 2019/2020 aikana arvot ovat kumminkin tasoittuneet muillakin pisteillä ja trendit näyttäisivät tasaantuvan. Alueen pH-arvot vaihtelivat vuoden 2019 aikana välillä 5,2-6,9. Pienimmät pH-arvot 5,3-5,7 mitattiin altaan lounaiskulman putkilta KevG-15 ja -32, näillä putkilla pH-arvot ovat olleet tällä tasolla vuodesta 2016. Näiden tarkkailuputkien eteläpuolella ja sekä topografisesti alapuolella sijaitsevien lähdepisteiden KevG-42\* ja KevG-49\* pH-arvot ovat samansuuntaisia, joskin keskimääräisesti pH näillä pisteillä on hieman suurempi 6,0. (kuvat 4-2 ja 4-3)





**Kuva 4-2. Veden pH-arvot rikastushiekka-altaan pohjoispuolen havaintopisteillä (ylin kuvaaja) sekä eteläpuolen havaintopisteillä (keskimmäinen kuvaaja). Alimmassa kuvaajassa on esitetty pH-arvojen lineaariset trendit eteläpuolen havaintopisteiltä niiltä osin mistä on tuloksia vuoden 2018 alusta alkaen.**

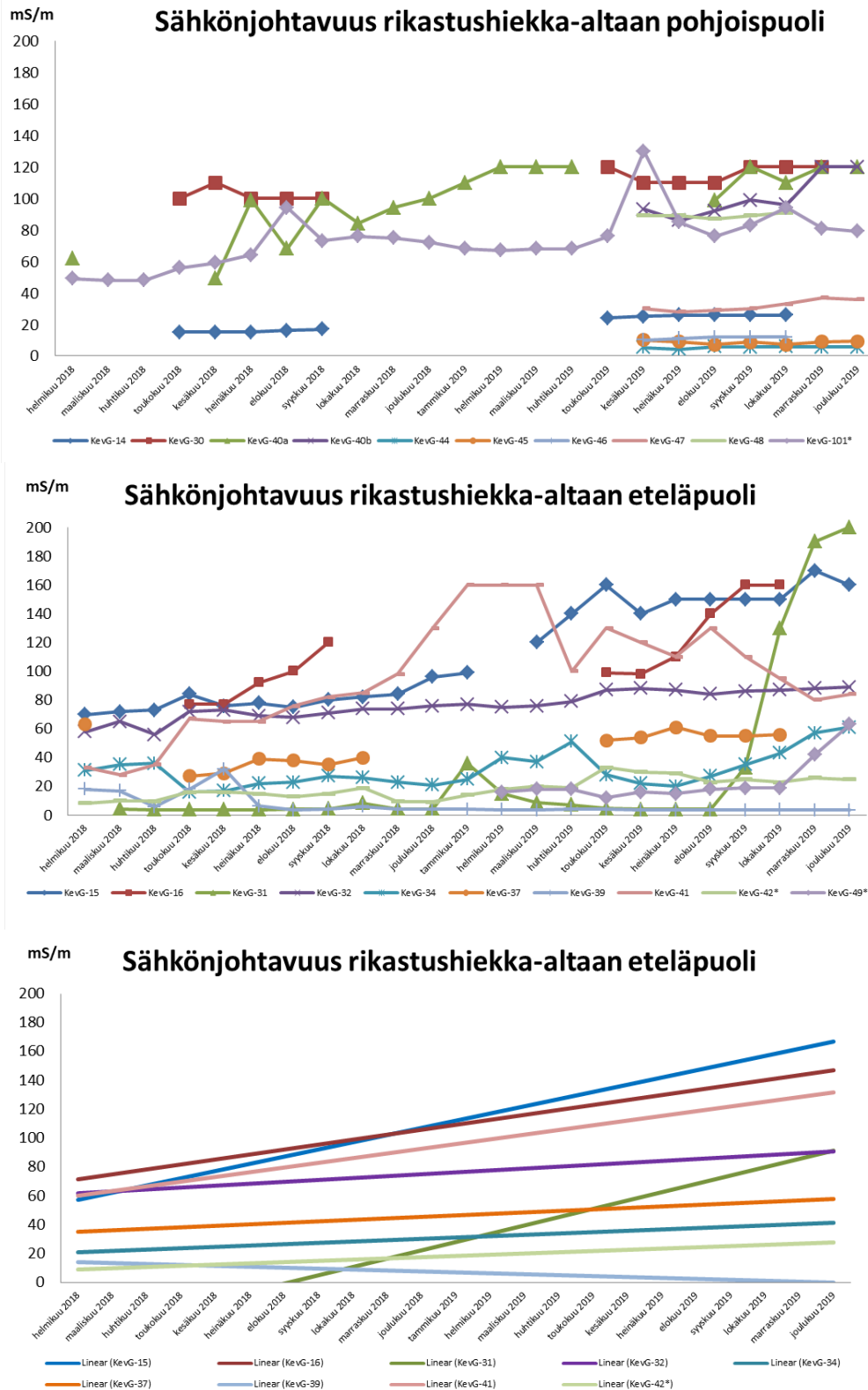


Kuva 4-3. Veden keskimääräiset pH-arvot tarkkailupisteittäin, isommat kartat liitteellä 2.

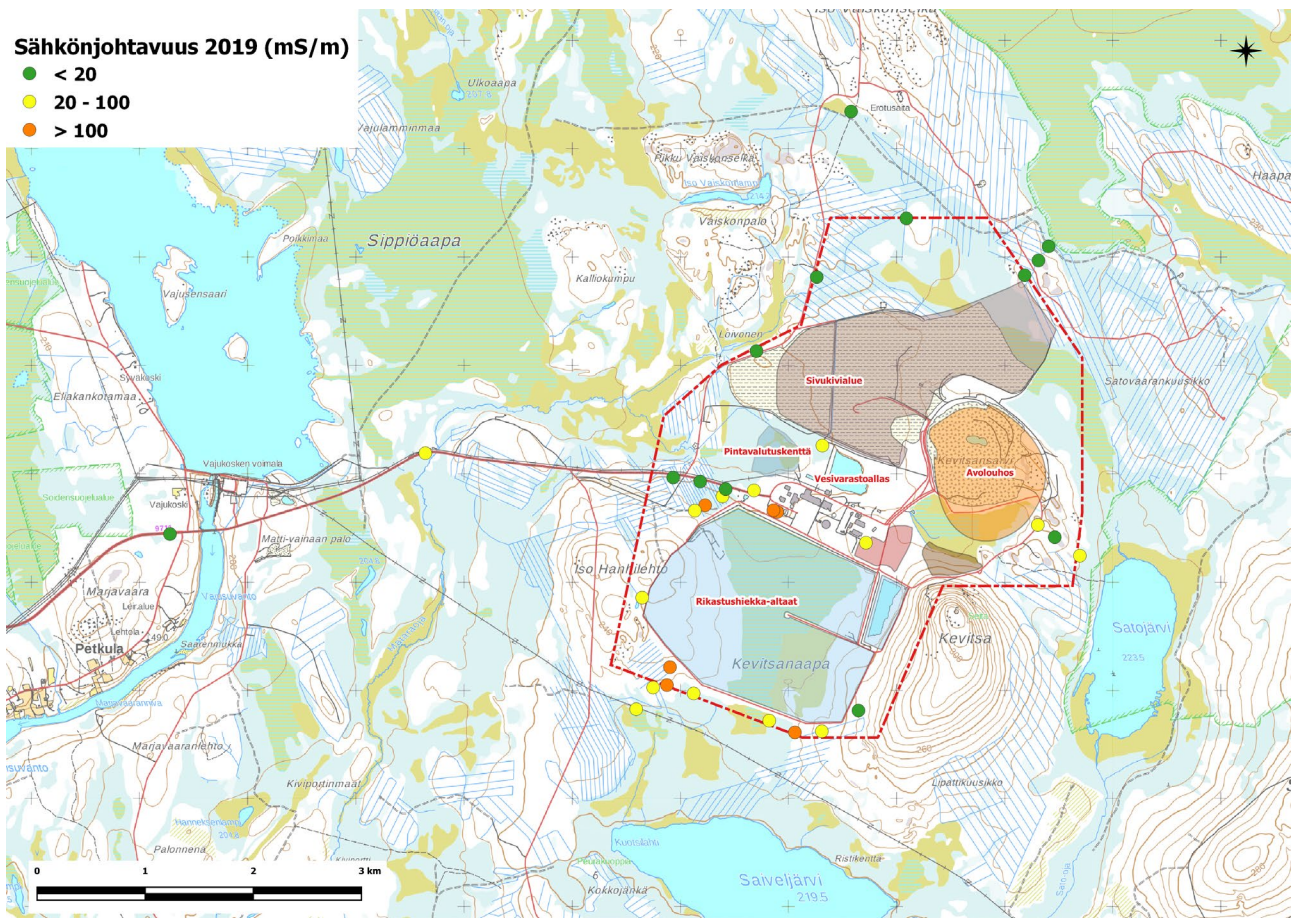
Pohjoispuolen tarkkailupisteiden **sähkönjohtavuuksissa** on ollut havaittavissa sähkönjohtavuuksien pieni nouseva pitkäaikaistrendi, kumminkin trendit näyttäisivät taittuneen syksystä 2019 lähtien ja pitoisuudet tasoittuneet. Sähkönjohtavuudet vaihtelivat vuonna 2019 pohjoispuolen tarkkailupisteillä välillä 4,3-130 mS/m. (kuvat 4-4 ja 4-5)

Alueen eteläpuolen putkilla johtavuudet vaihtelivat vuonna 2019 välillä 3,5-200 mS/m. Johtavuuksien pitkäaikaista nousevaa trendiä on havaittavissa pisteillä KevG-15, KevG-16, KevG-32, KevG-34 ja KevG-42\*, talven 2019/2020 tammi-helmikuun tulokset huomioiden nouseva trendi näyttäisi kuitenkin pysähtyneen pisteillä KevG-15, KevG-31 ja KevG-32 ja KevG-42\*. Pisteellä KevG-34 nouseva trendi näyttäisi vahvistuneen (johtavuus helmikuussa 2020 82 ms/m), kuten myös lähdepisteellä KevG-49\*. Lähteeltä näytteenotto on aloitettu helmikuussa 2019, jolloin sähkönjohtavuus oli 16 mS/m, kun helmikuussa 2020 johtavuus oli tasolla 75 mS/m.

Lokakuussa 2019 havaittiin tarkkailupisteen KevG-31 vedenlaadussa muutoksia, jotka kielivät lähelle läjitetyn rikastushiekan nopeasta vaikutuksesta pohjaveteen paikallisesti. Putkella johtavuuksien muutos syystalvella 2019 oli nopeaa, elokuusta joulukuuhun muutos oli 4→33→130→190→200 mS/m. Tammi-maaliskuussa 2020 mitattiin johtavuudet 200, 190 ja 200 mS/m, joten nouseva trendi näyttäisi pysähtyneen, mutta pitoisuudet eivät ole vielä lähteneet laskuun (kuvat 4-4 ja 4-5). Samankaltainen kehitys on havaittavissa myös muissa pitoisuuksissa mm. kloridi- ja sulfaattipitoisuuksissa (kuvat 4-6 ja 4-8).



**Kuva 4-4.** Veden sähkönjohtavuudet rikastushiekka-altaan pohjoispuolen havaintopisteillä (ylin kuvaaja) sekä eteläpuolen havaintopisteillä (keskimmäinen kuvaaja). Alimmassa kuvaajassa on esitetty myös lineaariset trendit eteläpuolen havaintopisteiltä niiltä osin mistä on tuloksia vuoden 2018 alusta alkaen. Tarkkailuputken KevG-31 suuri muutos syksyllä 2019 aiheuttaa trendiviivan suuren kulmakertoimen.



**Kuva 4-5. Veden keskimääräiset sähkönjohtavuudet tarkkailupisteittäin vuodelta 2019, isommat kartat liitteellä 2.**

Pohjavesiputkien näytteiden **kloridipitoisuudet** vaihtelivat pohjoispuolen tarkkailupisteillä vuonna 2019 välillä 1,2-280 mg/l. Yleensä alueen suurimmat ja muista putkista poikkeavat pitoisuudet (>250 mg/l) mitataan putkelta KevG-30. Vanhemmalla tarkkailuputkella KevG-14 kloridipitoisuudet pysyivät tasolla <2,0 mg/l vuoteen 2016 asti, vuoden 2016 lopussa keskipitoisuus oli 3,2 mg/l, 2017 9,9 mg/l, 2018 26,8 mg/l ja edelleen 2019 51,2 mg/l, pitoisuuksien suhteellinen muutos pisteellä on ollut huomattavaa viime vuosina. Alueellisesti korkeimmat kloridipitoisuudet näyttäisivät suuntautuvan rikastushiekka-altaan A luoteiskulmalta lounaaseen päin kohti putkia KevG-14, KevG-30 ja KevG-48, näillä putkilla pitoisuudet yli 50 mg/l. Sen sijaan uusilla luoteen suuntaan asennetuilla putkilla (KevG-44-47) pitoisuudet ovat yleisesti alle 10 mg/l. Lähimpänä altaita ja samalla keskellä toimintoja sijaitsevilla pisteillä KevG-40a ja -b sekä murskan pohjalta KevG-101\* kloridi on havaittu vaihtelevasti 24-160 mg/l viime vuosina, pitoisuuksissa on havaittavissa pientä suhteellista nousua. (kuvat 4-6 ja 4-7)

Rikastushiekka-alueen eteläpuolen tarkkailupisteillä kloridipitoisuudet vaihtelivat välillä 0,9-420 mg/l. Suurin muutos vuonna 2019 havaittiin putkelta KevG-31. Pitoisuuksien kehitys elokuusta joulukuuhun 2019 oli 2,4→87→340→420→400 mg/l. Tammi-maaliskuussa 2020 pitoisuudet olivat 400, 410 ja 370 mg/l, joten nouseva trendi on taittunut ja pitoisuus asettunut uudelle tasolle n. 410 mg/l. Uusi taso on selvästi korkeampi kuin rikastushiekka-altaan A suotovesien keskimääräiset tasot 213 ja 259 mg/l. Todennäköisesti rikastushiekkan läjityksen yhteydessä altaan alla olevan kallioperän siirroksen kautta vesi on suotautunut nopeammin tarkkailuputken läheisyyteen. Sisäisten vesipäästöjen pisteen KevP-8, joka luonnehtii rikastushiekka-altaan A pitoisuuksia, keskimääräinen kloridipitoisuus oli vuonna 2019 433 mg/l. (kuvat 4-6 ja 4-7)

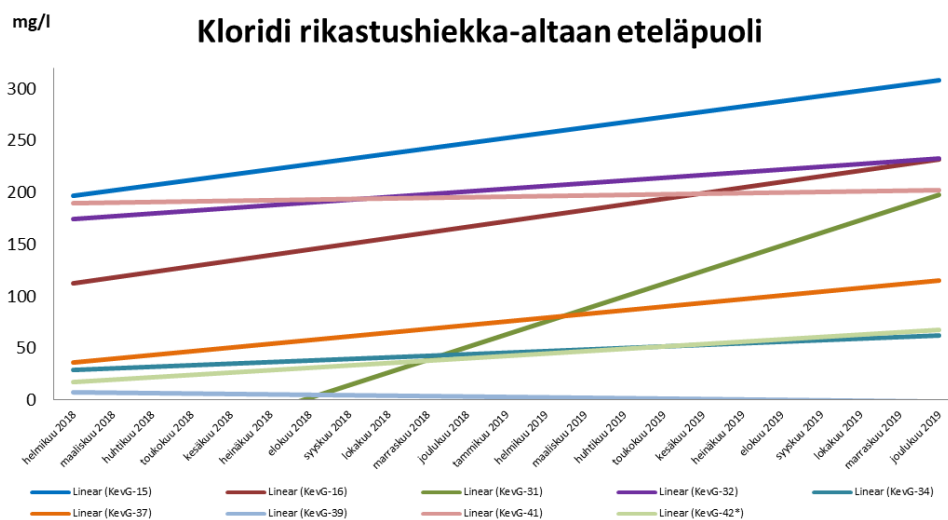
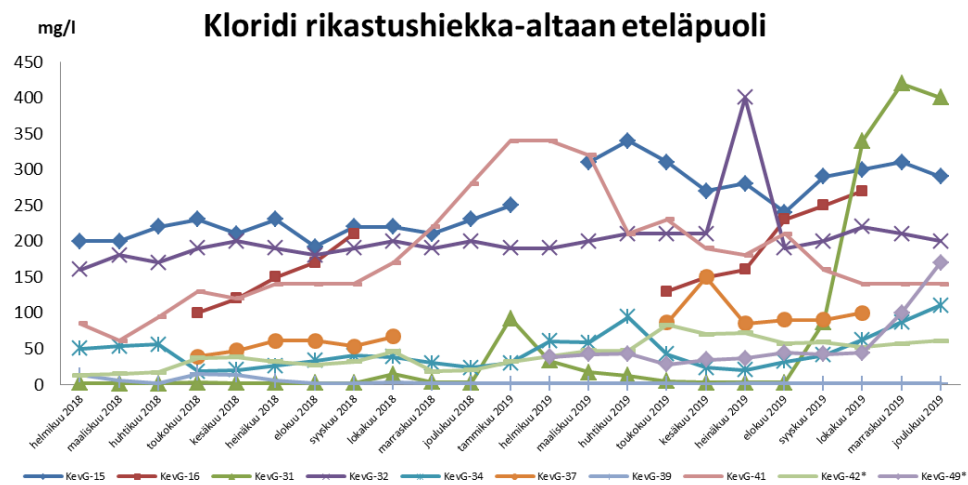
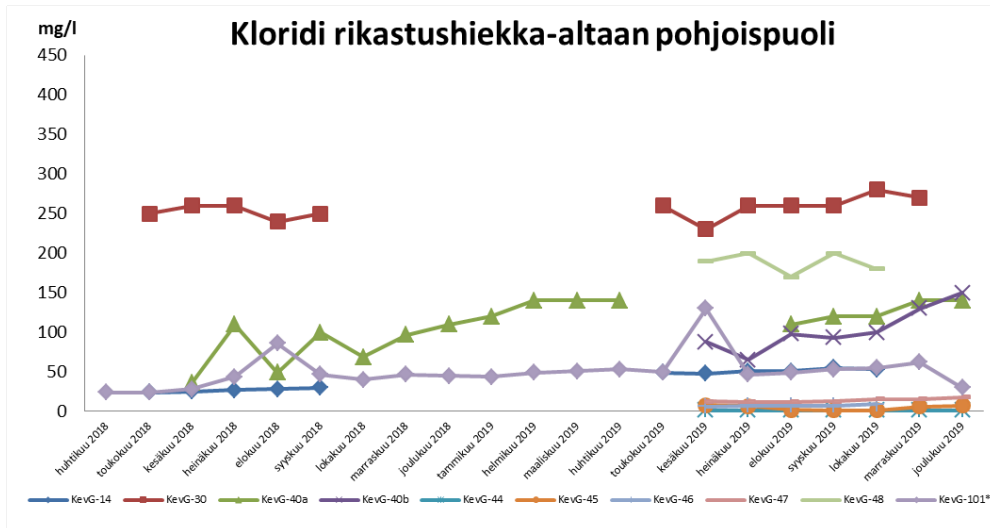
Havaintopisteeltä KevG-15 kloridipitoisuudet ovat nousseet vuodesta 2016 tasaisesti n.50-70 mg/l vuodessa, loppuvuodesta 2019 oltiin pitoisuuksissa 290-310 mg/l ja edelleen tammi-maaliskuussa 2020 mitattiin pitoisuudet 310-340 mg/l. Vuoden suurin pitoisuus 340 mg/l mitattiin huhtikuussa, josta pitoisuudet laskivat elokuuhun mennessä tasolle 240 mg/l, syyskuusta eteenpäin pitoisuudet ovat olleet >290 mg/l. Lähempänä altaita sijaitsevalla putkella KevG-41 kloridipitoisuudet nousivat helmikuuhun 2019 mennessä tasolle 340 mg/l, mistä pitoisuudet lähtivät laskuun. Loppuvuodesta 2019 pitoisuudet olivat tasolla 140 mg/l, tammi-maaliskuussa 2020 mitattiin pitoisuudet 150, 180 ja 200 mg/l. Myös näille pisteille rikastushiekkan läjityksen läheisyys näyttäisi aiheuttavan nopeita muutoksia. (kuvat 4-6 ja 4-7)

Edellä mainittujen putkien KevG-15 ja KevG-41 lounais-eteläpuolella sijaitsevalla lähdepisteellä (KevG-42) havaittiin kloridipitoisuuksien nousseen pitoisuuteen 83 mg/l toukokuussa. Pitoisuudet olivat yli kaksinkertaisia vuoden 2018 toukokuuhun 37 mg/l verrattaessa. Pitoisuudet lähtivät laskuun heti kesäkuussa ja olivat loppuvuodesta tasolla 57-61 mg/l (kuvat 4-6 ja 4-7). Lasku näyttäisi jatkuneen tammi-maaliskuussa 2020, tulokset olivat 55, 47 ja 43 mg/l.

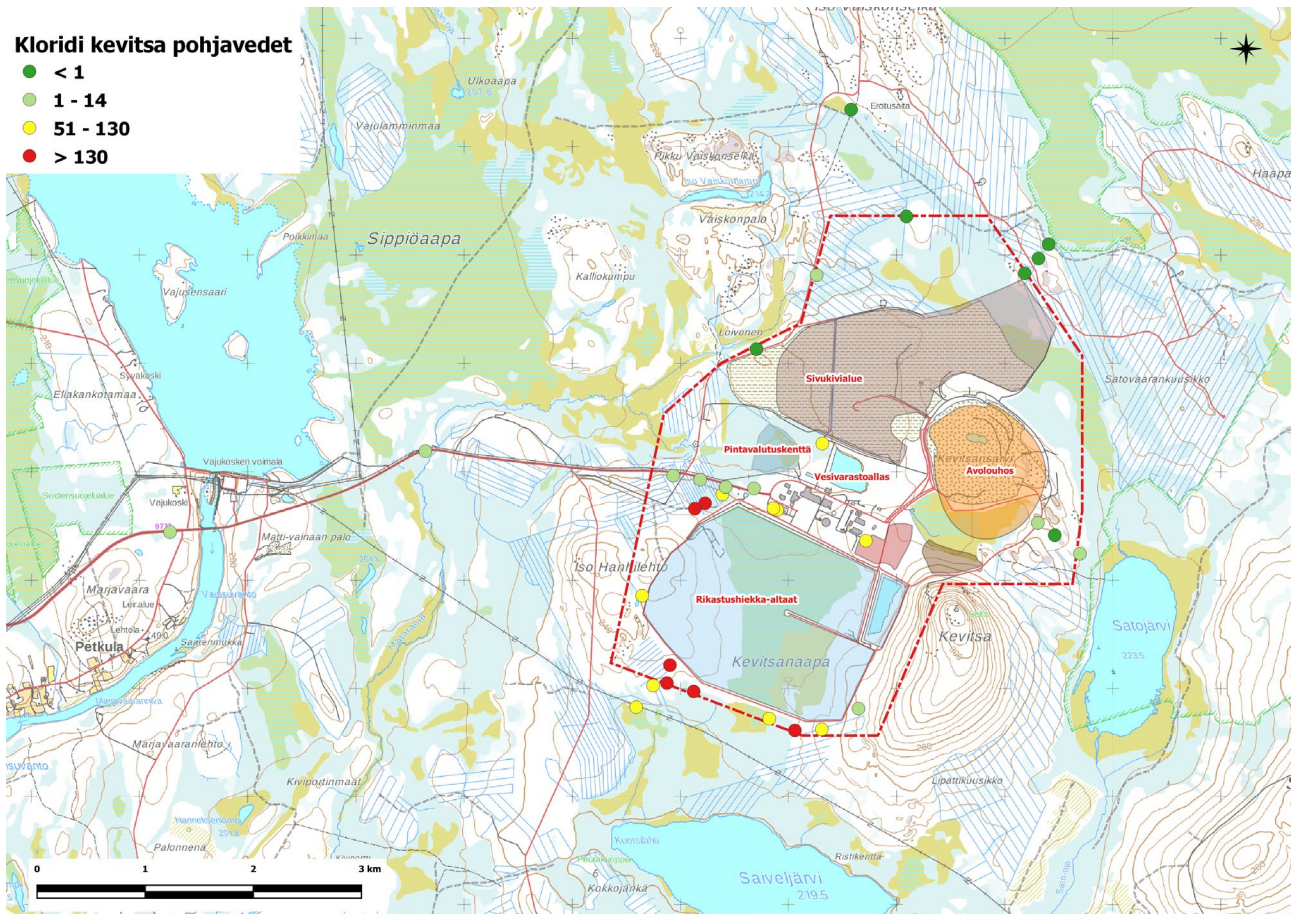
Putkien KevG-15 ja KevG-41 itäpuolella sijaitsevalla putkelta KevG-32 mitattiin heinäkuussa 2019 kloridipitoisuus 400 mg/l, joka oli kaksinkertainen putken normaalitasoon (n. 200 mg/l) verrattaessa. Heinäkuun tulos ei todennäköisesti ole todellinen, koska muissa parametreissa ei muutoksia havaittu. Elokuun -19 ja helmikuun 20 välisen ajan pitoisuudet ovat olleet tavanomaisia (190-220 mg/l). (kuvat 4-6 ja 4-7)

Rikastushiekka-alueen etelä-kaakkoispuolella sijaitsevilla putkilla (KevG-16 ja KevG-37) on havaittavissa suhteellisesti yhtä suuri, joskin tasoiltaan pienempi pitoisuuksien nouseva pitkäaikaistrendi kuin lounaispuolen putkilla. Putkella KevG-16 pitoisuudet nousivat läpi kesän 2019, kehityksen ollessa toukokuusta lokakuuhun 130→150→160→230→250→270 mg/l. Pisteellä KevG-37 mitattiin kesäkuussa yksittäinen pitoisuus 150 mg/l, joka laski heti heinäkuussa pitoisuuteen 85 mg/l, elo-lokakuun pitoisuudet ovat olleet 90→90→100 mg/l. Edellä mainitut putket sijaitsevat suolla ja jäätyvät maan routuessa, joten marraskuusta lähtien kyseisiltä putkilta ei ole saatu näytteitä. (kuvat 4-6 ja 4-7)

Putkella KevG-34 pitoisuudet olivat laskussa kesällä 2019, kunnes lähtivät nousuun elokuussa. Pitoisuuksien kehitys heinäkuusta joulukuuhun 2019 oli 20→32→41→62→87→110 mg/l. Tammi-maaliskuussa 2020 pitoisuudet olivat edelleen nousussa, kehityksen ollessa 110→150→160 mg/l. Rikastushiekka-alueen itäpuolella sijaitsevilla putkella KevG-39 pitoisuudet olivat sen sijaan pieniä (0,8-1,5 mg/l) läpi vuoden. (kuvat 4-6 ja 4-7)



**Kuva 4-6. Veden kloridipitoisuudet rikastushiekka-altaan pohjoispuolen havaintopisteillä (ylin kuvaaja) sekä eteläpuolen havaintopisteillä (keskimmäinen kuvaaja). Alimmassa kuvaajassa on esitetty myös lineaariset trendit eteläpuolen havaintopisteiltä niiltä osin mistä on tuloksia vuoden 2018 alusta alkaen. Tarkkailuputken KevG-31 suuri muutos syksyllä 2019 aiheuttaa trendiviivan suuren kulmakertoimen.**



**Kuva 4-7. Veden keskimääräiset kloridipitoisuudet tarkkailupisteittäin vuodelta 2019, isommat kartat liitteellä 2.**

Rikastushiekka-alueen pohjoispuolen havaintoputkien näytteiden **sulfaattipitoisuudet** vaihtelivat vuonna 2019 välillä 7,1-400 mg/l. Muista tarkkailupisteistä huomattavasti korkeammat pitoisuudet (280-400 mg/l) mitattiin vierekkäisiltä putkilta KevG-40a ja -40b, ja pitoisuudet kyseisillä putkilla ovat nousussa. Myös altaan luoteiskulmalta lounaaseen sijaitsevilla, talvisin jäässä olevalta tarkkailuputkella KevG-30 ja uudella putkella KevG-48 pitoisuudet ovat nousussa, pitoisuuksien ollessa 72-120 mg/l. Sen sijaan saman suunnan vanhalla putkella KevG-14 sulfaattipitoisuudet ovat olleet tasaisesti <10 mg/l viime vuodet. Havaintopaikan KevG-101\* sulfaattipitoisuudet olivat vuoden aikana välillä 120-340 mg/l. Pitoisuuksissa on havaittavissa pienen nousevaa trendiä vuodesta 2017, vaikkakin pitoisuudet vaihtelevat runsaasti kierrosten välillä. Suurimmat pitoisuudet mitataan yleisesti kesäisin, jolloin alueen hulevedet pääsevät imeytymään suoraan maaperään. (kuvat 4-8 ja 4-9)

Eteläpuolen havaintoputkella KevG-15 sulfaattipitoisuuksien havaittiin huhti-toukokuussa -19 nousseen huomattavasti edellisistä tuloksista. Elokuusta joulukuuhun 2019 pitoisuuksien kehitys on ollut 210→270→310→360→320 mg/l, kun tammi-maaliskuussa 2020 pitoisuudet ovat olleet tasaisesti 340 mg/l. Suurin nousu näyttäisi taittuneen, mutta muutos vuodenvaihteeseen 2018/2019 pitoisuuksiin 63-67 mg/l on huomattava. Samankaltainen nouseva trendi oli havaittavissa viereisellä, lähempänä rikastushiekka-allasta A sijaitsevalla putkella KevG-41 syyskuuhun 2019 asti. Loppuvuodesta 2019 pitoisuudet laskivat, mutta kääntyivät uudelleen nousuun vuodenvaihteessa 2020 laskien jälleen maaliskuussa. Kehitys on ollut elokuun 2019 ja maaliskuun 2020 välillä 300→260→220→160→160→200→220→170 mg/l. (kuvat 4-8 ja 4-9)

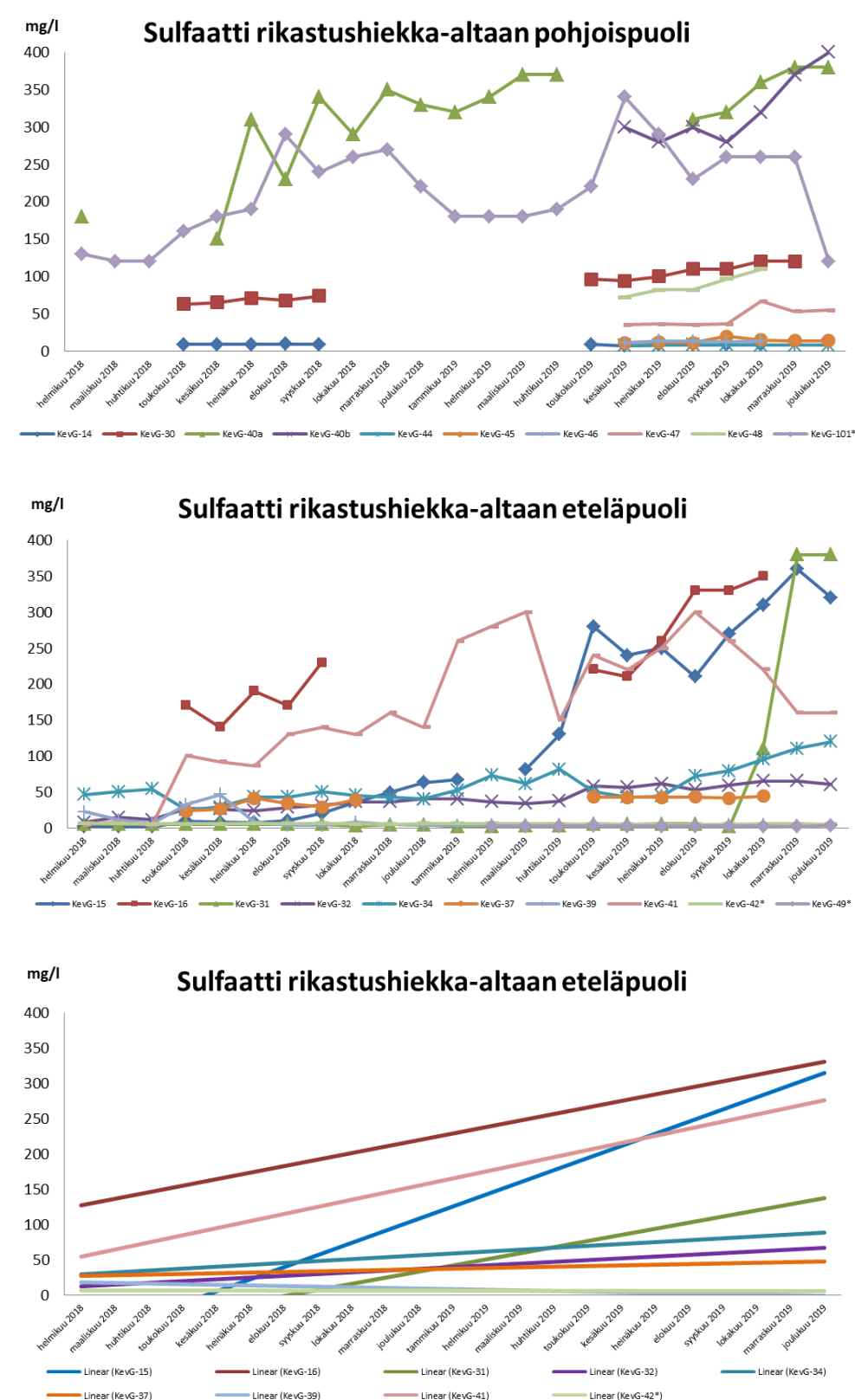
Myös putken KevG-15 lähellä olevassa putkessa KevG-32 on havaittavissa samankaltainen sulfaattipitoisuuksien muutos edellisvuoteen verrattuna, joskin pitoisuudet ovat murto-osan KevG-15 pitoisuuksista. Vuodenvaihteessa, marras-helmikuussa 19/20 pitoisuudet olivat välillä 65-86 mg/l, kun ne edellisvuonna olivat samalla aikajaksolla välillä 36-40 mg/l. Sen sijaan edellä mainittujen pisteiden etelä-/alapuolella sijaitsevalta tarkkailupisteeltä KevG-42\* sulfaattipitoisuuksissa ei ole ollut havaittavissa muutoksia, pitoisuudet olivat vuonna 2019 välillä 4,4-5,9 mg/l. (kuvat 4-8 ja 4-9)

Suurin ja nopein muutos vuonna 2019 sulfaattipitoisuuksissa havaittiin putkella KevG-31. Syyskuussa 2019 putkella mitattiin vielä sulfaattipitoisuus 2 mg/l, mutta lokakuussa se oli noussut arvoon 110 mg/l. Pitoisuudet nousivat edelleen joulukuussa tasolle 380 mg/l, missä ovat pysytelleet myös tammi-maaliskuun 2020 (370-400 mg/l). Muutoksen taustalta on todennäköisesti rikastushiekan läjityksestä aiheutuvat muutokset paikalliseen pohjaveteen. Vuonna 2019 rikastushiekka-altaan suotovesien sulfaattipitoisuudet vaihtelivat välillä 150-600 mg/l ja altaan veden pitoisuudet välillä 420-870 mg/l. (kuvat 4-8 ja 4-9)

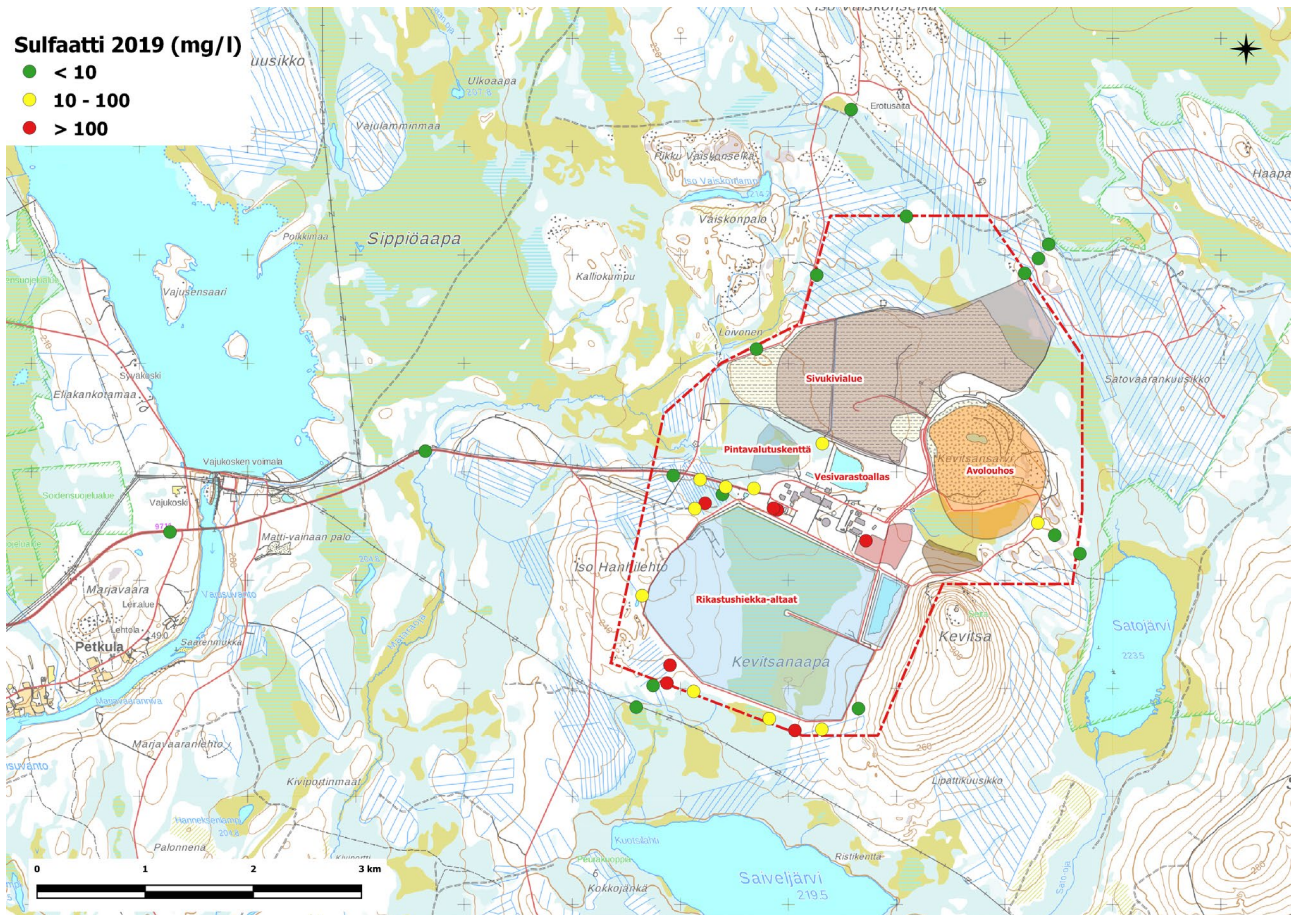
Altaan kaakkoislaidan putkilta sulfaattia on havaittu >100 mg/l putkelta KevG-16 vuodesta 2017 lähtien. Vuonna -19 pitoisuudet ovat olleet >200 mg/l ja elokuusta lähtien >300 mg/l. Lokakuussa 2019 putkelta mitattiin pitoisuus 350 mg/l ja trendi näyttäisi olevan nouseva. Putki sijaitsee vetisellä suolla ja putki on ollut jäässä marraskuusta lähtien, minkä vuoksi näytteitä ei ole saatu talvella. (kuvat 4-8 ja 4-9)

Nouseva kehitys on havaittavissa myös em. putken itäpuolella sijaitsevalla putkella KevG-34. Elokuusta 2019 lähtien pitoisuuksien kehitys on ollut 72→79→95→110→120→120→180 mg/l. Samalla suolla sijaitsevalta putkelta KevG-37 pitoisuudet ovat sen sijaan pysytelleet tasolla n. 40 mg/l läpi vuoden, joskin putki on ollut jäässä marraskuusta lähtien. Edellä mainittujen pisteiden itäpuolella, sekä ylempänä sijaitsevalta putkelta KevG-39 sulfaattia havaitaan yleisesti vain muutamia yksiköitä. (kuvat 4-8 ja 4-9)



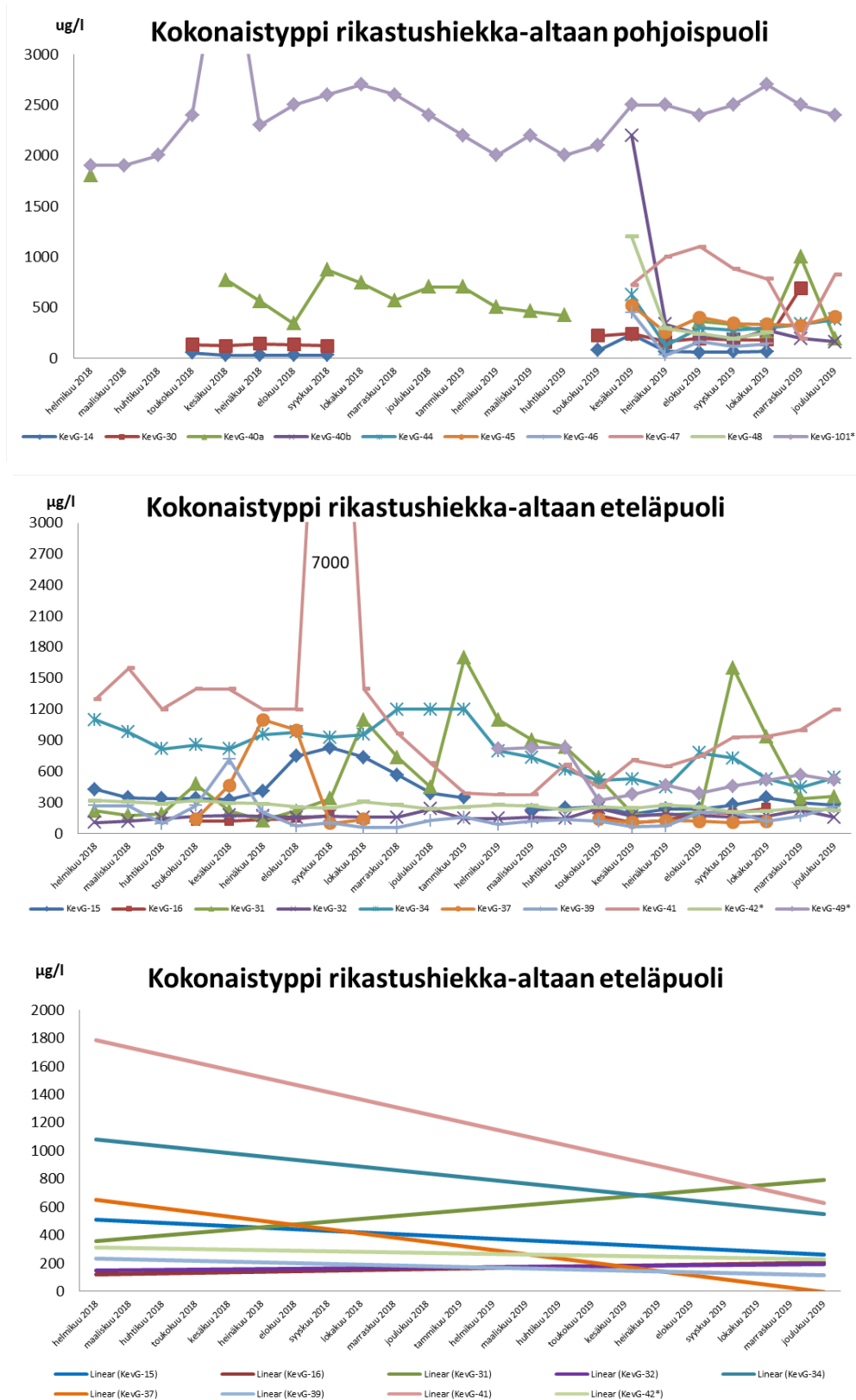


Kuva 4-8. Veden sulfaattipitoisuudet rikastushiekka-altaan pohjoispuolen havaintopisteillä (ylin kuvaaja) sekä eteläpuolen havaintopisteillä (keskimmäinen kuvaaja). Alimmassa kuvaajassa on esitetty myös lineaariset trendit eteläpuolen havaintopisteiltä niiltä osin mistä on tuloksia vuoden 2018 alusta alkaen. Tarkkailuputken KevG-31 suuri muutos syksyllä 2019 aiheuttaa trendiviivan suuren kulmakertoimen.

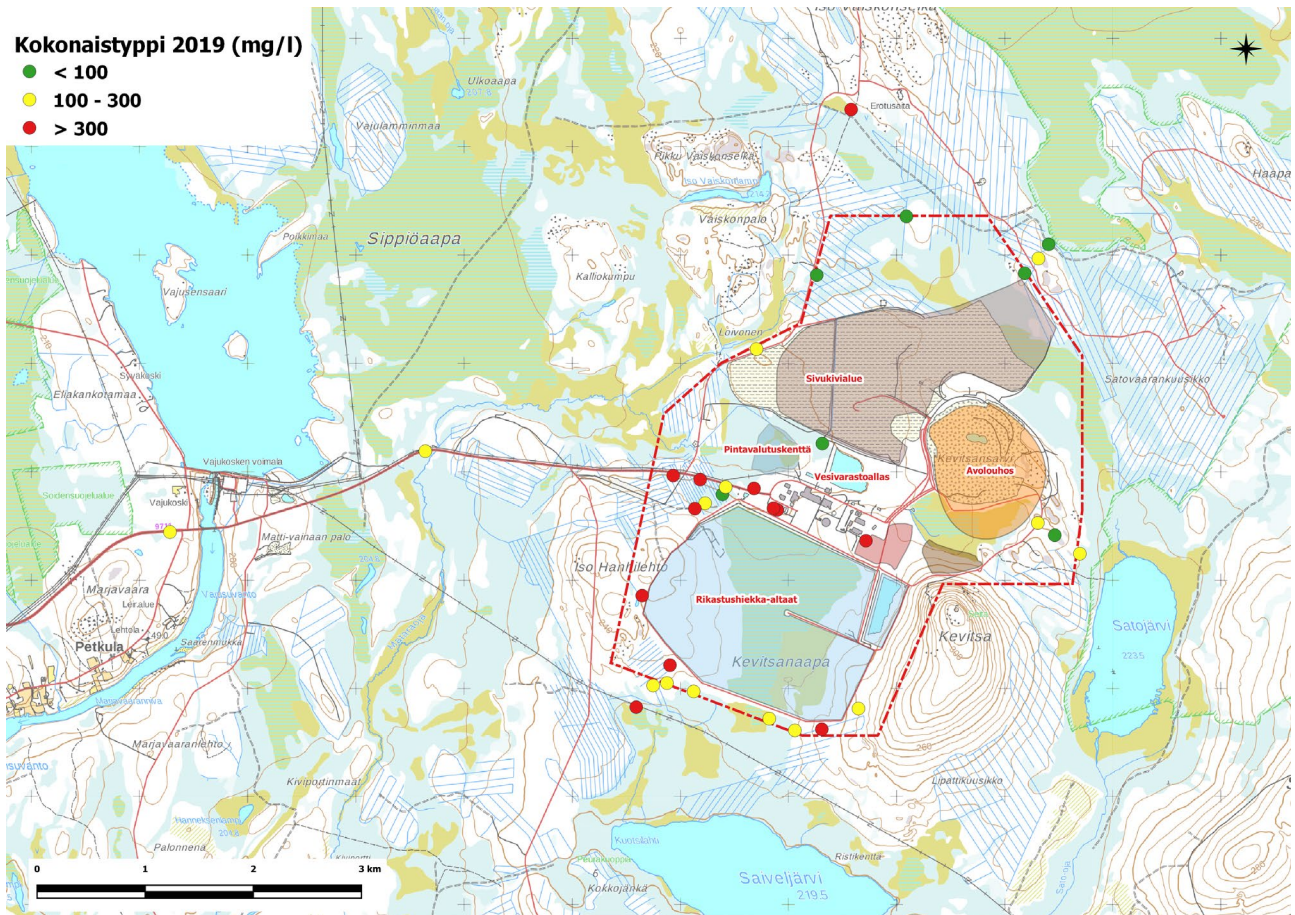


**Kuva 4-9. Veden keskimääräiset sulfaattipitoisuudet tarkkailupisteittäin vuodelta 2019, isommat kartat liitteellä 2.**

**Kokonaistyyppipitoisuudet** vaihtelivat rikastushiekka-altaan ympäristön pohjavesiputkilla vuoden aikana välillä <math>< 50</math> (määritysraja)–2700  $\mu\text{g/l}$ . Suurimmat pitoisuudet (2000–2700  $\mu\text{g/l}$ ) mitattiin edellisvuosien tapaan havaintopaikalta KevG-101\*. Pitoisuudet olivat pääosin tavanomaisia ja yleisesti tyyppipitoisuuksissa on havaittavissa laskeva trendi. Tarkkailuputken KevG-31 poikkeavat havainnot syksyltä 2019 käänsivät trendiä nousuun. Tyyppi esiintyi näytteissä pääosin nitraattityypinä ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ). (kuvat 4-8 ja 4-9)



**Kuva 4-10. Veden kokonaistyyppipitoisuudet rikastushiekka-altaan pohjoispuolen havaintopisteillä (ylin kuvaaja) sekä eteläpuolen havaintopisteillä (keskimmäinen kuvaaja). Alimmassa kuvaajassa on esitetty myös lineaariset trendit eteläpuolen havaintopisteiltä niiltä osin mistä on tuloksia vuoden 2018 alusta alkaen.**



**Kuva 4-10. Veden keskimääräiset kokonaistyyppipitoisuudet tarkkailupisteittäin vuodelta 2019, isommat kartat liitteellä 2.**

Suomessa pora- ja rengaskaivojen keskimääräiset **nikkelipitoisuudet** vaihtelevat välillä 1,8-3,3 µg/l. Kevitsan alueella luontaiset nikkelipitoisuudet ovat kuitenkin korkeampia alueen malmion vuoksi.

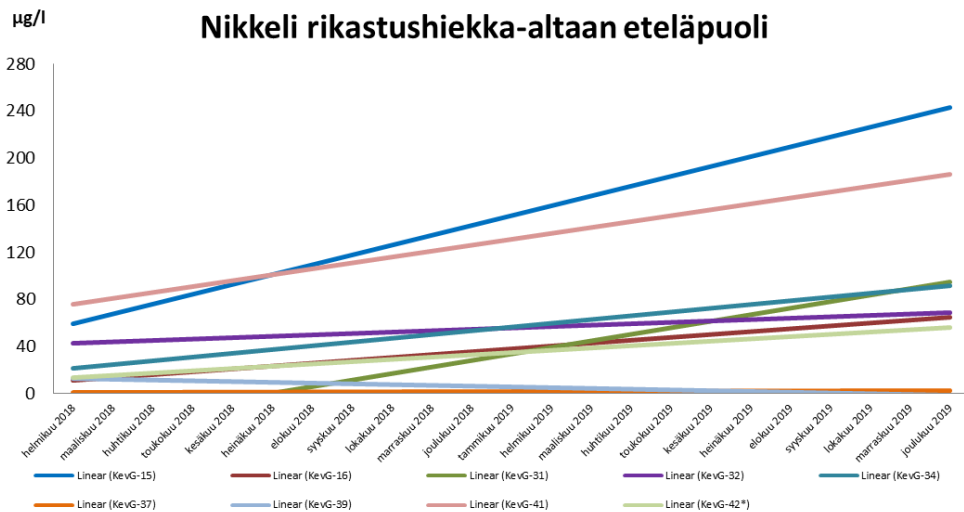
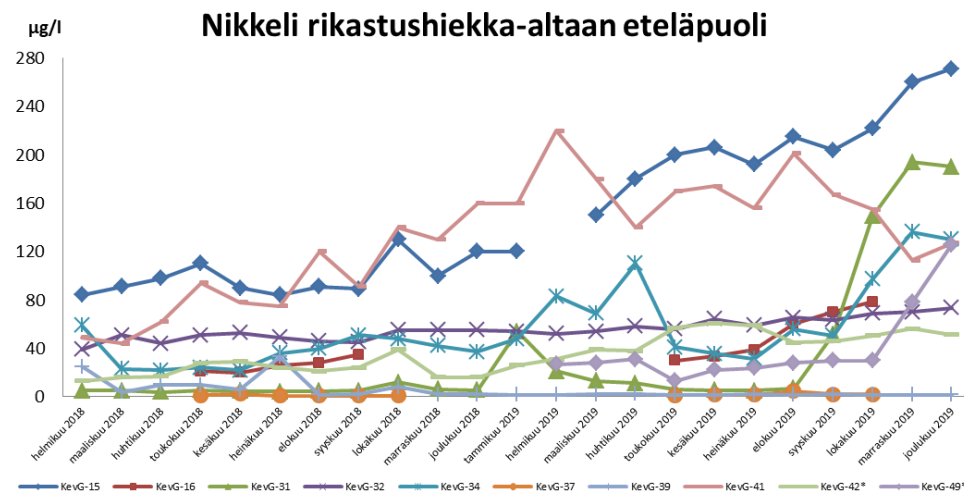
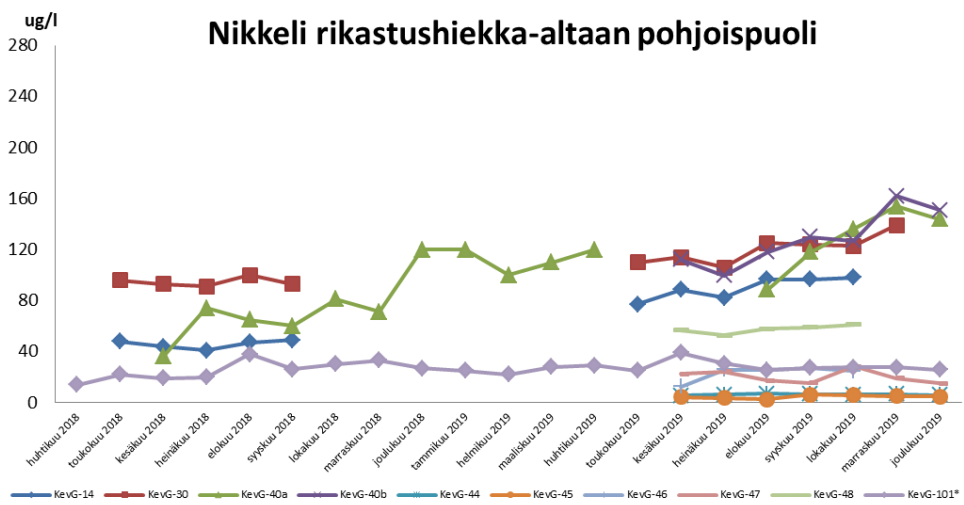
Vuonna 2019 rikastushiekka-aldaiden pohjoispuolen tarkkailupisteillä nikkelipitoisuudet vaihtelivat välillä 2,6-162 µg/l. Suurimmat pitoisuudet (88-162 µg/l) mitattiin lähimpänä rikastushiekka-allasta pohjoisreunalla sijaitsevilta putkilta KevG-40a ja KevG-40b, sekä luoteiskulman putkelta KevG-30 (106-139 µg/l). Kyseisillä putkilla pitoisuudet ovat nousussa. Myös putkella KevG-14 pitoisuudet ovat nousussa, sillä pitoisuudet kaksinkertaistuivat vuodesta 2018. Vuoden 2018 keskimääräinen pitoisuus oli 46 µg/l ja vuonna 2019 90 µg/l. Muilla pohjoispuolen tarkkailupisteillä nikkelipitoisuudet olivat tavanomaisia, vaihdellen välillä 2,6-61 µg/l. (kuvat 4-11 ja 4-12)

Rikastushiekka-aldaiden eteläpuolen putkilta suurimmat nikkelipitoisuudet havaittiin vuoden aikana putkelta KevG-15 (120-271 µg/l). Nikkelipitoisuudet nousivat putkella KevG-31 vuoden 2019 aikana. Nikkelipitoisuuden kehitys elokuusta joulukuuhun 2019 oli 215→204→222→260→271 µg/l. Alkuvuodesta 2020 pitoisuudet ovat olleet 240, 240 ja 250 µg/l, joten nouseva trendi näyttäisi pysähtyneen tälle tasolle, mikä on suurin piirtein sama kuin rikastushiekka-altaan suotovesistä on havaittu. Viereisellä, lähempänä altaita sijaitsevalla tarkkailupisteellä KevG-41 vastaava kehitys on ollut elokuusta joulukuuhun 2019 201→167→155→113→127 µg/l ja tammi-maaliskuussa 2020 pitoisuudet olivat 137→150→140 µg/l. Viereisellä tarkkailuputkella KevG-32 pitoisuudet ovat myös nousussa, mutta pitoisuudet maltillisempia. Loppuvuodesta 2019 pitoisuudet pisteellä KevG-32 olivat 69-74 µg/l. (kuvat 4-11 ja 4-12)

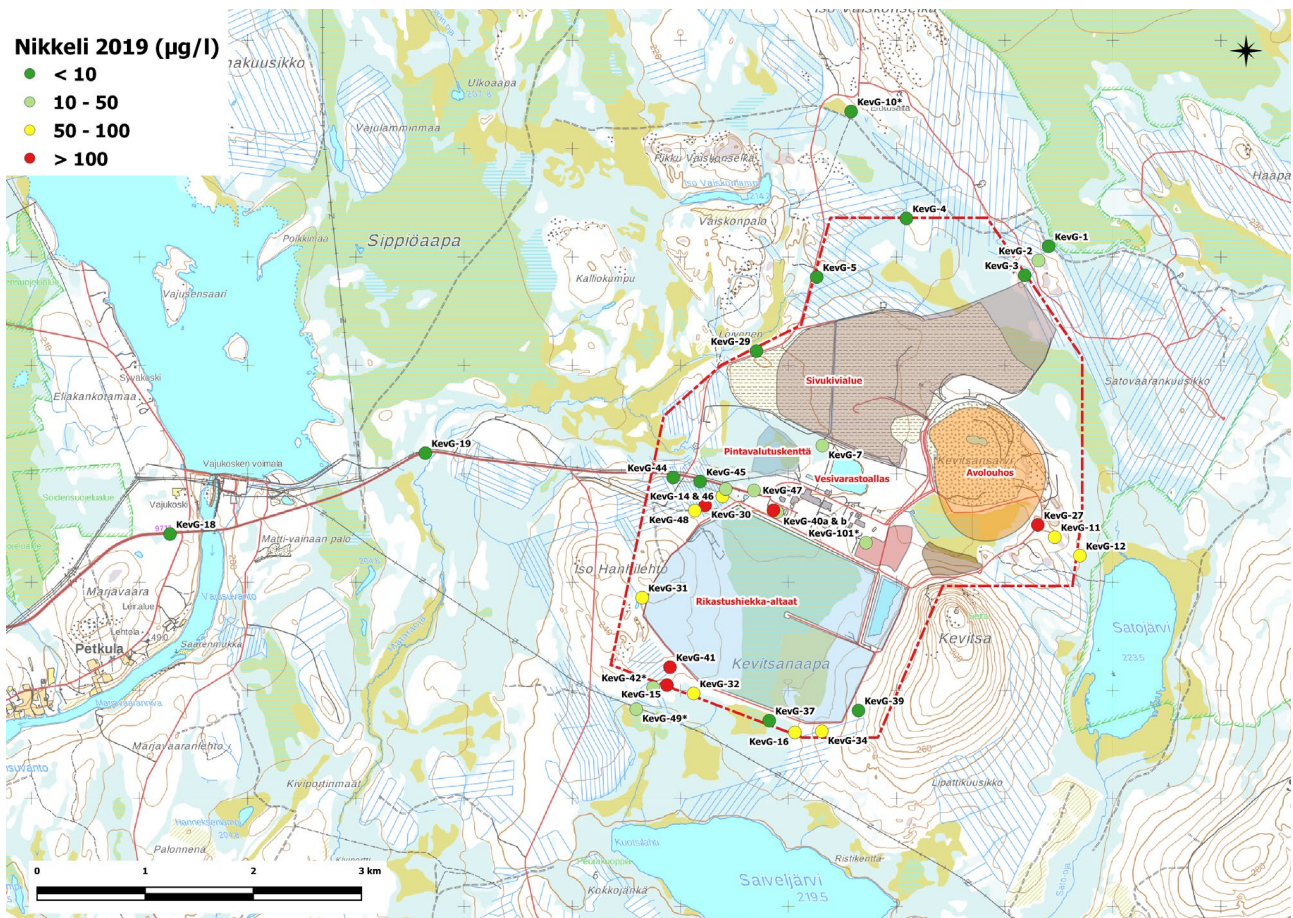
Loppuvuodesta 2019 havaittiin nikkelpitoisuuksien nousevan myös altaan kaakkoispuolella sijaitsevalla pisteellä KevG-34 sekä lounaispuolen lähdepisteillä. Putkella KevG-34 ja pisteellä KevG-49\* trendit ovat edelleen nousevia. Putkella KevG-34 pitoisuuskehitys elokuusta 2019 maaliskuuhun 2020 on ollut 56→51→97→136→130→145→170→200 µg/l ja lähteellä KevG-49\* 28→30→30→78→126→150→170 µg/l. Sen sijaan pisteen KevG-49\* alapuolella sijaitsevalla lähdepisteellä KevG-42\* pitoisuudet ovat lähteneet laskuun. Elokuusta 2019 maaliskuuhun 2020 kehitys on ollut 45→46→51→56→51→49→40→37 µg/l. (kuvat 4-11 ja 4-12)

Suurin suhteellinen muutos vuoden 2019 nikkelpitoisuuksissa, kuten muissakin parametreissa havaittiin putkelta KevG-31. Touko-elokuussa 2019 nikkelpitoisuuksissa oltiin tasolla 5-7 µg/l, kunnes syyskuussa mitattiin pitoisuus 52 µg/l ja edelleen lokakuussa 149 µg/l. Marraskuussa putki oli jäässä, mutta se saatiin sulatettua. Joulukuun alussa nikkeliä havaittiin 194 µg/l ja pari viikkoa myöhemmin 190 µg/l. Vuoden 2020 tammi-maaliskuussa on mitattu pitoisuudet 199, 190 ja 210 µg/l, joten pieni nouseva trendi näyttäisi jatkuvan. (kuvat 4-11 ja 4-12)

Tarkkailuputkilla KevG-37 ja KevG-39 nikkelpitoisuudet ovat pysytelleet pieninä <5 µg/l, joskin putkelta KevG-37 ei ole saatu näytettä lokakuun jälkeen. Myös jäässä olevalla tarkkailuputkella KevG-16 pitoisuudet lähtivät nousuun elokuussa, heinä-lokakuussa pitoisuuksien kehitys oli 38→60→70→79 µg/l.



**Kuva 4-11. Veden kokonaisnikkelipitoisuudet rikastushiekka-altaan pohjoispuolen havaintopisteillä (ylin kuvaaja) sekä eteläpuolen havaintopisteillä (keskimmäinen kuvaaja). Alimmassa kuvaajassa on esitetty myös lineaariset trendit eteläpuolen havaintopisteiltä niiltä osin mistä on tuloksia vuoden 2018 alusta alkaen.**



**Kuva 4-12. Veden keskimääräiset kokonaisnikkelipitoisuudet tarkkailupisteittäin vuodelta 2019, isommat kartat liitteellä 2.**

Kevitsaan malmioon liittyvät **kobolttipitoisuudet** ovat luonnostaan kaivoksen läheisyydessä taustapitoisuuksia korkeampia. Suomalaisen kaivojen keskimääräiset kobolttipitoisuudet pora- ja rengaskaivoissa ovat 0,42 ja 0,77 µg/l (tuhannen kaivon tutkimus; Lahermo ym. 2002). Vuonna 2019 rikastushiekka-altaan pohjoispuolen havaintopisteillä pitoisuudet vaihtelivat välillä 0,3-30 µg/l. Yli 20 µg/l pitoisuuksia mitattiin vuoden aikana tarkkailuputkilta KevG-30, KevG-40a ja -40b. Näillä pisteillä on myös havaittavissa nousevaa trendiä, joka näyttäisi putkien KevG-40a ja -40b osalta hieman voimistuneen alkuvuodesta 2020. Muilla tarkkailupisteillä kobolttipitoisuudet olivat tavanomaisia. Muista tarkkailupisteistä poiketen pisteellä KevG-101\* kobolttipitoisuudet ovat hyvin pieniä, yleisesti alle 0,3 µg/l. (kuva 4-13)

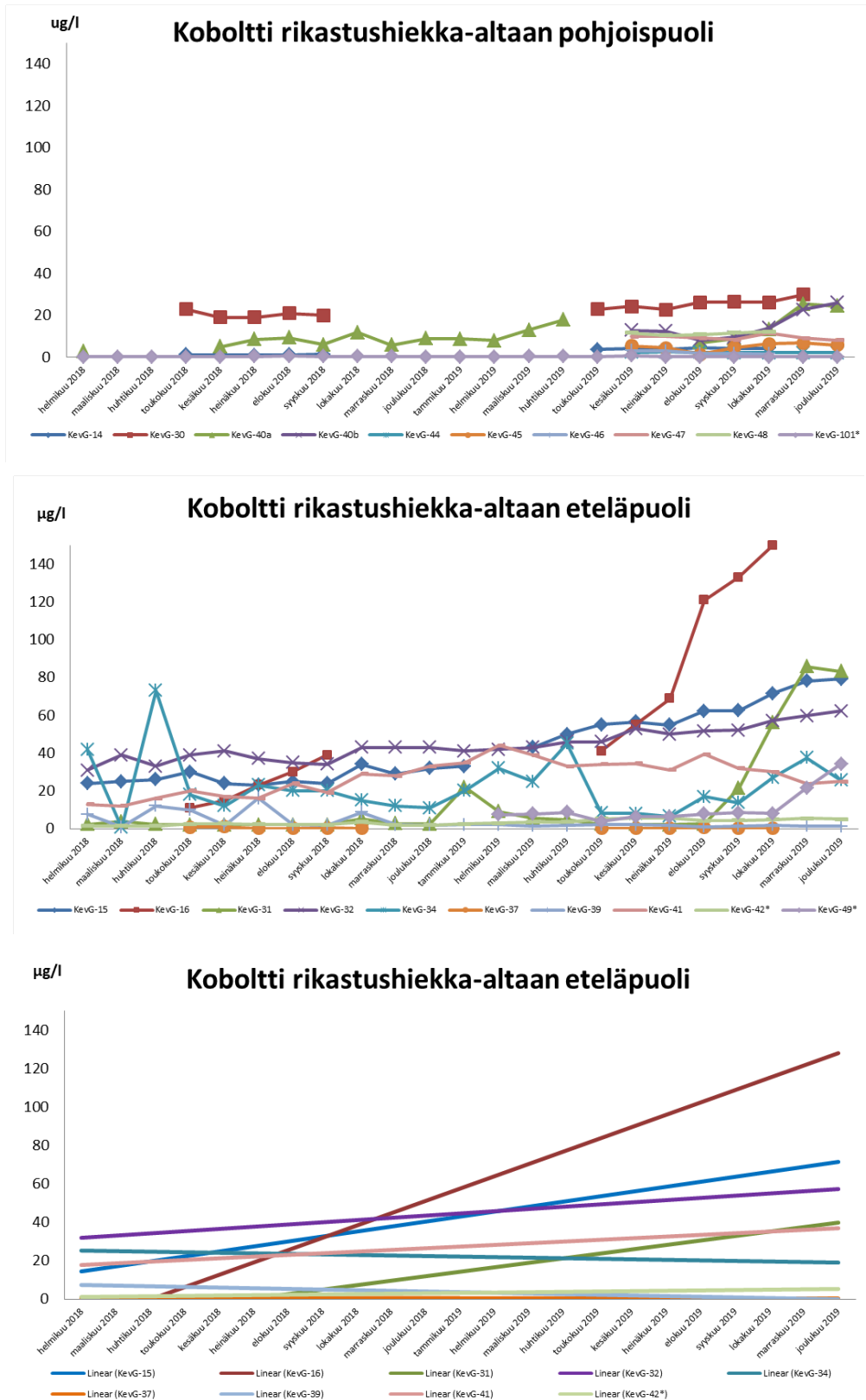
Eteläpuolen tarkkailuputkista muita tarkkailupisteitä korkeammat pitoisuudet on mitattu kesästä lähtien havaintoputkelta KevG-16. Kyseisen pisteen kobolttipitoisuuksien nouseva trendi oli vahvistumassa loppusyksystä, kun lokakuussa mitattiin pitoisuus 150 µg/l. Marraskuusta lähtien putki on ollut jässä eikä näytteitä ole saatu. Sen sijaan viereisillä tarkkailupisteillä KevG-34 ja KevG-37 pitoisuudet ovat pysytelleet tavanomaisina eikä nousevia trendejä ollut havaittavissa. (kuva 4-13)

Altaan lounaskulmalla sijaitsevilla putkilla KevG-15 ja KevG-32 oli havaittavissa pienoista nousevaa trendiä kobolttipitoisuuksissa vuonna 2019, ja alkuvuoden 2020 tulosten perusteella nousu näyttäisi taittuneen. Kehitys on ollut elokuusta 2019 lähtien putkella KevG-15 62→63→72→78→79→71→74→74 µg/l ja putkella KevG-32 52→52→57→60→62→58→60→61 µg/l. Sen sijaan edellä mainittujen pisteiden eteläpuolella sijaitsevalla lähdepisteellä KevG-49\* pitoisuudet ovat edelleen nousussa. Pitoisuudet olivat lokakuuhun 2019 asti <10 µg/l, kunnes marraskuussa mitattiin pitoisuus 21,5 µg/l ja siitä eteenpäin kehitys on ollut

34,3→42→47 µg/l. Näiden pisteiden eteläpuolella sijaitsevalta lähdepisteeltä KevG-42\* pitoisuudet ovat hieman nousseet vuodesta 2018, mutta pitoisuudet olivat loppuvuodesta 2019 laskussa ja alkuvuodesta 2020 pitoisuudet jälleen alle 4 µg/l. Samalla seudulla, lähempänä rikastushiekka-allasta sijaitsevalla, pisteellä KevG-41 pitkäaikaistrendi on laskeva. Alkuvuodesta 2019 kobottipitoisuudet olivat 39-44 µg/l, kun alkuvuodesta 2020 pitoisuudet olivat 26-29 µg/l. (kuva 4-13)

Tarkkailuputkella KevG-31 kobolttipitoisuuden nouseva trendi jatkui ja muutoksia havaittiin myös muissa parametreissa. Elokuusta 2019 maaliskuuhun 2020 kehitys on ollut 3→21→56→86→83→90→81→91 µg/l (kuva 4-13). Rikastushiekka-altaan A suotovesissä kobolttia oli vuonna 2019 keskimäärin 70 µg/l, suurimpien pitoisuuksien ollessa noin 100 µg/l.

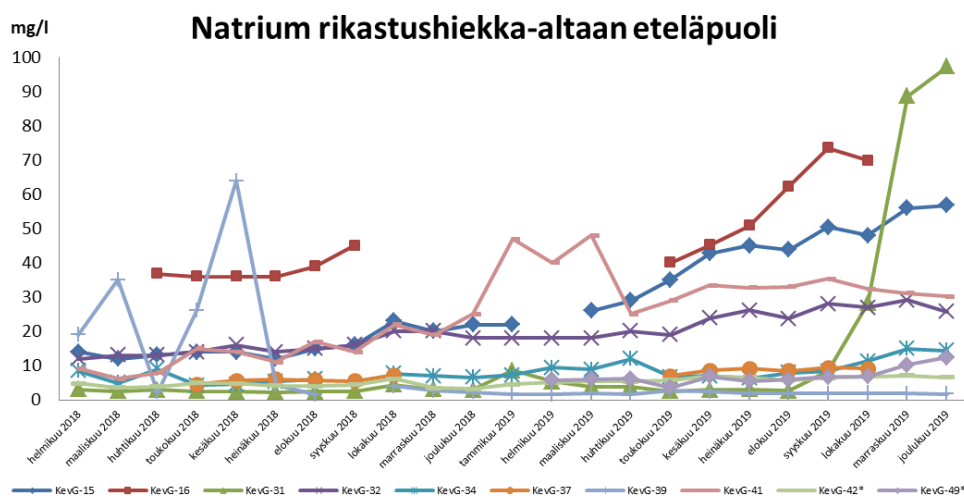




**Kuva 4-13. Veden kobolttipitoisuudet rikastushiekka-altaan pohjoispuolen havaintopisteillä (ylin kuvaaja) sekä eteläpuolen havaintopisteillä (keskimmäinen kuvaaja). Alimmassa kuvaajassa on esitetty myös lineaariset trendit eteläpuolen havaintopisteiltä niiltä osin mistä on tuloksia vuoden 2018 alusta alkaen.**

**Kalium-, kalsium- ja natriumpitoisuudet** olivat kaikilla putkilla yli taustapitoisuuksien. 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).

**Kalium-, kalsium-, natrium- ja magnesiumpitoisuudet** määritetään rikastushiekka-altaan ympäristön havaintoputkien näytteistä. Määritetyissä pitoisuuksissa on ollut havaittavissa samankaltaisia muutoksia kuin edellisissä kappaleissa esitetyissä parametreissa. Pitoisuuksissa on ollut havaittavissa nousevaa pitkäaikaistrendiä eteläpuolen putkilla KevG-31, KevG-15, KevG-16 ja KevG-41, sekä maltillisemmin putkella KevG-32. Suurin suhteellinen muutos viime kuukausina on ollut putkella KevG-31. Natriumpitoisuuksien kehitys elokuusta joulukuuhun 2019 oli 3→8→28→89→97mg/l, ja tammi-maaliskuussa 2020 pitoisuudet ovat olleet 96→90→100 mg/l, joten pitoisuudet näyttäisivät olevan vielä nousussa. Myös lähdepisteellä KevG-49\* pitoisuudet ovat nousussa, ja vuoden lopussa pitoisuudet olivat yli 10 mg/l. Sen sijaan viereisellä lähdepisteellä KevG-42 pitoisuudet ovat pysytelleet tasaisina (n. 6 mg/l) ja ovat tällä hetkellä pienoisessa laskussa. (kuva 4-14)



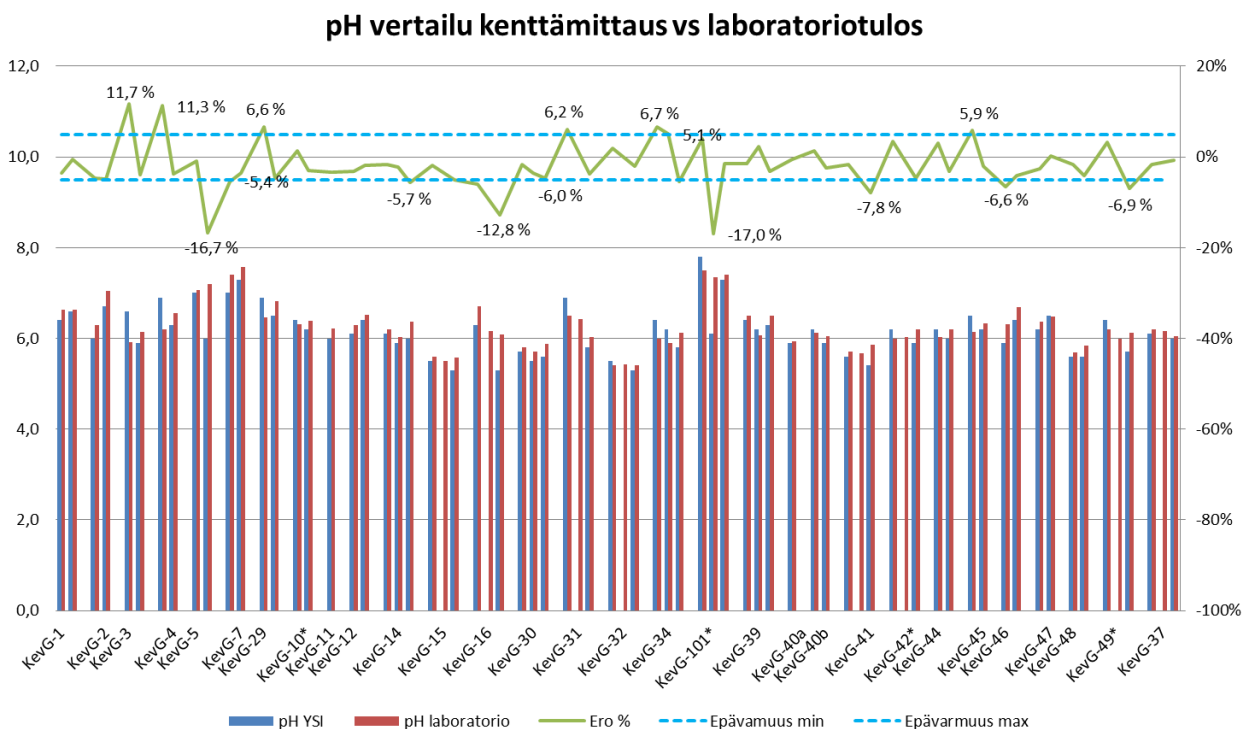
**Kuva 4-13. Rikastushiekka-altaan eteläpuolen havaintopisteiden natriumpitoisuudet.**

Myös muissa määritetyissä parametreissa on havaittavissa edellisissä kappaleissa esitettyjä muutoksia rikastushiekka-altaan putkilla. Alueen uusilla putkilla tarkkailuhistoriaa ei ole vielä käytettävissä kokonaisten vuosien osalta, jolloin luontaisten vaihtelujen arviointi on hankalaa. Alueen tarkkailuputkia seurataan tehostetusti kuukausittain.

# 5. MONIPARAMETRIMITTAUKSET JA LAADUNVARMISTUS

Pohjavesinäytteenoton yhteydessä tehtiin vuonna 2019 moniparametrimittaukset (YSI-mittari) kaikkien tarkkailupisteiden osalta kesä- ja lokakuun kierroksilla sekä toukokuussa suoritettiin myös ylimääräiset mittaukset rikastushiekka-altaan putkien osalta. Kenttämittarien luotettavuus on parantunut huomattavasti viime vuosina ja kenttämittauksia voidaan käyttää laadunvarmistuksena. Sisäisten vesien näytteenottojen yhteydessä kenttämittauksia tehdään viikoittain ja tulosten mukaan kenttämittarin laatu oli hyvällä tasolla. Pohjavesien mittauksissa on käytetty samantyyppistä YSI-mittaria. Pohjavesien osalta rinnakkaisnäytteenotto jäi vuonna 2019 vajavaiseksi, jolloin näytteiden laadunvarmiinnissa tukeudutaan kenttämittauksiin, jotka kattoivat n. 25% näytteenottoista.

Akkreditoituissa laboratoriomittauksissa pH:n mittauserpävarmuus on  $\pm 0,2$  yksikköä. Näytteen pH muuttuu säilytyksen ja kuljetuksen aikana, jolloin laboratorion ja kenttämittausten välillä on eroa jo parametrien ominaisuuksista johtuen. Veden pH:n kenttämittauksissa on kiinnitettävä huomiota erityisesti laitteen kalibrointiin. Johtuen pH luontaisesta muuntumisesta ja asteikon ominaisuuksista tulosten vertailu on haastavaa. Pohjavesien kenttämittauksista >70% sijoittui laboratorion mittauserpävarmuuden sisään, joka prosentuaalisesti on näillä pH-arvoilla noin 5%. Muutamia rajaa suurempia, yksittäisiä eroavaisuuksia havaittiin, mutta mitään systemaattisia virheitä ei havaittu ja tuloksia voidaan pitää hyvinä. Keskimääräisesti pH-tulosten välillä oli ero -1,9 % eli kenttämittaukset antoivat noin 0,1 yksikköä pienempiä arvoja kuin laboratoriokokeet. (kuva 4-14)

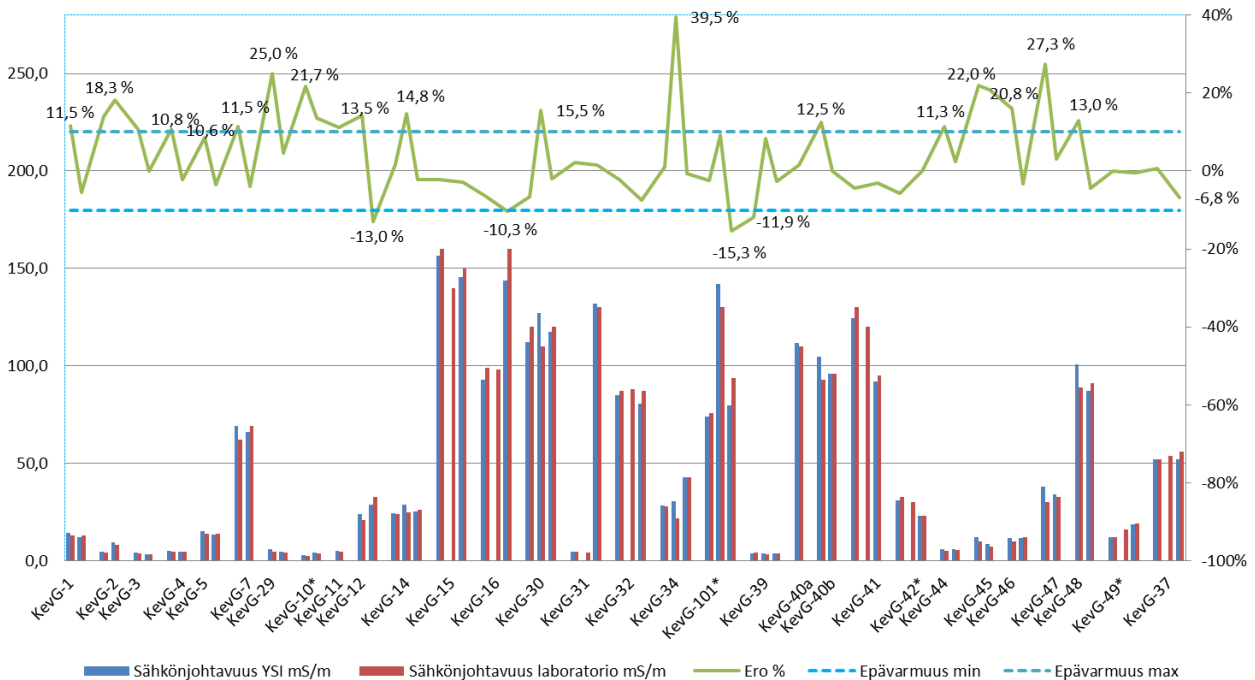


**Kuva 4-14. Kenttämittausten ja laboratoriotulosten vertailu vuodelta 2019 pH-arvojen osalta.**

Tulosten vertailtavuutta kenttämittauksen ja laboratoriomittauksen välillä voidaan pitää hyvänä myös sähkönjohtokyvyn osalta (kuva 4-15). Keskimäärin kaikkien mittausten suhteellinen ero laboratorion ja mittauksen välillä oli 4,3 %, kun mittauserpävarmuutena voidaan tämän aineiston osalta pitää 10 %. Joitain

tilastollisesti merkittäviä (<20%) eroavaisuuksia kuitenkin havaittiin. Suurimmaksi osaksi merkittävät eroavaisuudet olivat luonnollisesti pienien johtavuuksien pisteillä ja vähävetisillä pisteillä/lähteillä. Tällöin merkittäväksi epävarmuustekijäksi on noussut näytteenotto, kun mittauksia ei ole voinut suorittaa välttämättä samaan aikaan kun näyte on otettu tai veden vähyyden takia ominaisuudet vaihtelevat pumppauksen/näytteenoton aikana.

### Sähkönjohtavuusvertailu kenttämittaus vs laboratoriotulos



**Kuva 4-15. Kenttämittausten ja laboratoriotulosten vertailu vuodelta 2019 sähkönjohtavuuden osalta.**

Kenttämittausten osalta mittarin tarkistus, kalibrointi ja huolto ovat erittäin tärkeitä. Moniparametrimittarin (YSI) parametrien oikeellisuus tulisi tarkistaa ennen jokaista näytteenottoa tarkistusliuoksen avulla, ja näin menetellään kaivoksen sisäisten vesien osalta. Jos tarkistusliuosten mittaukset antavat aiheutta, mittari kalibroidaan, jolloin mittari on lähtökohtaisesti luotettava. Systemaattista virheitä, jotka johtuu esimerkiksi itse anturin vaurioista ei voida estää kalibroinnilla. Antureiden kontaminaatiota mittauspisteiden välillä ehkäistään antureiden huuhtelulla mittausten jälkeen joko puhtaalla vedellä tai seuraavan tarkkailupisteen vedellä.

Pohjavesien tarkkailussa tarkkailutulosten kokonaisepävarmuuteen vaikuttavat pohjavesiputkien kunto, näytteenotto-olosuhteet, näytteenottajan ammattitaito, näytteiden kuljetus ja käsittely, laboratorion mittausepävarmuus sekä tulosten tulkintaan liittyvät epävarmuudet.

Kokonaisepävarmuutta pohjavesinäytteenoton osalta on pyritty minimoimaan käyttämällä samaa näytteenottajaa näytteenottokertojen välillä. Näytteenotosta vastaa sertifioitu kokenut näytteenottaja, joka noudattaa työssään näytteenoton standardeja ja ympäristöhallinnon erikseen antamia ohjeita. Näyteasiat ja näytteenottovälineet ovat ohjeiden mukaiset. Edellä mainittujen toimien avulla näytteenoton aiheuttama epävarmuus minimoituu. Näytteenottajan muistiinpanot tallennetaan ja ne voidaan helposti palauttaa tulosten tarkastelun yhteydessä tarvittaessa. Näytteenotto, ottovälineet ja näytteenottaja ovat standardoituja ja siten kokonaisepävarmuus pyritään saamaan mahdollisimman pieneksi.

## 6. YHTEENVETO

Pohjaveden pinnankorkeudet ovat olleet yleisesti normaalitasojen alapuolella vuodesta 2017 alkaen koko Keski-Lapin alueella. Ilmiön taustalla on pienet sadekertymät vuosilta 2017 ja 2018. Vuonna 2019 kumulatiivinen sadesumma oli nousussa, mutta painottuen loppuvuoteen jolloin suurin osa sadesummasta tuli lumena ja pohjavesivarannot täydentyivät vasta kesällä. Kaivoksen tarkkailussa pohjaveden pinnankorkeudessa on havaittavissa pientä laskevaa trendiä sivukivi- ja meluvallin alueella. Muutoksen taustalla on vähäsateiset edellisvuodet, mutta myös avolouhoksen laajentuessa pohjavesien kertymät ja virtaamat alueilla ovat muuttuneet. Rikastushiekka-altaan ympäristössä ei ole havaittavissa pohjaveden pinnankorkeuden alenemista.

Analyytitulosten osalta Vaiskoselän lähdepisteen, meluvallin, tulotien sekä sivukivi alueen tarkkailupisteiden tulokset olivat yhteneväisiä edellisvuosiin. Putken KevG-7 sähkönjohtavuus, kloridin, sulfaattin ja rikin osalta pitoisuudet poikkeavat muista tarkkailupaikoista ja edellä mainituissa parametreissa on havaittavissa nousevaa trendiä. Putki sijaitsee keskellä kaivosaluetta, sivukivialueiden ja pintavalutuskentän välissä.

Rikastushiekka-altaan ympäristön tarkkailuputkilla on havaittu muutoksia viime vuosina, jonka vuoksi alueelle on asennettu runsaasti lisää tarkkailuputkia ja näytteenottoa on tihennetty kuukausittaiseksi. Havaitut muutokset tarkkailuputkilla johtuvat todennäköisesti rikastushiekka-altaasta suotautuvan veden vaikutuksesta alueen pohjaveteen. Läjitetyn rikastushiekan taso ja samalla altaassa olevan vedenpinnan taso ovat nousseet kaivoksen toiminnan alusta. Vedenpinnan nousun on arvioitu lisäävän altaasta suotautuvan veden määrää lisääntyvän hydrostaattisen paineen vuoksi. Yleisesti myös rikastushiekka-alueen putkilla pH-arvot ovat laskussa, jolloin maaperästä liukenee mm. metalleja. Pitoisuuksien alueellisesti havaitut nopeat muutokset noudattavat rikastushiekan läjityksen järjestelyjä ja tasoittuvat läjityksen siirtyessä eri alueille.

Pitkäaikaisia muutoksia on havaittu rikastushiekka-altaan luoteiskulman (KevG-14 ja KevG-30 ) sekä kaikilla etelä-/lounaispuolen tarkkailuputkilla. Nopein ja suurin muutos syksystä havaittiin kesän 2019 tuloksiin verrattuna rikastushiekka-altaan länsipuolella sijaitsevalla tarkkailuputkella KevG-31. Rikastushiekkaa läjitettiin syksyllä topografisesti tarkkailuputken yläpuolelle ja todennäköisesti alueella olevan kallioperän heikkousvyohykkeen kautta suotovesiä päätyi tarkkailuputken ympäristöön. Joulukuusta lähtien kyseisen putken pohjaveden pinta on ollut laskussa ja sitä myötä pitoisuudet tasaantumassa, mikä viittaisi putken ympäristöön suotautuvan veden vähenemisestä. Rikastushiekan läjityksen vaikutusta putken KevG-31 käyttäytymiseen ja veden laatuun tullaan seuraamaan.

Pohjavesien tarkkailua suositellaan jatkettavan nykyisellä laajuudella. Tarkkailuputkia on asennettu ja tullaan asentamaan lisää lähitulevaisuudessa, jolloin varsinkin rikastushiekka-aitaiden ympäristöön tulisi miettiä kenttämittareiden tai jatkuvatoimisten mittareiden hyödyntämistä. Esimerkiksi tarkkailuputkilla KevG-14 tai -30, KevG-15, KevG-16 ja KevG-31 olisi hyvä hyödyntää jatkuvatoimisia mittareita, koska näillä putkilla on havaittu muutoksia ja toisaalta osa putkista jäätyy talvisin, jolloin vesinäytteenotto estyy. Parametreina voisi olla pH, sähkönjohtavuus sekä pinnankorkeus.

# VIITTEET

Ilmatieteenlaitos 2020. Ilmatieteenlaitoksen internet-sivut, havaintojen lataus. Saatavissa: <<https://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>>

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. [viitattu 14.1.2019]. Saatavissa: <[http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr\\_155.pdf](http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_155.pdf)>

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. [viitattu 20.3.2020]. Saatavissa: [http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr\\_171.pdf](http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_171.pdf)

STM 1352/2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista.

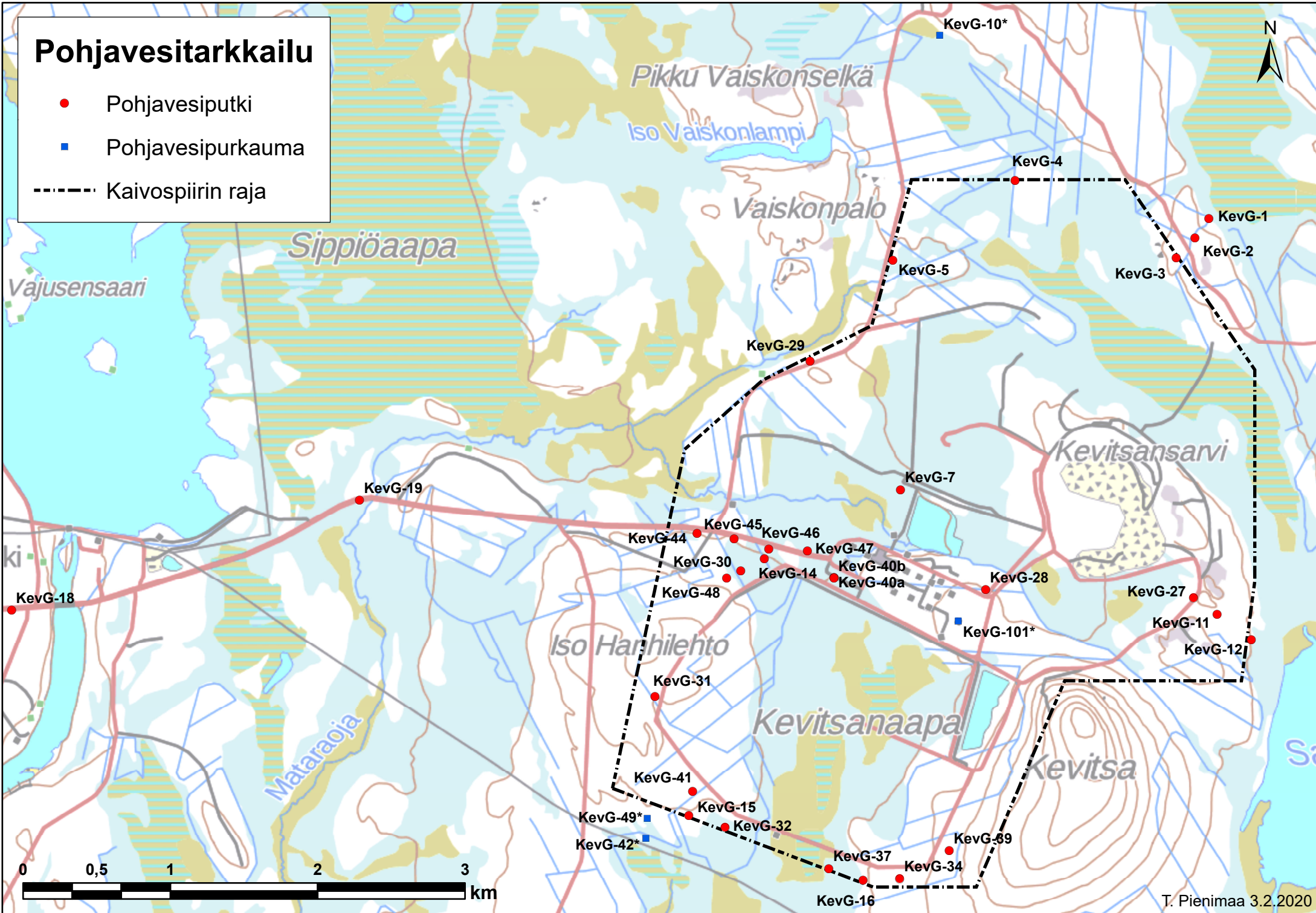
Tenhola, M., Lahermo, P., Väänänen, P. & Lehto, O. 2003. Alueellisessa geokemiallisessa purovesikartoituksessa todettujen fysikaalisten ominaisuuksien ja alkuainepitoisuuksien vertailu Suomessa vuosina 1990, 1995 ja 2000. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 159. [viitattu 16.1.2019]. Saatavissa: <[http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr\\_159.pdf](http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_159.pdf)>

VNa 341/2009. Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä annetun asetuksen muuttamisesta

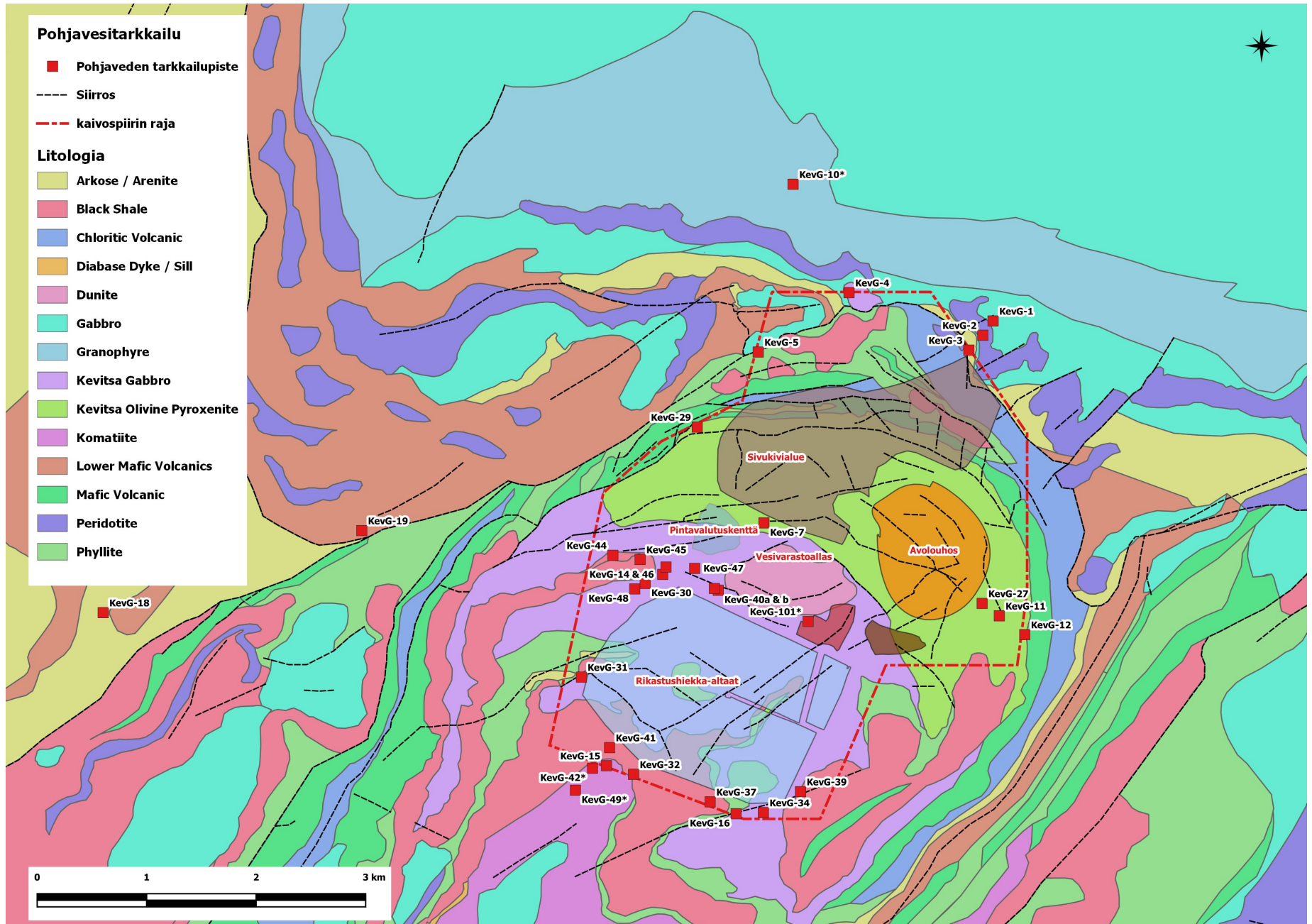
# **LIITE 1: TARKKAILUPIISTEKARTAT**

# Pohjavesitarkkailu

- Pohjavesiputki
- Pohjavesipurkauma
- - - - - Kaivospiirin raja



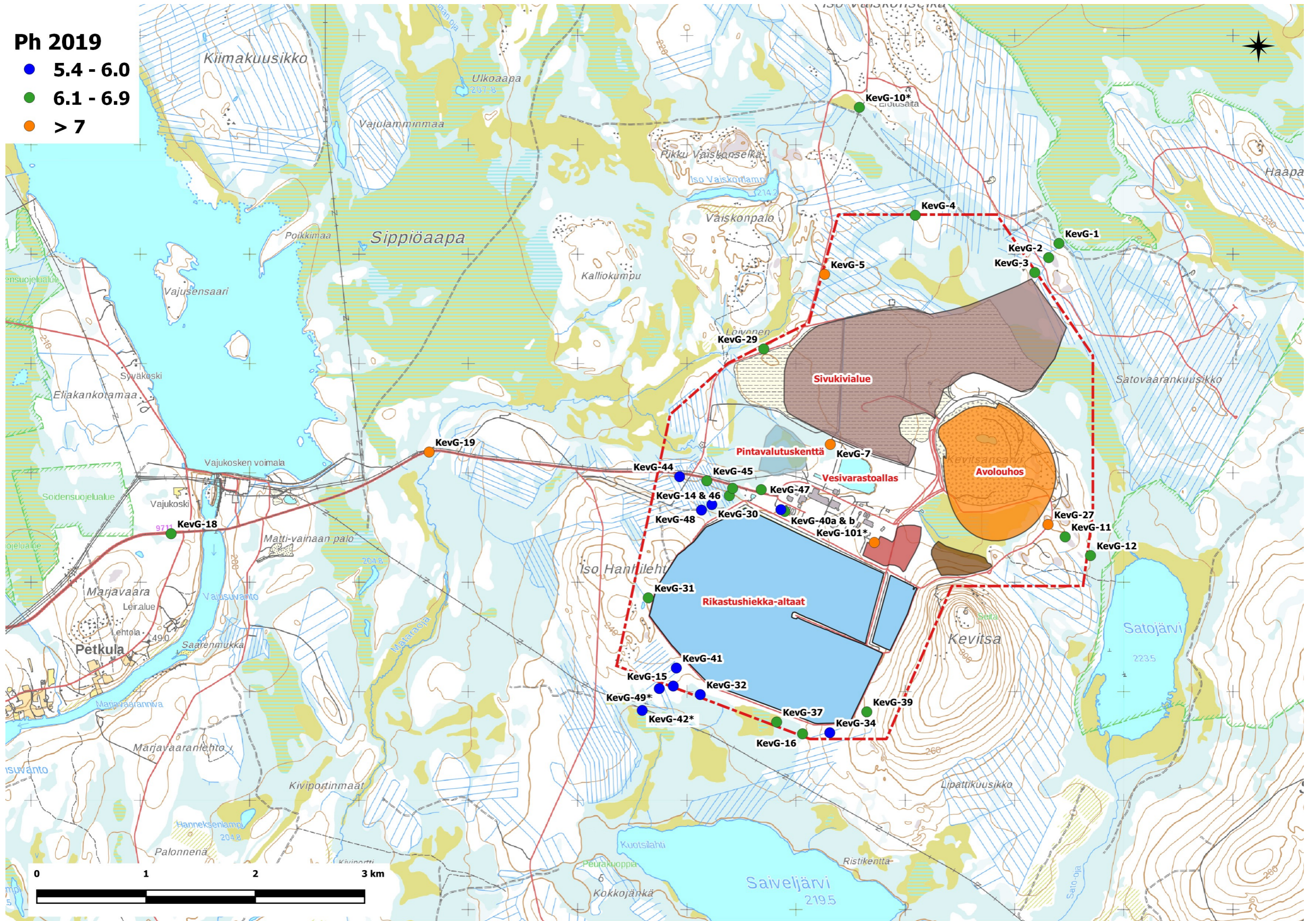




# **LIITE 2: TEMAATTISET KARTAT 2019**

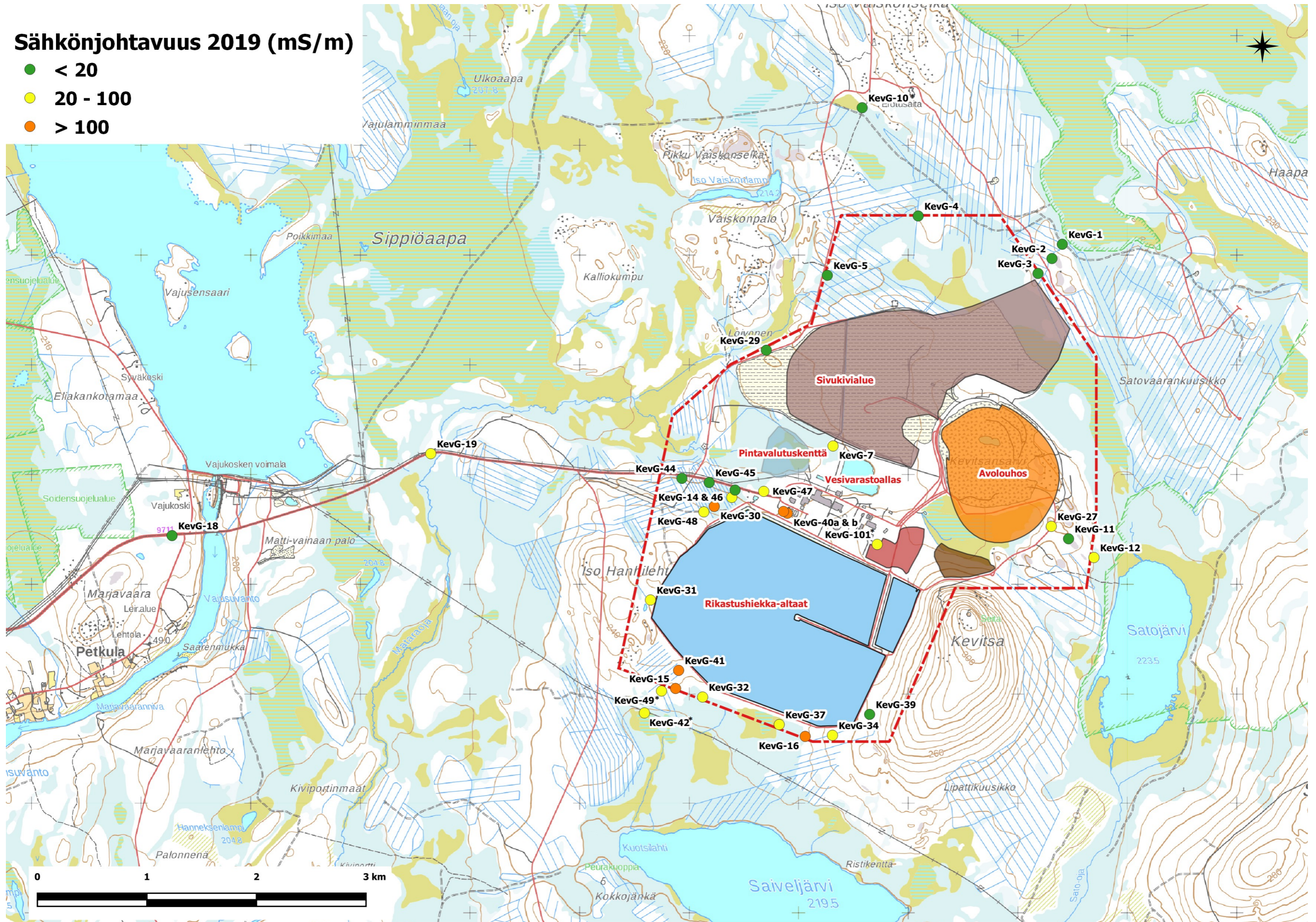
# Ph 2019

- 5.4 - 6.0
- 6.1 - 6.9
- > 7



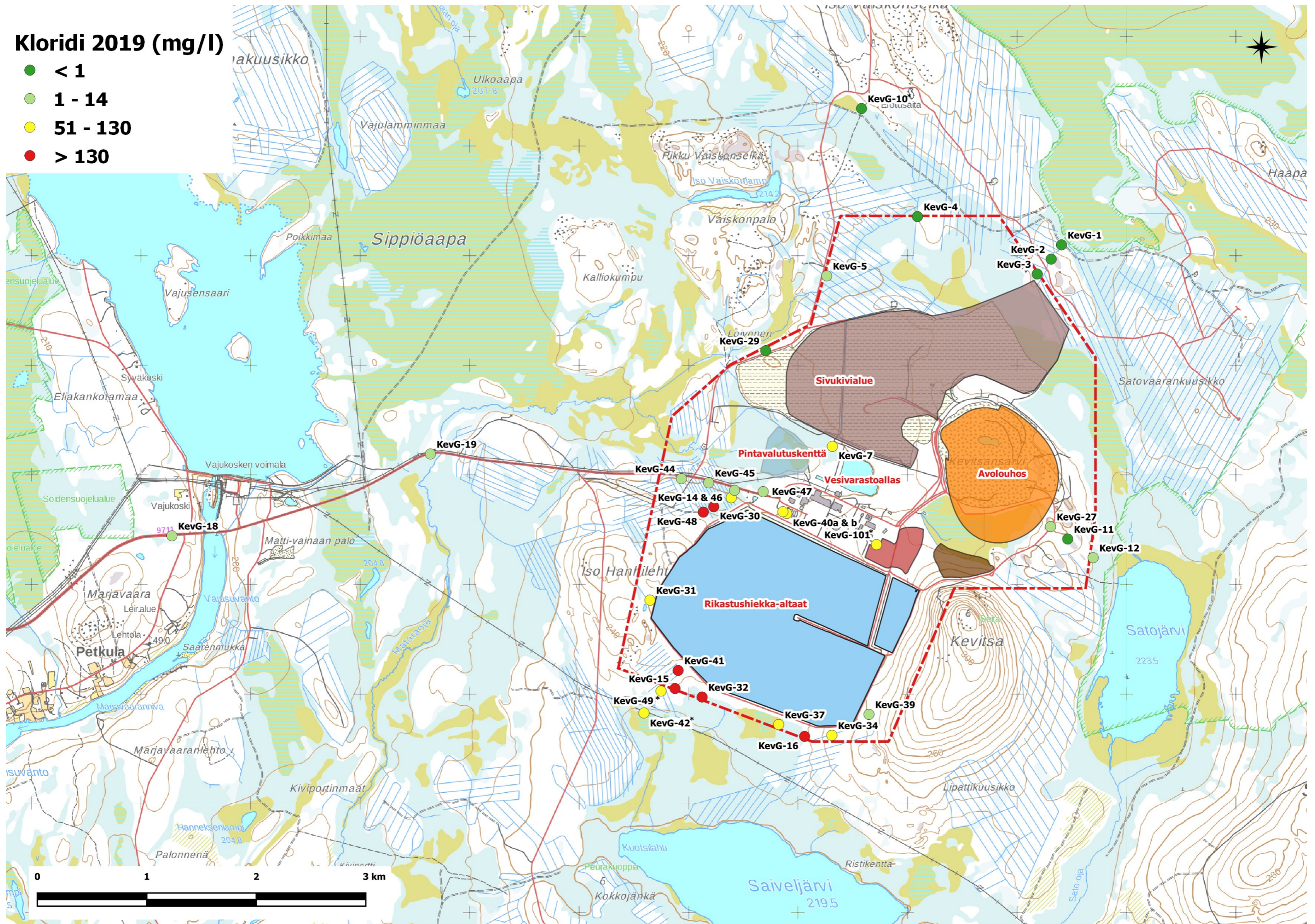
# Sähkönjohtavuus 2019 (mS/m)

- < 20
- 20 - 100
- > 100



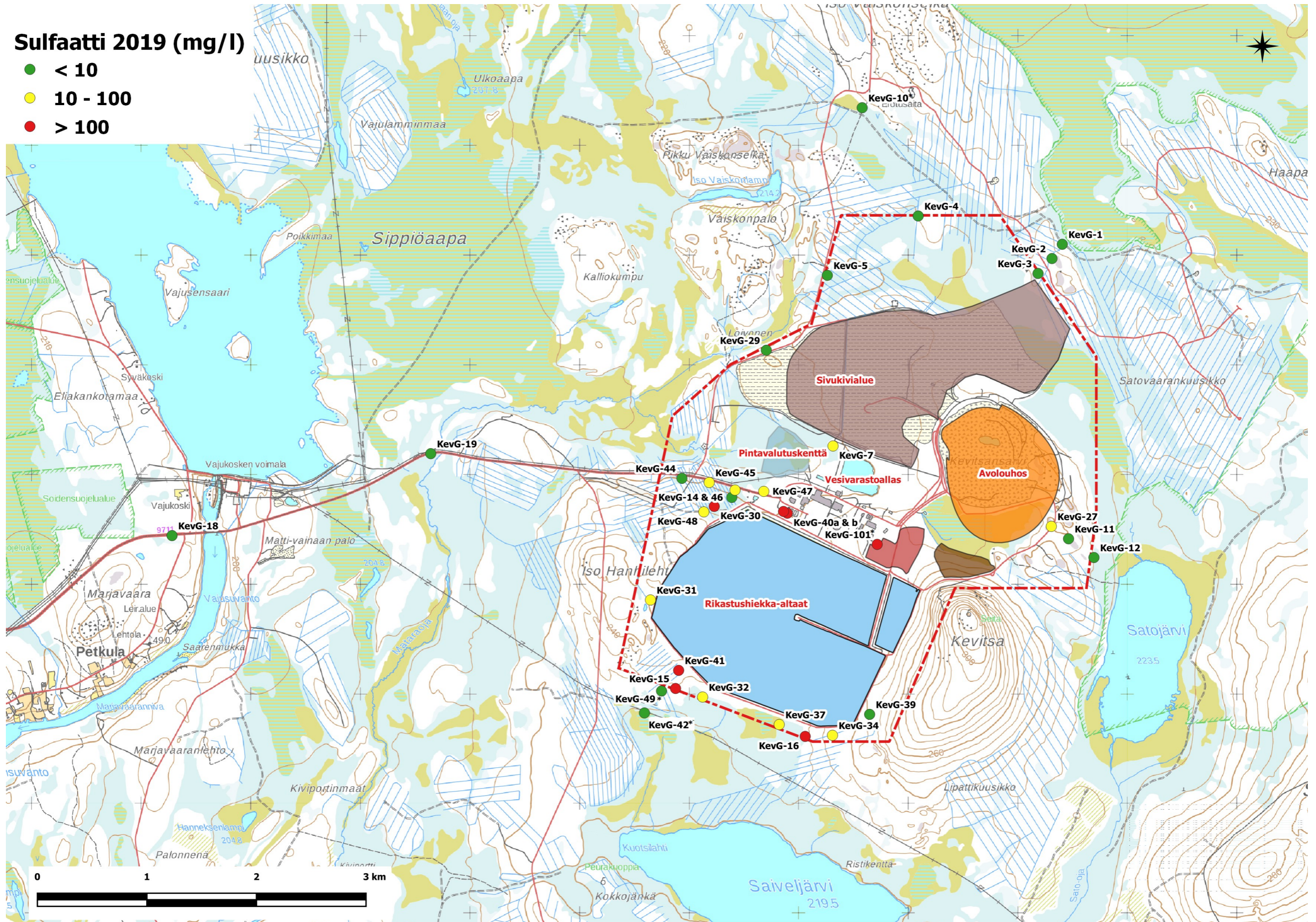
# Kloridi 2019 (mg/l)

- < 1
- 1 - 14
- 51 - 130
- > 130



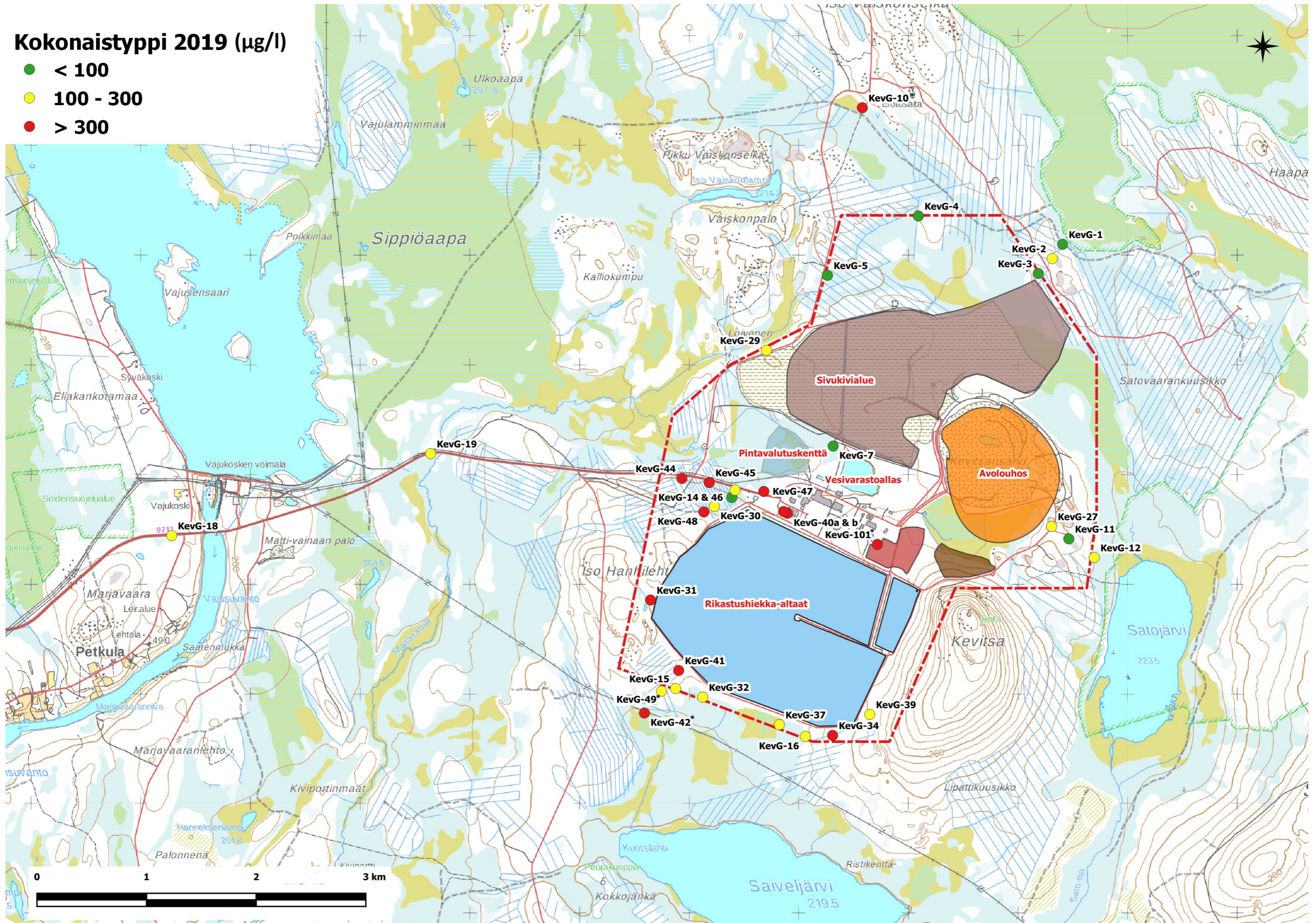
# Sulfaatti 2019 (mg/l)

- < 10
- 10 - 100
- > 100



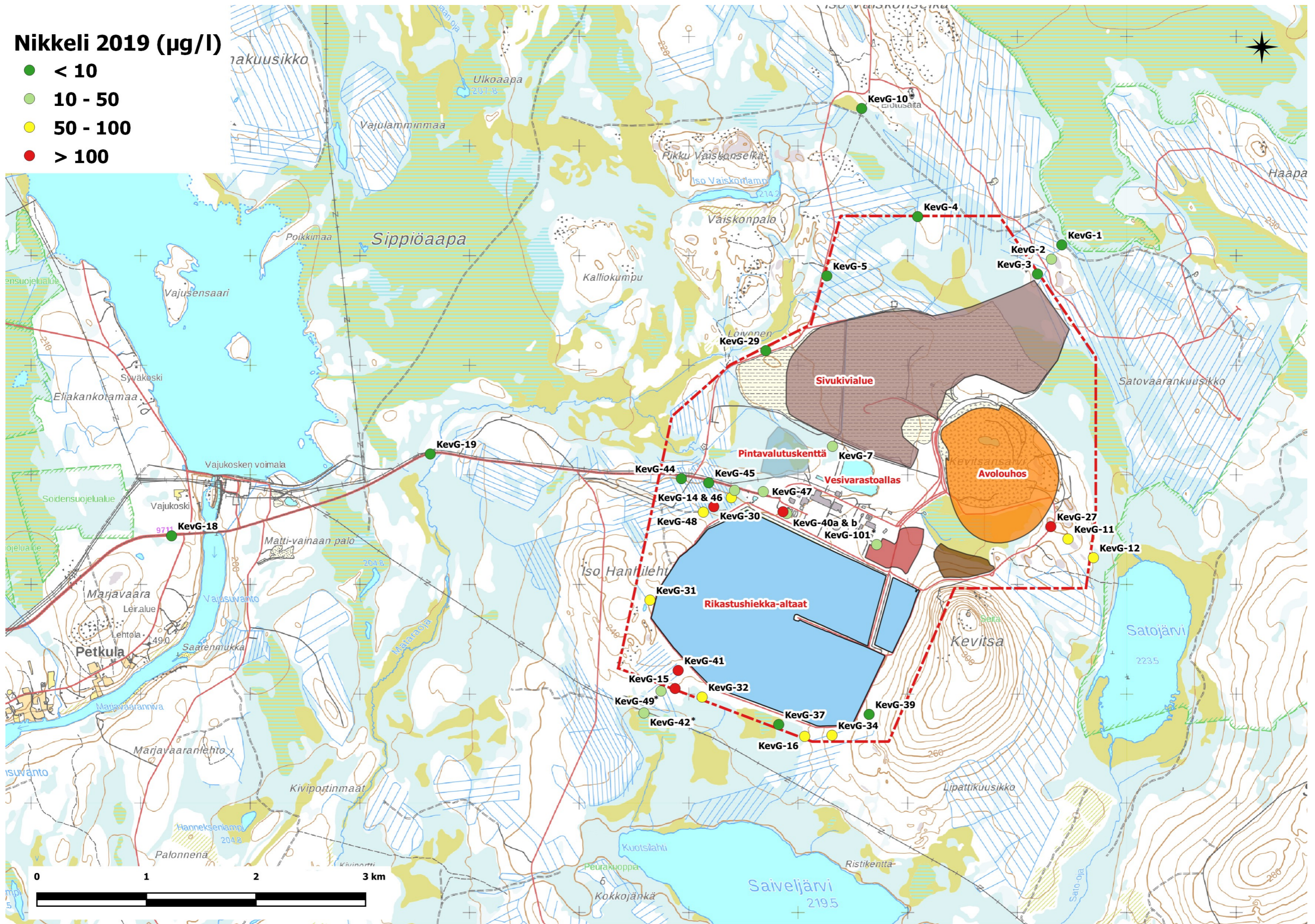
# Kokonaistyyppi 2019 (µg/l)

- < 100
- 100 - 300
- > 300



# Nikkeli 2019 ( $\mu\text{g/l}$ )

- < 10
- 10 - 50
- 50 - 100
- > 100





**LIITE 3:  
TUTKIMUSTULOKSET  
2019**









