

TERRAFAME OY

Selvitys pohjavesien pilaantuneisuudesta ja puhdistustarpeesta sekä
primääriliuotusalueen maaperään kohdistuvista päästöistä



Vastuulauseke

Työ on suoritettu pätevien ja kokeneiden asiantuntijoiden toimesta parasta ammatillista arviointikykyä käyttäen. Tämän raportin sisältö ja johtopäätökset perustuvat työn aikana saamiimme tutkimustietoihin ja muihin lähteisiin. Raportti ja Pöry Finland Oy:n vastuu raportista noudattaa konsulttitoiminnan yleisiä sopimusehtoja KSE2013. Konsultin vastuu työstä Terrafame Oy:lle on palkkion suuruinen. Pöry Finland Oy ei vastaa raportissa esitettyjen tietojen käytöstä aiheutuvista tai käyttöön liittyvistä kolmannelle osapuolelle mahdollisista aiheutuvista vahingoista riippumatta siitä, onko kyseessä välitön tai välillinen vahinko tai kuinka vahinko on aiheutunut.

Copyright © Pöry Finland Oy

Kaikki oikeudet pidätetään Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman Pöry Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

Copyright © Pöry Finland Oy

Yhteystiedot

PL 50 (Jaakonkatu 3)
01621 Vantaa
Kotipaikka Vantaa
Y-tunnus 0625905-6
Puh. 010 3311
Faksi 010 33 26600
www.poyry.fi

Pöyry Finland Oy

Päivi Picken
Tiina Vaittinen
Katriina Keskitalo
Pekka Keränen

Tarkastaja: Titta Anttila

1	JOHDANTO	5
2	POHJAVEDEN PILAANTUNEISUUDEN JA PUHDISTUSTARPEEN SELVITYS	6
2.1	Pohjavesien konseptuaalinen kuvaus	6
2.1.1	Lähtökohdat	6
2.1.2	Maaperän kuvaus	7
2.1.3	Kallioperän kuvaus	8
2.1.4	Pohjavesien virtaukset	8
2.2	Suojapumppaukset ja muu pohjaveden pinnan asemaan vaikuttava toiminta	12
2.3	Pohjaveden laatutarkastelu	14
2.3.1	Pohjaveden laatuun kohdistuvat vaatimukset	14
2.3.2	Maastotyöt ja laboratoriotutkimukset	14
2.3.3	Pohjaveden laatutarkastelun tulokset	15
2.4	Vertailu aikaisempaan pohjavesitarkkailuun	19
3	SELVITYS PRIMÄÄRILIUOTUSALUEEN MAAPERÄÄN KOHDISTUVISTA PÄÄSTÖISTÄ	20
3.1	Yleistä	20
3.2	Primääriliuotusalue	20
3.3	Maastotutkimukset	21
3.4	Hydrogeologiset olosuhteet	22
3.5	Analyysitulokset	27
3.6	Vesinäytteiden tutkimustulokset	30
3.7	Häiriötilanteiden merkitys	32
4	ARVIO POHJAVEDEN PILAANTUNEISUUDESTA JA PUHDISTUSTARPEESTA	34
4.1	Pohjaveden tila Kortelammen painauman alueella	34
4.2	Kortelammen alueen pohjaveden tilasta aiheutuvat riskit ja vaikutuksia rajoittavat nykyiset toimenpiteet	36
4.3	Primääriliuotusalueen keskikaistan maaperän ja pohjaveden tila	38
4.4	Primääriliuotusalueen keskikaistan maaperän ja pohjaveden tilaan liittyvät riskit	41
4.5	Tilastollinen tarkastelu	42
4.5.1	Tarkastelumenettely	42
4.5.2	Ryhmä 1	42
4.5.3	Ryhmä 2	43
4.5.4	Tilastollisen tarkastelun tulkinta	43
4.6	Johtopäätökset	45
4.6.1	Primääriliuotusalueen keskikaistan maaperä	45
4.6.2	Primääriliuotusalueen keskikaistan pohjavesi	45
4.6.3	Kortelammen alueen pohjavesi	46
4.6.4	Vesityyppien sijoittuminen	47
4.6.5	Pohjaveden pilaantuneisuuden vaikutus	48
4.6.6	Tilanteen päivitystarpeet ja muuta huomioitavaa	48
4.7	Toimenpidesuosituks	49

		2
4.7.1	Kortelammen altaan vähittäinen tyhjentäminen	49
4.7.2	Suotovesipumppaukset Kortelammen padon alapuolella	49
4.7.3	Suojapumppaukset	49
4.7.4	Ylivuototilanteiden hallinta	50
4.7.5	Tarkkailu Kortelammen ja padon alapuolisella alueella	50
4.7.6	Tarkkailu primääriliuotusalueella	50
4.7.7	Tilanteen huomiointi jälkihoidon suunnittelussa	51
4.7.8	Mahdolliset jatkoselvitykset	51
5	LÄHTEET	52

Liitteet

Liite 1	Tutkimuspistetiedot ja putkikortit
Liite 2	Analyysitodistukset
Liite 3	Pohjavesiputkien sijainti

Tiivistelmä

Terrafame osti Talvivaara Sotkamo Oy:n konkurssipesän liiketoiminnot ja on harjoittanut kaivostoimintaa elokuusta 2015 alkaen. Kaivosalueella on tutkittu pohjavesiä jo aiemman toiminnanharjoittajan aikana 2008 alkaen. Pohjaveden laadussa on havaittu muutoksia. Kortelammen alueella on havaittu happamoitumistrendi ja kohonneita sulfaatti- ja metallipitoisuuksia vuodesta 2013 alkaen. Näiden havaintojen takia pohjaveden tilaa selvitettiin kenttäkauden 2016 aikana keskittyen kaivospiirin lounaisosaan. Lisäksi selvitettiin, kohdistuuko ensimmäisen vaiheen bioliuotuskasojen välialueen kautta maaperään päästöjä ja onko niillä vaikutuksia alueen maaperän ja pohjaveden laatuun.

Ensimmäisen vaiheen bioliuotusalueen keskikaistalla haitta-aineiden pitoisuudet maaperässä osoittautuivat varsin pieniksi eivätkä metallit olleet liukoissa muodossa. Maaperän (louhetäytön) pohjavedessä, kallion pinnan tuntumassa, haitta-aineiden pitoisuudet olivat kuitenkin selvästi koholla syyskuussa 2016. Kohonneet pitoisuudet eivät voi aiheutua keskikaistan maaperästä, joka todettiin tutkimuksissa varsin puhtaaksi.

Bioliuotusalueen keskikaistalla havaittu pohjaveden haitta-ainejakauma viittaa joiltakin osin bioliuotusprosessin PLS-liuokseen. Haitta-aineiden kulkeutuminen pohjaveteen saattaa liittyä esimerkiksi toiminnan aikaisempiin (raportoiduihin) häiriötilanteisiin. Pieniä pitoisuusmuutoksia löytyy myös kalliopohjavedestä ensimmäisen vaiheen bioliuotusalueen lounaispuolelta. Lyhytkestoisien häiriötilanteiden vaikutukseen viittaa alustavasti myös se, että tammikuun 2017 mittauksissa pitoisuuksien todettiin alentuneen verrattuna lokakuun 2016 mittauksiin, erityisesti alueen kaakkoispäässä. On mahdollista, että suojapumppaus poistaa pilaantunutta pohjavettä nopeammin alueen toisesta osasta ja korvautuminen parempilaatuisella pohjavedellä on nopeampaa. Tarkastelujakso on kuitenkin pohjavesitutkimukselle varsin lyhyt ja ainoastaan pidempi seurantajakso voi mahdollistaa tarkempia johtopäätöksiä.

Paikallisesti pohjaveden virtaus vaikuttaa suuntautuvan ainakin keskeisiltä osin bioliuotusalueen alaiden suojapumppauksia kohti. Käytetyssä, suhteellisen karkeassa, pohjaveden pinnan korkeuteen ja maaston muotoihin perustuvassa tarkastelutavassa, kaikki paikalliset virtaukset kohti yksittäisiä pumppuja eivät kuitenkaan tule esille.

Ensimmäisen vaiheen bioliuotusalueen pohjaveden kohonneista pitoisuuksista ei aiheudu riskiä, koska alueen vettä ei hyödynnetä ja vaikutukset rajoittuvat kaivospiirin alueelle. Suojapumppaukset liuotusalueen ympärillä rajoittavat haitta-aineiden kulkeutumista ja tarjoavat edellytykset mahdollisesti korkeita haitta-ainepitoisuuksia sisältävän pohjaveden kokoamiselle prosessikäyttöön.

Laajemmassa mittakaavassa, pohjaveden päävirtaussuunta bioliuotusalueelta ja sen ympäristöstä on lounaaseen, kohti Kortelammen painauma. Myös Kortelammen painauman alueella esiintyy kohonneita haitta-ainepitoisuuksia maaperän pohjavedessä. Kortelammen painauman alueella pohjaveden pitoisuusjakauma poikkeaa kuitenkin bioliuotusalueen pohjavedestä ja haitta-aineiden arvioidaan edustavan eri alkuperää.

Kortelammen painauman alueella pohjaveden pitoisuudet viittaavat vuoden 2012 kipsisakka-altaan vuodon jälkivaikutuksiin. Maaperän pohjavedessä on merkittäviä määriä rautaa ja sulfaatteja, minkä lisäksi esiintyy neutralointiin liittyviä pitoisuuksia (kalsium ja natrium). Myös Kortelammen altaassa säilytettävässä (neutraloidussa) vedessä on erityisesti vesipatjan pohjaosissa kohonneita pitoisuuksia, joilla on kytkös kipsisakka-altaan vuotoon. Kortelammen alueella pohjaveden laatu heijastelee ensisijaisesti kipsisakka-altaan vuoden (2012) suoria ja välillisiä vaikutuksia. Välillisillä

vaikutuksilla tarkoitetaan sitä, että Kortelammen altaan veden laatu vaikuttaa pohjaveden laatuun alueella.

Haitta-ainepitoisuuksia esiintyy ensisijaisesti maaperän pohjavedessä. Kallioperään kairatuissa pohjavesiputkissa veden laatu on selkeästi parempi. Kallioperän ruhjeisessa yläosassa pohjaveden virtaus on tällä alueella oletettavasti voimakkaampaa kuin maaperässä tapahtuva virtaus. Tähän vaikuttanevat haitta-aineiden hidas siirtyminen maaperän pohjavesivyöhykkeestä kallioperän pohjavesivyöhykkeeseen, kallioperän pohjavedessä tapahtuva huomattava laimeneminen ja luontaiset kemialliset reaktiot.

Teoreettisesti tarkasteltuna, haitta-aineiden todennäköisin kulkeutumisuuunta alueelta on kapeahkossa painaumassa korkeampien maastonmuotojen välillä Ylä-Lumijärven suuntaan. Ylä-Lumijärven arvioidaan olevan myös todennäköinen maaperän pohjaveden purkautumispaikka pintaveteen. On todennäköistä, että pohjavedessä tapahtuvaan haitta-aineiden kulkeutumiseen liittyvät muutokset näkyisivät varhain Ylä-Lumijärven vedenlaadussa. Ylä-Lumijärvi on pinta-alaltaan pieni metsäjärvi, jossa on jo ennestään kipsisakka-altaan vuodon (2012) aikaisia sakkoja. Sakkojen kulkeutumisen estämiseksi on rakennettu pohjapatoja ja läpivirtaamaa on rajoitettu ojituksin. Näin ollen Ylä-Lumijärvi todennäköisesti vähentäisi järveen kulkeutuvien haitta-aineiden kulkeutumista alemmaksi vesistössä. Viimeaikainen veden laadun kehitys Ylä-Lumijärvessä on kuitenkin ollut suotuisaa.

Osaltaan haitta-aineiden leviämistä Ylä-Lumijärven suuntaan rajoittaa Kortelammen patoon kohdistuva suotovesien kokoaminen ja käsittely. Tämä rajoittaa pohjaveden muodostumista heikkolaatuisista vesistä padon alapuolella. Näin vähennetään myös pohjaveden pystyvirtausta paremmin vettä johtavaan ruhjeiseen kallioperään. Huomioiden pohjaveden laadun kallioperässä, suojapumppauksille Kortelammen alapuolella ei nähdä tarvetta nykytilanteessa. Lisäksi on huomattava, että patoalueilla mahdollisten suojapumppauksien suunnittelussa on huomioitava huolellisesti patoturvallisuuden tarpeet.

Alueen nykyisessä hydrologisessa tilassa haitta-ainepitoisen maaperän pohjaveden virtaus alueen ulkopuolelle on siis rajoittunutta sekä luontaisista tekijöistä (maaston muodot ja maaperän laatu) että pumppauksista johtuen. Kallioperän pohjavedessä pitoisuudet taas ovat pienempiä. Tutkitun alueen pohjaveden tilasta ei aiheudu välitöntä haittaa lähimmille kiinteistöille ja pohjaveden käyttäjille.

Ensimmäisen vaiheen bioliuotusalueella pilaantuneen pohjaveden poistuminen alueelta estetään jatkamalla pumppauksia. Pilaantunutta vettä myös poistuu prosessikäyttöön suojapumppausten avulla. Kuten jo edellä todettiin, pilaantuneisuuden todennäköisenä lähteenä pidetään aikaisempia häiriötilanteita, mutta alustavien johtopäätösten varmentamiseksi tarvitaan pidempi seurantajakso.

Kortelammen alueella tärkein toimenpide on Kortelammen altaan vesivaraston vähittäinen purkaminen vesienkäsittelyn kautta vesistöön. Näin altaan vesiä ei voi enää suotaautua ympäristöön ja mahdollisten toimenpiteiden tarve allasalueen maaperässä päästään arvioimaan.

Alueella havaittu pilaantunut pohjavesi tulee sisällyttää myös alueen jälkihoidon suunnitteluun. Tosin pilaantunut pohjavesi ohjataan mahdollisimman kattavasti prosessikäyttöön tai vesienkäsittelyyn jo toiminnan aikana.

1 JOHDANTO

Terrafamen kaivoksen, entisen Talvivaaran kaivoksen, alueella on tehty pohjavesitarkkailua vuodesta 2008 alkaen. Viimeisin raportti on valmistunut vuoden 2015 seurannan tuloksista (Ihanamäki 2016). Raportin mukaan pohjaveden laadussa on havaittu muutoksia Kortelammen alueen tarkkailupisteissä, joissa pohjavedessä on havaittavissa happamoitumistrendi ja sulfaatti- ja metallipitoisuudet ovat kohonneet. Erityisesti muutoksia on havaittu pisteessä R5. Lisäksi tehdasalueella putkessa P1 ja Kuusilammen avolouhoksen kaakkoispuolella olevassa tarkkailupisteessä P17 pohjavesi on hapanta ja metallipitoisuudet ovat korkeita (Kuva 1).



Kuva 1. Pohjaveden tarkkailupisteet ja vuoden 2015 pohjavesitarkkailun perusteella tulkitut pisteet, joissa todettu laatu poikkeama (keltainen korostus).

Kainuun ELY-keskus on nostanut esille myös laatumuutokset pohjavesiputkissa P7 ja P8 ensimmäisen vaiheen liuotusalueen eli primääriliuotusalueen välittömässä läheisyydessä. Tämä liittyy myös ympäristölupapäätöksessä 36/2014/12 olevaan määräykseen primääriliuotusalueen välialueen kautta maaperään kohdistuvien päästöjen selvittämisestä pohjavesivaikutuksineen.

Geologian tutkimuskeskus (GTK) on tutkinut alueella todetun kipsisakka-altaan vuodon vaikutuksia alueen pohjaveteen (Pasanen et al. 2014). Raportissa todetaan, että pohjaveden laatu havaintojen perusteella primääriliuotusalueelta ja Kortelammen alueelta on saattanut päästä tiheä vuotona kemikaalikontaminaatiota kalliopohjaveteen. Kalliopohjavesi liikkuu pääsääntöisesti alueella todetuissa kolmessa ruhjevyöhykkeessä, joiden kautta vedet kulkeutuvat kohti lounasta. Raportissa todetaan, että ohuesta

irtomaakerroksesta johtuen mahdollinen kulkeutuminen kaivosalueen ulkopuolelle tapahtuu todennäköisimmin kallioperän pohjaveden kautta. GTK:n arvion mukaan haitta-aineiden kulkeutuminen tehdasalueen ulkopuolelle on kuitenkin hidasta ja laimenemisen takia vähäistä - eikä siksi aiheuta välitöntä haittaa ihmisille ja luonnolle.

Terrafame Oy on saanut Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselta (ELY-keskus) selvitys- ja toimenpidepyynnön liittyen alueen pohjavedessä tapahtuneisiin muutoksiin (selvityspyyntö KAIELY/632/2015). Selvityspyyntöön liittyen Terrafame Oy on tilannut Pöyry Finland Oy:ltä selvitykset:

- Arvio pohjaveden pilaantuneisuudesta ja puhdistustarpeesta. Työn tulee sisältää arvion terveyteen ja luontoon kohdistuvista riskeistä. Selvityksessä tulee myös arvioida pohjaveden laadun muutoksen pitkäaikaiset vaikutukset. Selvitys kohdistuu alueisiin, joilla on havaittu pohjaveden laatumuutoksia.
- Selvitys ensimmäisen vaiheen liuotuskaojen välialueen kautta maaperään kohdistuvien päästöjen määrästä ja vaikutuksesta alueen maaperän ja pohjaveden laatuun.

Tässä raportissa kuvataan vuoden 2016 tutkimuksia, jotka perustuivat yllä oleviin tehtävämäärittelyihin. Työ aloitettiin olemassa olevan tiedon kokoamisella ja käsitteellisen pohjavesimallin laatimisella. Taustatyössä hyödynnettiin erityisesti tarkkailuraportteja, GTK:n aikaisempaa tutkimustyötä alueella sekä paikkatietoainesitoja. Primääriliuotusalueen keskikaistan alueella asennettiin pohjavesiputket sekä otettiin näytteet maaperästä ja pohjavedestä. Kortelammen alueella ja lähiympäristössä otettiin näytteitä pohjavedestä. Käsitteellisen pohjavesimallin tietoja täydennettiin ja uusista laatuhavainnoista ja olemassa olevista tarkkailutuloksista laadittiin tulkinta käsitteellisen mallin valossa. Tulkinta sisälsi yllä mainitut arviot maaperän ja pohjaveden pilaantuneisuudesta ja puhdistustarpeesta.

Tulosten hyödyntämisessä on syytä huomioida aineistojen tyypit ja määrät sekä työssä sovellettu tarkastelutarkkuus.

2 POHJAVEDEN PILAANTUNEISUUDEN JA PUHDISTUSTARPEEN SELVITYS

2.1 Pohjavesien konseptuaalinen kuvaus

2.1.1 Lähtökohdat

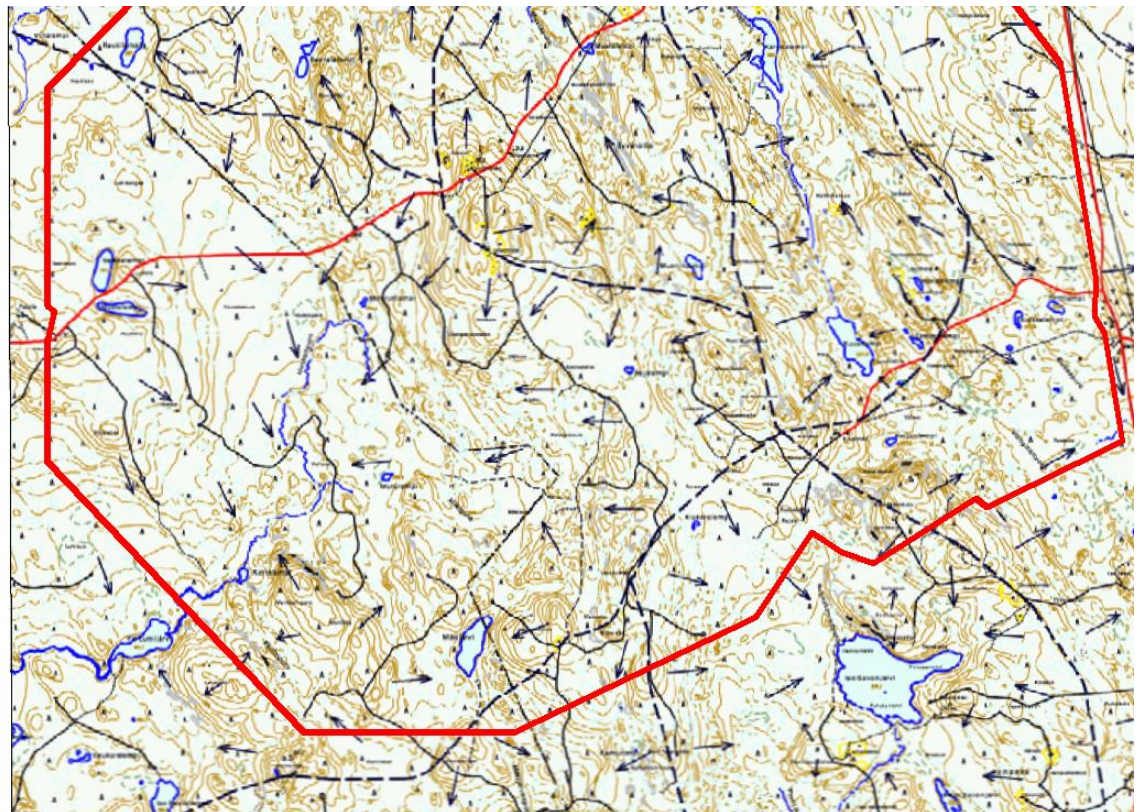
Alueen pohjaveden virtausta selvitettiin muodostamalla alustava konseptuaalinen (käsitteellinen) malli. Malliin yhdistettiin käytettävissä oleva tieto alueen geometriasta sekä maa- ja kallioperän vedenjohtavuuksista. Kohteen pohjavesien virtaussuuntia oli arvioitu useissa projekteissa aiemmin ja niitä käytettiin lähtötietoina. Tämän tarkastelun tavoitteena oli hyödyntää geometriatietoja ja arvioida rakentamisen vaikutuksia ja siten pyrkiä tarkentamaan aiempaa käsitystä varsinaisella kohdealueella.

Aiempien tutkimusten (Pasanen ym. 2014) perusteella irtomaakerros alueella on ohuehko, keskimäärin 1,8 m. Vallitsevina pintamaalajeina ovat moreeni ja turve. Kipsisakka-altaan vuototarkastelussa (Pasanen et al. 2014) on tuotu esille, että pohjavesien virtauksien kannalta olennaisempaa on kallioperässä tapahtuva virtaus kuin maaperässä tapahtuva virtaus.

Kalliopohjaveden virtaus tapahtuu rakoilua ja ruhjevyyhykkeitä pitkin, joten virtausreitit ovat maaperän virtauksiin nähden monimutkaisemmat. Niissä kuitenkin

pätee sama lähtökohta kuin maaperän virtauksissakin eli virtaus tapahtuu korkeammasta potentiaalista matalampaan, joten pääosin virtaukset tapahtuvat topografian mukaisesti. Siten vedenjakajat muodostuvat myös kallioperän ruhjevöhykkeeseen. Kaivoskohteissa louhitut tilat kuitenkin muodostavat poikkeavia matalan potentiaalialueita ja pohjavesivirtaukset voivat ulottua kallioperän rakoja ja ruhjeita myöten huomattavasti vedenjakajia kauemmaksi.

Pohjavesien virtaussuuntien arvioimiseksi tässä työssä käytetyt tärkeimmät lähteet ovat vuoden 2005 (Lapin Vesitutkimus) selvitys, jossa on kuvattu ennen kaivoksen aloittamista vallinneet vedenjakajat ja virtaussuunnat (Kuva 2), vuoden 2011 laserkeilaus, vuosien 2014 – 2016 altaiden pinnankorkeudet ja vuoden 2015 ilmakeilaus. Näiden perusteella on arvioitu rakentamisen vaikutusta vedenjakajien muodostumiseen.



Kuva 2. Tarkasteltavan alueen vedenjakajat (musta katkoviiva) vuoden 2005 tilanteessa ennen kaivoksen rakentamista. (Lapin Vesitutkimus 2005)

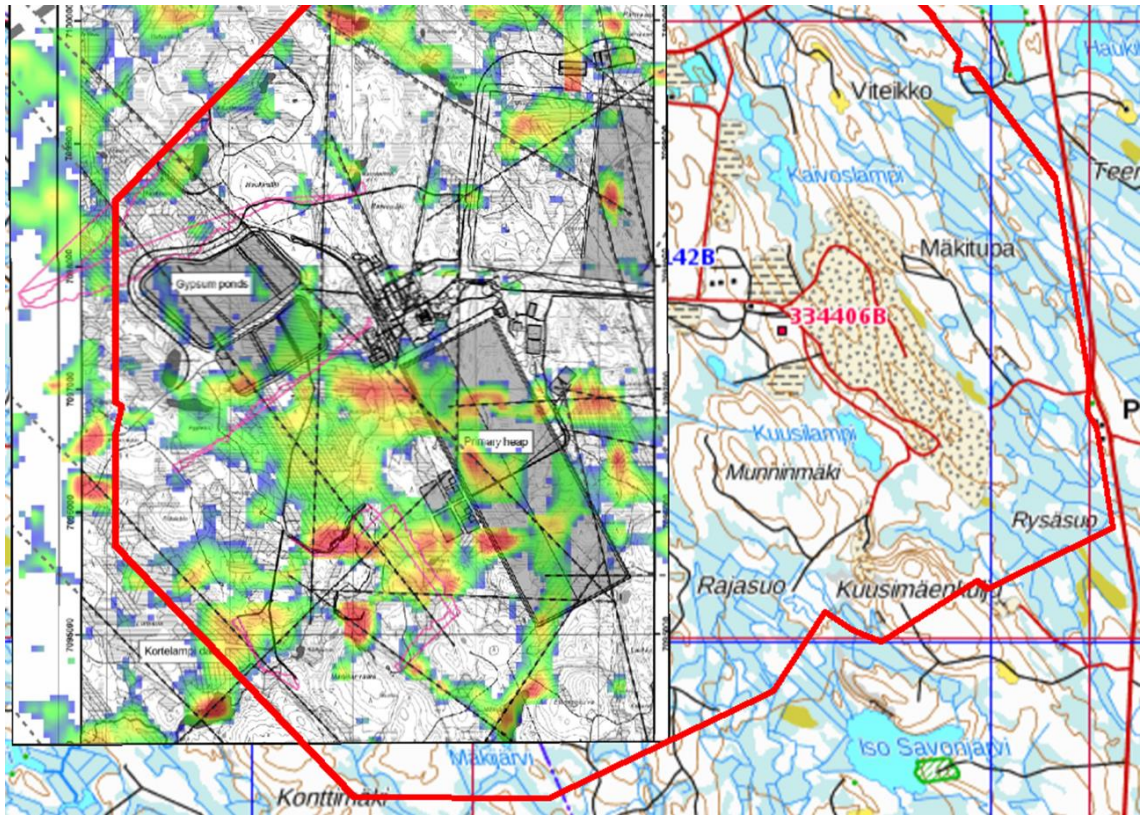
2.1.2 Maaperän kuvaus

Aluetta kattaa peitemoreeni, joka näytteiden rakeisuuden perusteella on pääasiassa hiekkamoreenia. Alavammilla alueilla on vetistä suota. Turvepeitteen paksuus vaihtelee alle metristä useisiin metreihin (Lapin Vesitutkimus 2005).

Geologian Tutkimuskeskus on selvittänyt alueen maaperän paksuutta (Kuva 3) geofysikaalisin mittauksin (2008 ja 2013). Primääriliuotusalueen läheisyydessä, pohjoispuolella sekä kaakkoiskulmalla on laajahkot kalliopaljastumien ja ohuiden maapeitteiden alueet. Sen sijaan kentän eteläosaan sekä länsipuolelle on tulkittu yli viiden metrin maapeitepaksuuksia.

Maaperän vedenläpäisevyys on vallitsevista maalajeista johtuen tyypillisesti pieni ja hyvin vettäjohtavia, lajittuneen aineksen alueita esiintyy ainoastaan paikallisesti (Lapin

Vesitutkimus, 2005). Alueella on tehty mm. SLUG-mittauksia, raekokoon perustuvia määrittelyjä sekä vedenjohtavuusmäärittelyjä laboratoriossa. Suuruusluokkaisesti arvot ovat turpeen osalta 10^{-9} m/s ja moreenien osalta $10^{-8} - 10^{-7}$ m/s.



Kuva 3. Primääriliuotusalueen lähiympäristön maapeitepakkuus aerosähköisestä aineistosta tulkittuna (Pasanen et al. 2014). Vaaleat (sininen ja vihreä) alueet ovat ohutpeitteisiä, keltaiset ja punaiset paksupeitteisiä (yli 5 m). Alueelle tulkitut ruhjevyöhykkeet on esitetty mustilla katkoviivoilla.

2.1.3 Kallioperän kuvaus

Talvivaaran kallioperän ominaisuuksia on selvitetty geofysikaalisin mittauksin (Forss et al. 2013). Mittaukset kattavat hyvin laajasti kallioperän ruhjeisuutta kuvaavat menetelmät. Tulosten perusteella alueella on runsaasti ruhjeita, mutta niiden asentoa ei mittauksilla ole pystytty selvittämään. Yhdelle ruhjeelle arvioitiin magnetometrauksen perusteella noin 70 asteen kaade lounaaseen. Sekä kipsisakka-altaan kaakkoispuolelle että Kortelammin padon eteläpuolelle on tulkittu isoja ruhjeita.

Kallioperän vedenjohtavuuksia on koottu Ahokkaan (2006) raporttiin. Mittaukset on tehty vesimenekkikokeina seitsemässä kairanreiässä Kuusilammen alueella (Syrjänen et al. 2006). Ahokas on laskenut tuloksista vedenläpäisevyydet geometrisina keskiarvoina 50 m:n syvyysväleittäin. Ylimmän kerroksen vedenjohtavuudeksi muodostuu noin $1 \cdot 10^{-6}$ m/s. Suurimmat mitatut vedenläpäisevyydet vaihtelivat välillä $1 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-5}$ m²/s. Näiden arvioitiin liittyvän kallioperän ruhjevyöhykkeisiin.

2.1.4 Pohjavesien virtaukset

Yleisellä tasolla kallioperän pintaosa on selvästi rikkonaisempaa kuin syvemmällä oleva kallio. Moreenipeitteisille alueille on tyypillistä, että rakoilleen pintakallion

vedenjohtavuus on suurempi kuin moreenin, kuitenkin niin, että virtaukset tapahtuvat rakoilun mukaisesti ja avokallioiden sekä kalliokumpareiden osalta vedenjohtavuudet voidaan olettaa pieniksi. Tarkasteltavalla alueella on sekä suhteellisen ohuita maakerroksia, joilla kallioperää voidaan pitää ensisijaisina virtausreitteinä, mutta myös paksumpien maakerrosten alueita, joilla myös maaperä osallistuu virtauksiin.

Kallioperään on tulkittu geofysikaalisista mittauksista runsaasti ruhjeita, joiden voidaan olettaa toimivan keskimääräistä nopeampina virtausreitteinä kallioperässä. Kuitenkin, kun mahdollinen likaantuminen tapahtuu maanpinnan kautta, pohjaveden virtaussuunta tulee arvioida sekä topografian aiheuttaman gradientin perusteella että mahdollisten ruhjeiden aiheuttamien virtausreittien perusteella.

Alueelle on päätelty vedenjakajat vuoden 2005 (Lapin Vesitutkimus) tilanteeseen. Tämän jälkeen on kuitenkin tapahtunut runsaasti rakentamista sekä avolouhoksen louhintaa. Alueen topografia on vaihteleva ja avokalliot nousevat aina tason +270 m yläpuolelle kun taas alavimmat alueet ovat noin tasolla +210 m. Topografian laserkeilaus on tehty vuonna 2011. Tuolloin sekundääriliuotuksen muodostaminen on ollut vielä alkuvaiheessa. Myöskään primääriliuotusalueen länsipuolen vesienkäsittelyaluetta ei ole ollut.

Alueen pohjavesiin vuoden 2005 jälkeen vaikuttaneita tekijöitä ovat laajat primääri- ja sekundääriliuotusalueiden rakentamiset, laaja-alaiset kipsisakka- ja jätevesialtaat sekä malmin ja tarvekiven louhinta (Kuva 6). Sekundääriliuotuskenttä sijoittuu aiemmin määritellyn vedenjakajan läheisyyteen, sen pohjoispuolelle. Avolouhoksen osalta vesipinnan korkeudella on hyvin suuri merkitys sille, miltä alueelta pohjavedet voivat virrata louhokseen. Sama pätee myös alueen altaisiin. Avolouhoksen osalta on myös mahdollista, että mikäli louhokseen varastoitujen vesien vedenpinta on korkealla suhteessa ympäröivään alueeseen, siitä voi teoriassa aiheutua louhosveden virtausta louhoksesta poispäin kallioruhjeita pitkin. Louhoksen vedenpinnan ollessa ympäröivän alueen vedenpintaa alempana (nykyisen kaltainen tilanne), vallitseva virtaussuunta on kuitenkin kohti louhosta. Pohjavesipinnoista on esitetty vuoden 2015 alkukesästä tehdyt mittaukset, maapohjavesi Kuva 4 ja kalliopohjavesi Kuva 5.



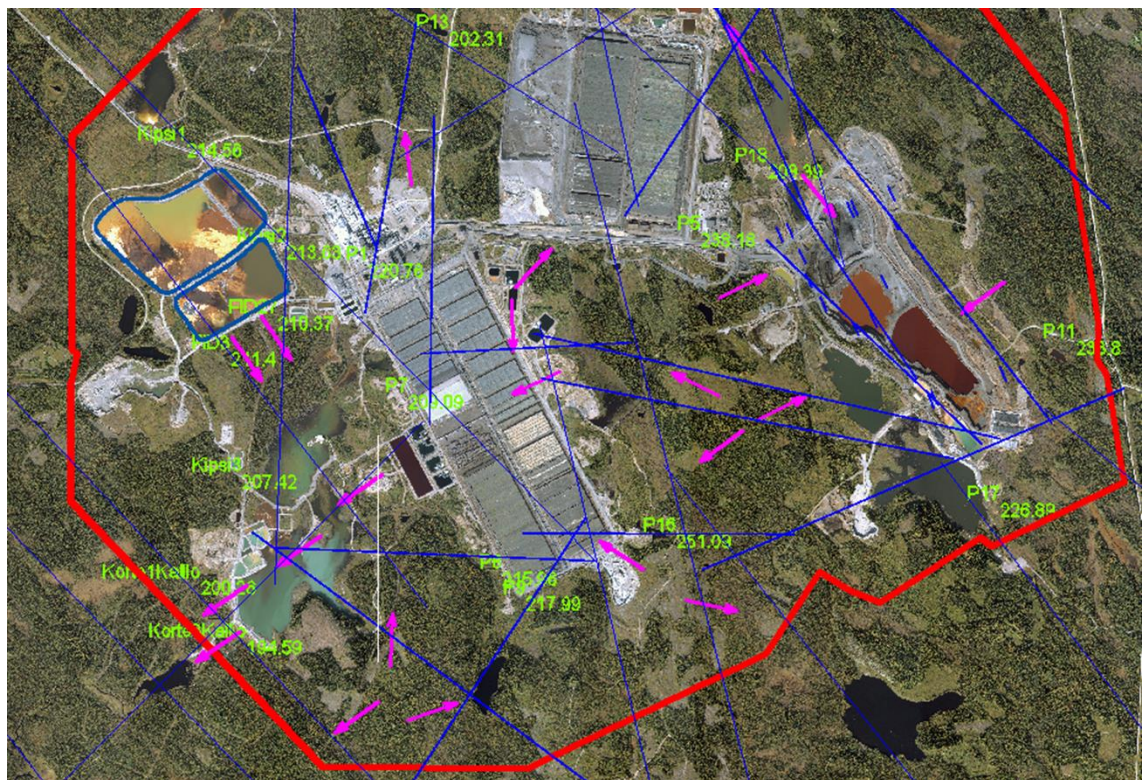
Kuva 4. Maapohjaveden havainnot kesällä 2015.



Kuva 5. Kalliopohjaveden havainnot kesällä 2015.

Lähtökohtaisesti voidaan tehdä oletus, että primääriliuotusalueen itäpuolelle mahdollisesti suotautuvat haitta-aineet jäävät lähelle kasaa, koska laserkeilaukseen (2011) perustuvan topografian perusteella pohjaveden gradientti viettää kohti lounasta (Kuva 6). Lounaispuolella pohjaveden virtaussuunta sen sijaan voi aiheuttaa haitta-aineiden kulkeutumista kauemmaksikin, aleneva gradientti ulottuu kaivospiirin ulkopuolelle. Tällä alueella esiintyy myös paksuimpia maapeitteitä, jolloin maaperässä tapahtuva virtaus voi lähtöalueella levittää haitta-aineita kallioperän hyvin vettä johtaviin ruhjeisiin. Myös maaperän vedenjohtavuus on kuitenkin keskeinen säätelevä tekijä haitta-aineiden kulkeutumisriskien kannalta.

Avolouhosten vaikutus pohjaveden virtauksiin voi olla huomattava. Louhoksen pohjoisen avauksen vesipinta on alentunut vuosien 2015 – 2016 aikana noin tasolta +183 m alle +150 m tason. Tämä tarkoittaa, että pohjavedenpaineen gradientti on kohti louhosta. Virtauksen muodostuminen riippuu kuitenkin virtausreiteistä eli kallioperän ruhjeiden laajuudesta ja vedenjohtavuudesta. Louhoksen alueen kallioperän tulkittujen siirrosten ja ruhjeiden pääsuuntaus on luode – kaakko, joten haitta-aineiden mittava kulkeutuminen primäärikasan alueelta louhokseen ei ole todennäköistä. Kuvassa esitetyt virtausnuolet ovat suuntaa antavia, koska arviot perustuvat eri vuosilta oleviin lähtötietoihin.



Kuva 6. Vuoden 2005 pohjavedenjakajia (Kuva 2) vastaava alue vuoden 2015 ilmakuvassa, ruhjevyöhykkeet (sininen), kalliopohjavedenpinnat 2015 ja arvioidut virtausnuolet (magenta).

CAD-malli

Alueen geometriasta oli käytettävissä aineistoja dwg- ja taulukkomuodoissa. Aineiston käsittelyä hankaloitti se, että aineistot olivat kahdessa eri koordinaatistossa.

Topografia

Topografia perustui vuonna 2011 tehtyyn laserkeilaukseen. Aineiston käytettävyyden takia havaintopisteverkkoa on harvennettu.

Kallionpinta

Kallionpinnan korkeustietoja on tulkittu GTK:n geofysiikan raportissa ja Lapin Vesitutkimuksen Maaperä ja pohjavesitutkimuksessa (x,y,z / KKJ). Kumpaakaan aineistoa ei ole ollut käytettävissä teksti- tai vektoritietona.

Havaintopisteet

Mallissa on esitetty alueen pohjavesien havaintopisteet. Arvot on esitetty vuodelta 2015. Vuosi 2015 valittiin perusmateriaaliksi, koska käsitteellisen mallin laadinnalla ohjattiin vuoden 2016 tutkimuksia. Vuoden 2016 havaintojen pohjalta ei ole tullut muutoksia arvioihin pohjaveden virtaussuunnista.

Mallin kuvatiedot

AutoCAD malliin on lisätty kuvatietoina peruskartta, satelliittikuva, vuoden 2005 vedenjakajat ja virtaussuunnat, aerosähköisestä mittausaineistosta tulkittu irtomaakerroksen paksuus sekä ilmakehäkuva vuodelta 2015.

Tulkitut tiedot

Kallioperän ruhjetulkinnat sekä arvioidut virtaussuunnat.

2.2 Suojapumppaukset ja muu pohjaveden pinnan asemaan vaikuttava toiminta

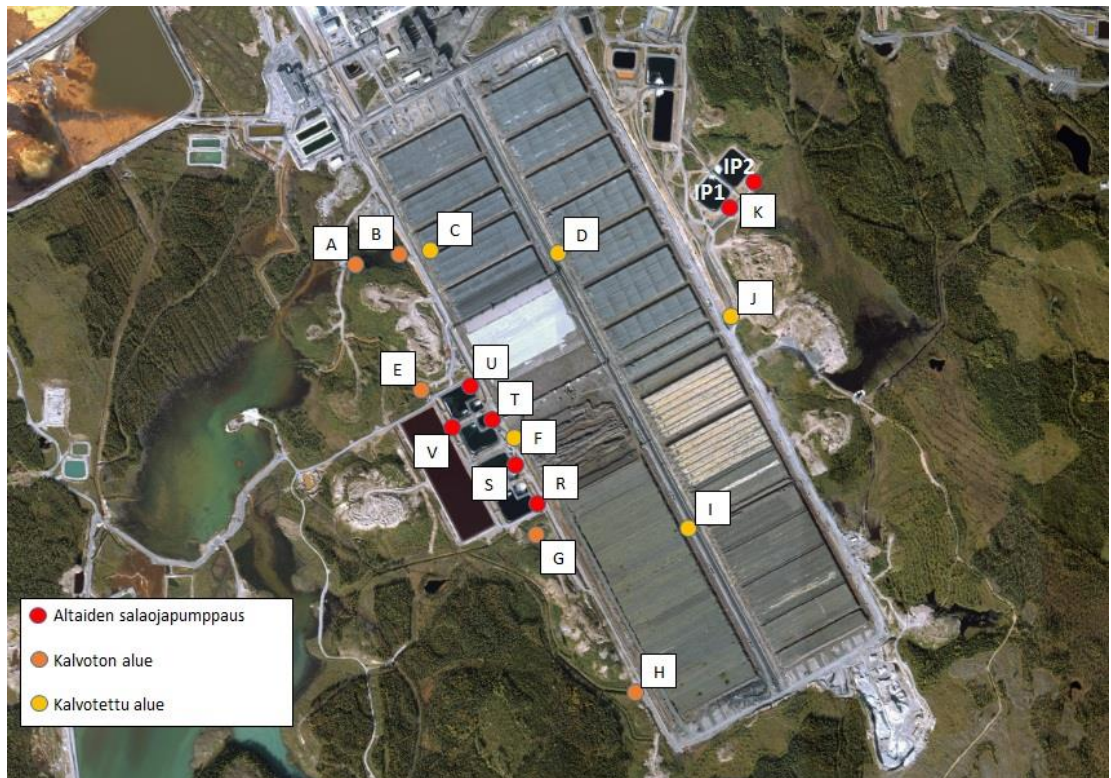
Nykyisiin pohjavedenpintoihin vaikuttavat alueella eri tarkoituksissa toteutettavat pumppaukset Suojapumppauksilla viitataan sekä pohjaveden alentamiseen että suotovesipumppauksiin (Kuva 7, Kuva 8). Keskeisimpänä toimenpiteenä on primääriliuotusalueen yhteydessä tapahtuva suojapumppaus, joka teknisesti tapahtuu altaiden ja tuotantorakenteiden alapuolisena salaojien pumppukuivauksena (Kuva 8). Suojapumppauksen tarkkaa vaikutusta pohjaveden pinnankorkeuksiin ei ole arvioitu.

Alueella on käynnissä myös puhdasvesipumppauksia, jotka osaltaan vähentävät pohjaveden muodostumista kriittisillä alueilla. Puhtaiden vesien erottamisen ensisijainen tarkoitus on pienentää kaivosalueen valuma-aluetta sekä tiettyjen pumppauksen osalta (primääriliuotusalueen länsipuoli ja sekundääriliuotusalueen eteläpuoli) myös estää vesien valuminen liuotuskenttien alle (Kuva 7).

Myös louhoksen vedenpinnan tason säätely sekä alueen muut toiminnot vaikuttavat pohjaveden pinnan asemaan. Muista toiminnoista mainittakoon mm. veden imeytymistä estävät tiivispohjaiset rakenteet. Lisäksi prosessi (veden käyttö) ja kaivosalueen kokonaisvesitaseen hallinta heijastuvat välillisesti pohjaveden pinnan asemaan. Tulkintoja tehtäessä onkin tärkeää huomioida, että toimintaa edeltävänä aikana, toiminnan aikana ja toiminnan jälkeen pohjaveden pinnan asema sekä pohjaveden virtaukset poikkeavat toisistaan.



Kuva 7. Suojapumppaukset (suotovesi) ja puhdasvesipumppaukset (TerraFame Oy).



Kuva 8. Primääriliuotusalueen altaiden suojapumppaukset (TerraFame Oy).

2.3 Pohjaveden laatutarkastelu

2.3.1 Pohjaveden laatuun kohdistuvat vaatimukset

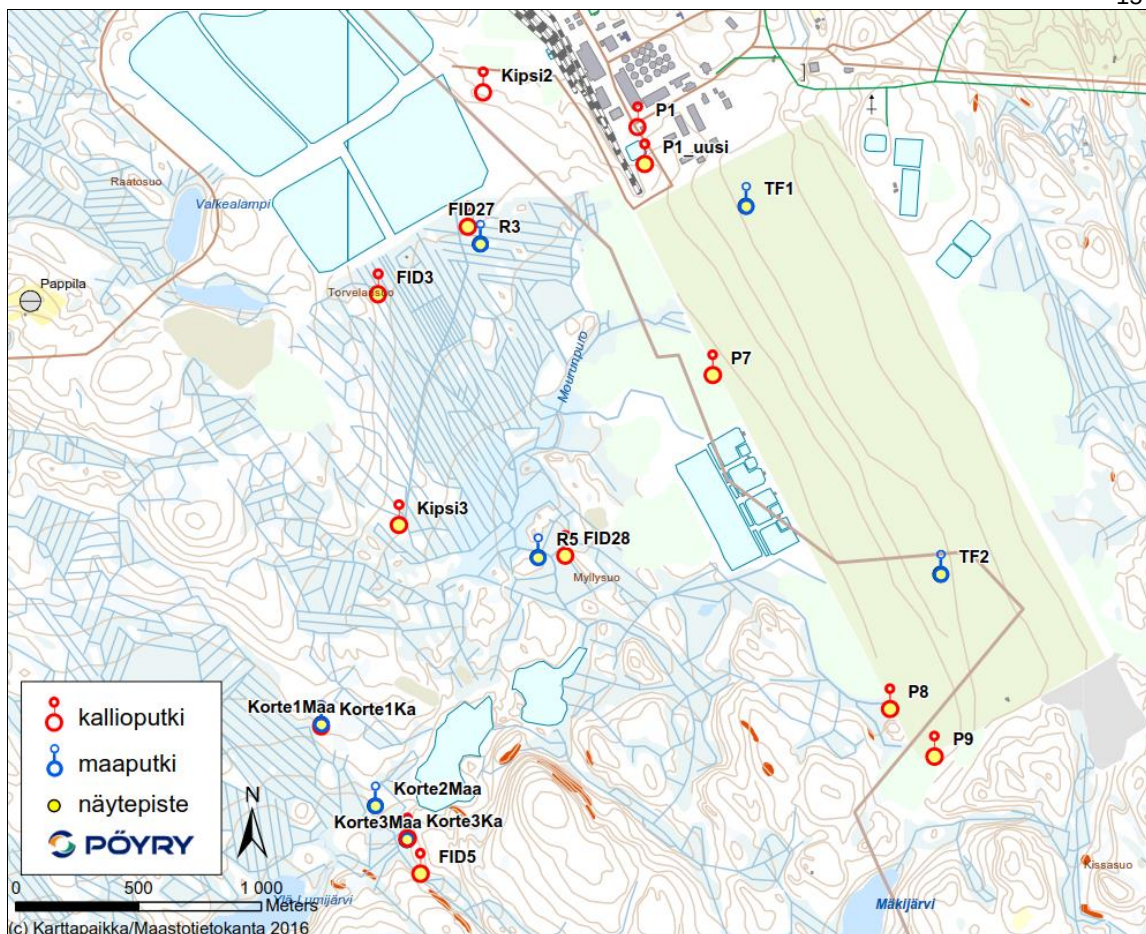
Ympäristönsuojelulaissa (525/2014 §17) on säädetty pohjavesien pilaamiskiellosta, missä pilaamiseksi määritellään myös pohjaveden laadun vaarantaminen. Keskeisiä asioita ovat vedenhankintakäyttöön soveltuvalla pohjavesialueella pohjaveden laatuun kohdistuvat haitalliset muutokset sekä toisen kiinteistöllä olevan pohjaveden laadun muutokset. Pohjaveden laatuun vaikuttaminen voi myös yleisesti loukata yleistä tai yksityistä etua.

On myös huomioitava, että pohjavesimuodostuma ei saa aiheuttaa riskiä siihen yhteydessä olevalle pintavesiekosysteemille. Vesiputedirektiivin mukaisesti vesiympäristölle vaaralliseksi ja haitalliseksi on metalleista yksilöity kadmium, lyijy, nikkeli ja elohopea.

Pohjavettä pilaavien aineiden ryhmän tai pilaantumisen indikaattorin pitoisuutta pohjavedessä ilmaistaan laatunormina, jota ihmisen terveyden tai ympäristön suojelemiseksi ei saa ylittää. Direktiivin 2006/118/EY artiklassa 2 kohdassa 2 mukaiset raja-arvot on implementoitu suomalaiseen lainsäädäntöön Valtioneuvoston asetuksessa 341/2009. Pohjaveden ympäristölaatunormeja sovelletaan pohjavesialueilla pohjaveden kemiallisen tilan luokitteluun. Lisäksi talousveden laadusta säädetään Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa 1352/2015.

2.3.2 Maastotyöt ja laboratoriotutkimukset

Pohjaveden pilaantuneisuuden arvioinnissa lähtötietoina käytettiin viimeisintä pohjaveden velvoitetarkkailun vuosiraporttia (Ihanamäki 2016) sekä GTK:n raporttia kipsisakka-altaan vuotojen pohjavesivaikutuksista (Pasanen et al. 2014). Lähtötietojen perusteella pohjavesinäytteenotto kohdistettiin kaivosalueen länsi- ja lounaisosaan. Lisäksi näytteet otettiin primääriliuotusalueelle asennetuista kahdesta uudesta pohjaveden havaintoputkesta (TF1 ja TF2) (Kuva 9).



Kuva 9 Pohjavesinäytteepisteet.

Pohjavesinäytteistä analysoitiin öljyhiilivedyt (C_5-C_{40}), haihtuvat yhdisteet, metallit sekä puolimetallit (Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Pb, Ni, Zn, Sb, As ja U), fysikaalis-kemialliset perusmääritykset (lämpötila, sameus, pH, alkaliteetti, sähkönjohtavuus, redox-potentiaali, ammonium, nitraatti, sulfaatti, kloridi ja fluoridi) sekä keskeiset alkali- ja maa-alkalimetallit (Na, Ca, K). Näytteet analysoitiin SGS Inspection Services Oy:n laboratoriossa Kotkassa.

Pohjavesinäytteet primääriliuotusalueen uusista putkista ja putkesta P1_uusi haettiin 17.10.2016. Muista putkista pohjavesinäytteet otettiin 20. – 21.9.2016. Näytteenoton suoritti Pöyry Finland Oy:n sertifioitu näytteenottaja.

2.3.3 Pohjaveden laatutarkastelun tulokset

Alueen pohjavesi oli osassa näytteitä hyvin sameaa ja veden alkaliteetti oli alhainen. Kallioputkessa FID3 rautapitoisuus oli korkea ja kallioputkessa FID28 sulfaattipitoisuus oli korkea. Kallioputkissa P1_uusi, Kipsi3 ja FID5 nitraattipitoisuus oli koholla ja kallioputkessa Korte3Kallio nitraatti- ja sinkkipitoisuudet olivat koholla. Muilta osin putkien veden laadussa ei ollut tutkittujen parametrien osalta huomauttamista.

Primääriliuotusalueen länsipuolella sijaitsevassa kallioputkessa P7 pohjaveden pH oli happaman puolella, nitraattipitoisuus oli korkea ja metalleista nikkeli ja sinkki olivat koholla. Maaputkissa R3, R5, Korte2Maa ja Korte3Maa pohjaveden laatu oli hyvin heikko. Kaikissa havaintoputkissa pohjavesi oli hapanta, sulfaattipitoisuus oli putkea R3 lukuun ottamatta korkea ja sähkönjohtavuus oli korkea putkissa Korte2Maa ja R5. Myös

useiden metallien (Co, Ni, Zn, Al, Fe) pitoisuuksia tavattiin joko lievästi kohonneita tai korkeina. On kuitenkin huomattava, että putkessa Korte1Maa veden laatu on huomattavasti parempi, mikä viittaa heikkolaatuisen pohjaveden kertymiseen suhteellisen kapealle alueelle Kortelammen painaumassa.

Uraanipitoisuudet pysyttelivät pitoisuustasolla 8,7 µg/l tai vähemmän (pois lukien primääriliuotusalueen keskikaistan havainnot). Pääosa mittauksista jäi alle määrittäysrajan. Korkeimmillaan pitoisuudet olivat pohjavesiputkissa FID28, R3 ja Korte3Kallio Kortelammen altaan tuntumassa. Pohjaveden keskimääräinen uraanipitoisuus Suomessa on ollut 21,2 µg/l porakaivoissa ja 1,4 - 3,1 kaivetuissa kaivoissa maalajista riippuen (Lahermo ym. 1990).

Primääriliuotusalueen uusien havaintoputkien TF1 ja TF2 pohjaveden laadussa oli poikkeamia useiden tutkittujen parametrien osalta. Pohjavesi oli mm. hapanta, sulfaattipitoista ja useiden metallien pitoisuudet olivat korkeita. Primääriliuotusalueen tuloksia kuvataan tarkemmin kappaleessa 3.

Pohjavesilaadut esitetään alla (Taulukko 1). Taulukossa käytetään talousvesiasetuksen mukaisia arvoja ja ympäristölaatonormeja havainnollistavana vertailualustana. On kuitenkin huomioitava, ettei kyseessä olevaa vettä ole tarkoitettu talousvesikäyttöön.

Taulukko 1. Pohjavesilaatuja 20.-21. syyskuuta ja 17. lokakuuta 2016. Pitoisuusylitykset on merkattu värein, siten että Talousvesiasetuksen (STM 1352/2015) mukaisia rajoja on tarkasteltu ensisijaisena. Mikäli talousvesiasetuksen mukainen raja ei ole ylittynyt, mutta ympäristölaatonormi (Vna 341/2009) on ylittynyt, on käytetty vaaleampaa merkkiväriä.

Tunnus	Kenttämittaus		pH	Sameus	Alkaliteetti	Sähkönjohtavuus	Fluoridi	Kloridi	Sulfaatti	Ammonium	Nitraatti
	Lämpötila	Redox-potentiaali									
	°C	mV		FNU	mmol/l	mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
STM 1352/2015			6.5-9.5	-	-	250	1,5	250	250	0,5	50
VNa 341/2009 1)			-	-	-	-	-	25	150	0,25	50
WHO 2011 2)											
Lähteet ja lähdekaivot 3)			6,4			7	0,09	2,1	7,6		1
Moreeni, kuilukaivot			6,5			16,8	0,15	4,9	14,3		2,9
Porakaivot			7,6			7,8	0,5	8,8	15,6		0,2
FID27	6,1	-114	7,2	190	0,7	9,3	<0,2	0,7	<0,3	<0,01	<25
FID28	5,6	-6,8	7,0	6,3	1,5	196	<0,2	4,6	1 200	0,1	<25
FID3	6,3	-73	6,8	110	0,7	7,1	<0,2	0,7	<0,3	<0,01	<25
FID5	5,8	-176,5	8,1	9,9	1,3	17,7	<0,2	9,8	9,8	0,01	140
Kipsi3	9	-94,3	7,3	1,9	0,9	11,4	<0,2	0,7	3	0,01	58
Korte1Kallio	7,5	-82	7,1	21	0,8	9,5	<0,2	0,6	4	0,01	<25
Korte1Maa	7,5	-103,5	6,8	31	0,2	3,9	<0,2	0,8	4	0,01	<25
Korte2Maa	10,3	-45,5	4,4	320	0,3	1030	<0,2	9,3	9 500	0,16	1 000
Korte3Kallio	9,8	-96	7,7	1,0	1,0	38,6	<0,2	9,3	140	0,02	260
Korte3Maa	10,3	-47,5	5,5	9,9	0,1	80	<0,2	1,2	440	0,01	420
P7	10,4	-70,1	6,1	6,4	0,3	20,7	<0,2	0,4	59	0,06	5 200
P8	9,4	-37	7,4	22	1,4	26,1	<0,2	1,7	63	0,02	<25
P9	7	-41	8,8	3,5	1,6	15,1	<0,2	2,3	0,5	<0,01	<25
R3	6,4	-10	5,6	80	0,2	5,1	<0,2	0,4	<0,3	1,3	<25
R5	8,6	50	4,7	320	0,1	263	0,6	4,3	1 400	0,26	<25
P1_uusi			7,2	62,0	1,2	45,8	<0,2	2,3	190	0,06	140
TF1			3,4	1,0	<0,02	927	0,5	4,9	14 000	0,1	<25
TF2			4,3	800	<0,02	204	1,6	2,6	1 600	0,59	1500

Tunnus	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	V	Zn	Sb	Al	K	Ca	Na	Fe	U
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
STM 1352/2015	10	5	-	50	2000	1	20	10	-	-	5	200	-	-	200 000	200	30
VNa 341/2009 1)	5	0,4	2	10	20	0,06	10	5	-	60	2,5						
WHO 2011 2)	10	3	5	50	2000	6	70	10	30	1500	20						
Lähteet ja lähdekaivot 3)	0,13	0,03	0,09	0,3	0,82		0,5		0,2	4,8	0,03	21,2	1 000	6 100	2 900	<30	0,16
Moreeni, kuilukaivot	0,26	0,06	0,18	0,33	3,3		1,4	0,13	0,31	19,2	0,05	80,8	3 100	16 600	6 000	60	1,1
Porakaivot	0,79	<0,02	0,05	<0,02	4,7		0,4	0,14	0,19	18,7	0,03	3	2 500	20 500	16 300	50	1,4
FID27	<0,4	<0,1	0,1	<0,3	0,5	<0,2	1,3	0,25	<1,0	9,7	<1,0	1,5	3 100	6 100	3 700	110	<0,5
FID28	<0,4	0,1	0,7	<0,3	0,5	<0,2	0,5	0,25	<1,0	10	<1,0	1,5	9 600	260 000	41 000	150	8,7
FID3	<0,4	<0,1	0,1	<0,3	0,5	<0,2	1,2	0,25	<1,0	12	<1,0	1,5	2 400	4 900	3 000	1 200	<0,5
FID5	<0,4	<0,1	0,1	<0,3	0,5	<0,2	2,1	0,25	<1,0	0,25	<1,0	1,5	3 300	15 000	13 000	98	1
Kipsi3	<0,4	<0,1	1,6	<0,3	2,5	<0,2	2	0,25	<1,0	36	<1,0	4,4	3 400	5 700	4 200	60	<0,5
Korte1Kallio	<0,4	0,6	0,5	<0,3	1,2	<0,2	2,3	0,25	<1,0	31	<1,0	3,7	3 500	5 800	4 200	<10	<0,5
Korte1Maa	<0,4	<0,1	0,1	<0,3	0,5	<0,2	1,2	0,25	<1,0	26	<1,0	1,5	<500	1 900	2 300	150	<0,5
Korte2Maa	<0,4	<0,1	34	<0,3	0,5	<0,2	890	0,25	<1,0	47	<1,0	7,7	35 000	430 000	660 000	790 000	<0,5
Korte3Kallio	<0,4	<0,1	0,1	<0,3	1,5	<0,2	1,7	0,25	4,1	79	<1,0	8,9	6 100	32 000	26 000	19	7,6
Korte3Maa	0,5	0,5	29	0,3	3,6	<0,2	86	1,2	<1,0	90	<1,0	890	2 000	56 000	58 000	170	<0,5
P7	<0,4	0,2	2	<0,3	0,5	<0,2	41	0,25	<1,0	70	<1,0	49	4 000	14 000	3 700	<10	<0,5
P8	<0,4	<0,1	0,4	<0,3	0,5	<0,2	0,5	0,25	<1,0	8,2	<1,0	1,5	4 100	24 000	7 000	21	1,3
P9	<0,4	<0,1	0,1	<0,3	0,5	<0,2	0,5	0,25	<1,0	<5,0	<1,0	3,1	8 600	6 200	14 000	<10	<0,5
R3	0,9	<0,1	0,9	2	1,2	<0,2	2,6	0,25	4,4	210	<1,0	990	1 300	2 900	1 600	9 800	<0,5
R5	3,3	2,2	65	0,8	1200	<0,2	6 400	1,3	<1,0	20 000	<1,0	6 500	11 000	170 000	320 000	9 900	5,4
P1_uusi	<0,4	<0,1	0,4	<0,3	0,5		3,1	0,25	<1,0	8,2	<1,0	8	4 900	34 000	6 400	120	1,1
TF1	62	970	6 300	48	10 000		180 000	1,9	9,6	390 000	<1,0	1 100 000	29 000	170 000	16 000	70 000	1200
TF2	4,8	33	500	11	360		13 000	1,6	<1,0	26 000	<1,0	31 000	13 000	120 000	21 000	65 000	52

1) Asetuksen 341/2009 liite 7 Pohjavettä pilaavat aineet ja niiden ympäristönläätunormit, 2) WHO:n esittämät enimmäispitoisuudet juomavedelle, 3) Backman et al. 1999

Taulukko 2. Täydentävät mittaukset 7.12.2016 ja 10.1.2017 (sekä syksyn 2016 tulokset).

Tunnus	Kenttämittaus		pH	Sameus FNU	Alkaliteetti mmol/l	Sähkön- johtavuus mS/m	Fluoridi mg/l	Kloridi mg/l	Sulfaatti mg/l	Ammonium mg/l	Nitraatti mg/l
	Lämpötila	Redox- potentiaali									
	°C	mV									
STM 1352/2015			6,5-9,5	-	-	250	1,5	250	250	0,5	50
VNa 341/2009 1)			-	-	-	-	-	25	150	0,25	50
WHO 2011 2)											
Lähteet ja lähdekaivot 3)			6,4			7	0,09	2,1	7,6		1
Moreeni, kuilukaivot			6,5			16,8	0,15	4,9	14,3		2,9
Porakaivot			7,6			7,8	0,5	8,8	15,6		0,2
P1_uusi syyskuu 2016			7,2	62,0	1,2	45,8	<0,2	2,3	190	0,06	140
P1_uusi joulukuu 2016	5,4	-28	7,3	28	1,10	50	0,1	2,2	190	0,012	0,76
TF1 lokakuu 2016			3,4	1,0	<0,02	927	0,5	4,9	14 000	0,1	<25
TF1 tammikuu 2017			3,5	9,8	<0,02	980	24	<30	14 000		
TF2 lokakuu 2016			4,3	800	<0,02	204	1,6	2,6	1 600	0,59	1500
TF2 tammikuu 2017			4,6	300	0,36	196	<2	8,4	1 400		

Tunnus	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	V	Zn	Sb	Al	K	Ca	Na	Fe	U
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
STM 1352/2015	10	5	-	50	2000	1	20	10	-	-	5	200	-	-	200 000	200	30
VNa 341/2009 1)	5	0,4	2	10	20	0,06	10	5	-	60	2,5						
WHO 2011 2)	10	3	5	50	2000	6	70	10	30	1500	20						
Lähteet ja lähdekaivot 3)	0,13	0,03	0,09	0,3	0,82		0,5		0,2	4,8	0,03	21,2	1 000	6 100	2 900	<30	0,16
Moreeni, kuilukaivot	0,26	0,06	0,18	0,33	3,3		1,4	0,13	0,31	19,2	0,05	80,8	3 100	16 600	6 000	60	1,1
Porakaivot	0,79	<0,02	0,05	<0,02	4,7		0,4	0,14	0,19	18,7	0,03	3	2 500	20 500	16 300	50	1,4
P1_uusi syyskuu 2016	<0,4	<0,1	0,4	<0,3	0,5		3,1	0,25	<1,0	8,2	<1,0	8	4 900	34 000	6 400	120	1,1
P1_uusi joulukuu 2016	<1,0	<0,03	<0,5	<1			1					66		43	6	2 800	
TF1 syyskuu 2016	62	970	6 300	48	10 000		180 000	1,9	9,6	390 000	<1,0	1 100 000	29 000	170 000	16 000	70 000	1200
TF1 tammikuu 2017	99	1000	5700	100	9200	<0,2	170 000	3,4	21	320 000	<1,0	960 000	33 000	170 000	16 000	63 000	1000
TF2 syyskuu 2016	4,8	33	500	11	360		13 000	1,6	<1,0	26 000	<1,0	31 000	13 000	120 000	21 000	65 000	52
TF2 tammikuu 2017	3,3	6,3	330	1,4	56	<0,2	7 700	<0,5	<1,0	13 000	<1,0	4 700	13 000	120 000	12 000	120 000	1,1

Metallien esiintymisestä tutkimusalueen pohjavesiputkissa (2016 syksyllä) voidaan todeta yhteenvedona seuraavaa:

- Koboltin ja nikkelin pitoisuudet olivat syksyllä 2016 kohonneita maaperän pohjavesiputkissa Korte2Maa ja Korte3Maa ja R5 sekä primääriliuotusalueen keskikaistan (maaperän) pohjavesiputkissa TF1 ja TF2.
- Kadmiumin, kromin ja kuparin kohonneita pitoisuuksia tavattiin primääriliuotusalueen keskikaistan (maaperän) pohjavesiputkissa TF1 ja TF2. Lisäksi kadmiumin ja kuparin kohonneet pitoisuudet tavattiin (mutta kuitenkin primääriliuotusalueen näytteitä vähäisempänä) maaperän pohjavesiputkessa R5.
- Jokseenkin kohonneita sinkkipitoisuuksia havaittiin maaperän pohjavesiputkissa Korte3Maa ja R3. Selvästi korkeampia sinkkipitoisuuksia esiintyi primääriliuotusalueen keskikaistan (maaperän) pohjavesiputkissa TF1 ja TF2 sekä maaperän pohjavesiputkessa R5.
- Alumiinipitoisuus oli korkea pohjavesiputkissa TF1 ja TF2, joskin selvästi korkeampi pohjavesiputkessa TF1. Myös rautapitoisuudet olivat kohonneita molemmissa.
- Sulfaattipitoisuus oli korkea pohjavesiputkessa TF1 ja koholla myös pohjavesiputkessa TF2.
- Pohjavesiputkessa TF2 nitraattipitoisuus oli koholla.
- Kallioperän pohjavesiputkessa Korte3Kallio havaittiin hieman kohonneet sinkki- ja nitraattipitoisuudet.
- Kallioperän pohjavesiputkessa P7 havaittiin hieman kohonnut sinkkipitoisuus, minkä lisäksi nikkelipitoisuus oli jonkin verran kohonnut. Pitoisuudet olivat kuitenkin täysin eri suuruusluokkaa (merkittävästi alhaisempia) kuin putkissa TF1 ja TF2.
- Primääriliuotusalueen eteläpuolisissa putkissa P8 ja P9 ei havaittu pitoisuuksien kohoamista.
- Muilta osin kallioperän veden laatu oli moitteeton.

Täydentävistä mittauksista tutkimusalueen pohjavesiputkissa P1, TF1 ja TF2 (2016 joulukuussa ja 2017 tammikuussa) voidaan todeta seuraavaa:

- Keskitalven mittauksissa voitiin todeta kupari-, nikkeli- ja sinkkipitoisuuksien pitoisuuksien alentuneen lievästi pohjavesiputkessa TF1 ja huomattavasti pohjavesiputkessa TF2.
- Keskitalven mittaustuloksissa arseeni- ja kromipitoisuudet pohjavesiputkessa TF1 olivat kohonneet syksystä ja kadmiumpitoisuus jokseenkin samaa suuruusluokkaa. Pohjavesiputkessa TF2 arseeni- ja kromipitoisuudet olivat jo syksyllä suhteellisen alhaiset ja kadmiumpitoisuus oli enää noin viidesosa syksyisestä.
- Keskitalven mittauksissa pohjavesiputkessa TF1 alumiinipitoisuus oli syksystä hieman alentunut, mutta edelleen korkea. Pohjavesiputkessa TF2 alumiinipitoisuus oli pudonnut kuudennekseen syksyisestä.

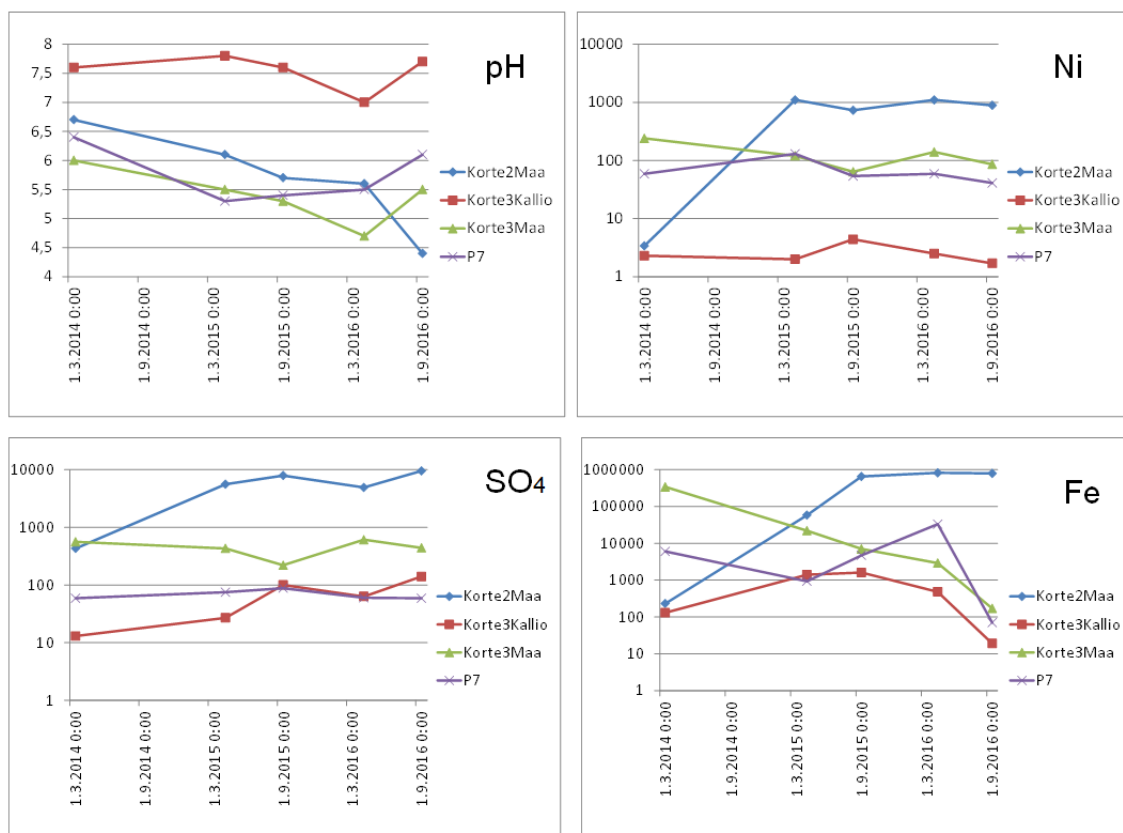
- Fluoridipitoisuus oli keskitalven mittauksessa syksyä selvästi korkeampi pohjavesiputkessa TF1, mutta alentunut pohjavesiputkessa TF2.
- Sulfaattipitoisuus oli keskitalven mittauksissa edelleen korkea pohjavesiputkessa TF1. Pohjavesiputkessa TF2 sulfaattipitoisuus oli hieman alentunut.

2.4 Vertailu aikaisempaan pohjavesitarkkailuun

Vuoden 2015 tarkkailuraportin mukaan pohjaveden laadussa on havaittu muutoksia lähinnä Kortelammen alueen tarkkailupisteissä (Kuva 10) sekä pisteessä R5. Myös syyskuun 2016 tarkastelussa happamuus sekä kohonneet metalli- ja sulfaattipitoisuudet sijoittuvat tälle alueelle. Veden laadun heikkeneminen näkyy kuitenkin selvimpänä maaperän putkissa – kalliopohjaveden ollessa laadultaan parempaa.

Vuoden 2015 tarkkailuraportissa nousivat esille myös vedenlaatumuutokset tehdasalueen putkessa P1. Alueen uudessa putkessa vastaavia laatu poikkeamia ei esiintynyt. Näin ollen on mahdollista, että putken heikentynyt toiminta on vaikuttanut vuoden 2015 tulokseen, mutta kertamittaukseen perusteella johtopäätöksen teko on epävarmaa. Pisteiden tarkkailu jatkuu.

Tehdasalueen pohjavesiputki P1 sekä primääriliuotusalueen keskikaistan pisteet TF1 ja TF2 sijoittuvat molemmat ruhjeiden päälle (ruhjeet, Kuva 3). On kuitenkin epävarmaa, onko näillä kahdella (toisiaan tehdasalueen eteläkulmalla lähestyvällä) ruhjeella selkeää kontaktia.



Kuva 10. Esimerkkejä Kortelammen alapuolisten pisteiden laatukehityksestä (maaperävedenlaadut Korte2Maa 2 Korte3Maa kallioperän vedenlaatu Korte3Kallio). Lisäksi primääriliuotusalueen tuntumassa sijaitsevan kalliopohjavesiputken P7 vedenlaatukehitys.

3 SELVITYS PRIMÄÄRILIUOTUSALUEEN MAAPERÄÄN KOHDISTUVISTA PÄÄSTÖISTÄ

3.1 Yleistä

Primääriliuotusalueen keskikaistan hihnakuljettimilta ripettää jonkin verran malmimursketta maahan, mutta ripe poistetaan säännöllisesti kuljettimen alta. Kaistalla sijaitsevat kuljettimet sekä tuoreelle malmille että purkumalmille. Näillä tutkimuksilla on selvitetty aiheutuuko keskikaistan alueelta päästöjä maaperään ja pohjaveteen ja onko alueella tarve tehdä toimenpiteitä päästöjen estämiseksi (esim. tiiviit rakennekerrokset). Keskikaistalle ei ole rakennettu vastaavia tiiviitä rakennekerroksia kuin liuotuskasojen alueille tehdyt rakenteet.

Arviointia varten keskikaistan alueella selvitettiin maaperän ja pohjaveden laatua. Lisäksi arviossa hyödynnettiin tilaajan laajaa tutkimus- ja tarkkailuaineistoa sekä Geologian tutkimuskeskuksen sähköisiä aineistoja.

3.2 Primääriliuotusalue

Alueen malmin (Ni-Cu-Co-Zn-mineralisaatiot/mustaliuske) päämineraalit ovat magneetikiisu (FeS), rikkikiisu (FeS₂), kuparikiisu (CuFeS₂), sinkkivälke (ZnS) ja pentlandiitti (Fe, Ni, Co)S. Nikkelin määrä malmissa on keskimäärin 0,22 %, sinkin 0,50 % kuparin 0,13 % ja koboltin 0,02 %. Sulfidien määrä malmissa on yleensä 15–25 %. Mustaliuske sisältää myös grafiittia. Helposti rapautuvista sulfidimineraaleista johtuen happamien valumavesien muodostuminen on mahdollista. Niiden muodostumiseen vaikuttavat sulfidimineraalien ja happamuutta neutraloivien mineraalien (esim. kalsiitti, dolomiitti) suhde.

Louhittu (avolouhinta) malmi murskataan noin 8 mm raekokoon, agglomeroidaan eli rakeistetaan (+rikkihappolisäys) ja siirretään sähkökäyttöisellä hihnakuljettimella primääriliuotusalueelle kasattavaksi. Agglomeroitu malmi on noin 5 % kosteudessa eikä se pölyä merkittävästi. Bioluotuskasoja täytetään ns. stakkereiden avulla. Primääriliuotusalueen keskelle on rakennettu koko keskikaistan pituinen hihnakuljetin. Malmin kasaus tapahtuu sähkökäyttöisellä kasauslaitteistolla, joka kasaa malmin tasaisesti haluttuun kasan muotoon. Järjestelmän pääkomponentti on useiden satojen metrien pituinen siltakuljetin, jonka alle on asennettu määrävälein tela-alustoja. Siltakuljettimen suuntaisesti kulkee malmin purkulaite, joka ohjaa malmivirran kasalle. Primäärivaiheen liuotuskasan korkeus on 6–10 metriä, yhden kentän koko on 400 m x 1 200 m. Kun malmi on liuotettu noin puolitoista vuotta primäärivaiheessa, kasa puretaan ja malmi siirretään ja kasataan uudelleen sekundääriliuotusalueelle. Siellä liuotusta jatketaan, jotta metallit saadaan talteen myös primääriliuotuksessa huonosti liuenneista liuotuskasan osista. Toisen liuotusvaiheen jälkeen liuotettu malmi jää pysyvästi sekundäärikasoihin.

Primääriliuotusalueen pohja on tasattu rinteeseen 3–5 %:n kaltevuuteen. Tasattu alue on tiivistetty vettä läpäisemättömäksi pohjaksi, jonka päälle on asennettu salaojakerros karkearakeisesta sivukivimurskeesta. Salaojakerrokseen on sijoitettu salaojaputkistot kiertoliuoksen keräystä varten. Salaojakerroksen päälle on asennettu ilmastusputkisto, jonka kautta kasaan puhalletaan puhaltimilla ilmaa. Primääriliuotusalueen pohjarakenne sisältää kantavan kerroksen, vedeneristysrakenteen, salaojituserroksen (murske ja salaojaputket) ja ilmastusputkiston. Vedeneristyskerros on toteutettu muotoillun pohjan

päälle asennettavalla kaksoiseristyksellä, joka muodostuu alhaalta lukien bentoniittimatosta ja 2 mm:n HDPE-muovista tehdystä yhtenäisestä keinotekoisesta eristeestä.

Primääriliuotusalueen keskellä, ns. keskikaistalla ei ole suojarakenteita. Alla esitetään yleisnäkymä keskikaistan alueelta (Kuva 11).



Kuva 11. Yleiskuva primääriliuotusalueen keskikaistalta.

Bioliuotuksesta metallien talteenottoon johdettavan PLS-liuoksen koostumus vaihtelee louhitun malmin pitoisuuksien ja liuotuksen vaiheen mukaan. Tyypillisesti PLS-liuos sisältää metalleja seuraavasti: nikkeliä 1,0–4,0 g/l, sinkkiä 2,0–10,0 g/l, kuparia alle 0,5 g/l, kobolttia alle 0,5 g/l, uraania 0,01–0,07 g/l, rautaa 5–40 g/l, mangaania 3–15 g/l, magnesiumia 3–10 g/l, alumiinia 3–9 g/l, kalsiumia 0,5–1,0 g/l ja natriumia 0,1–2,0 g/l. Muiden metallien, kuten arseenin, kromin ja kadmiumin, pitoisuudet ovat alle 0,1 g/l.

Päästöjä bioliuotuksessa aiheutuu lähinnä kasojen ilmastukseen käytettävien puhaltimien melusta. Kasojen yläpuolisen ilman laadun mittauksen perustella happamat liuospisarat eivät nouse kasan pinnasta riittävästi kulkeutuakseen ympäristöön.

3.3 Maastotutkimukset

3.3.1 Maanäytteiden otto, putkien asennus ja vesinäytteiden otto

Primääriliuotusalueen keskikaistan tutkimuspisteet sijoitettiin määrävälein huomioiden kaapeleiden ja putkistojen kulkulinjat. Primääriliuotusalueen keskikaistan alue on tasattu noin tasolle +226 (N2000).

Maanäytteenotto toteutettiin auger-kairauksella, mutta putkien asennus maaperän kivisyyden/lohkareisuuden vuoksi porauskalustolla (suojaputkikalusto, vesihuuhtelu). Maanäytteitä otettiin yhteensä kuudesta pisteestä (TF1-TF6). Näytteet otettiin tiiviskantisiin näyteastioihin. Näytteitä säilytettiin viileässä. Näytteenoton yhteydessä

määritettiin maaperän laatu silmämääräisesti. Tutkimuspistetiedot esitetään liitteessä 1. Tutkimuspisteiden sijainnit ja korkeudet kartoitettiin tarkkuus-GPS:llä; ETRS-TM35FIN tasokoordinaatit ja korkeusasema N2000-järjestelmässä.

Pohjavesiputket asennettiin pisteisiin TF1 ja TF2. Pohjavesiputkena käytettiin tehdasvalmisteista Jensen PEH-putkea. Putki on elintarvikekelpoinen, sisähalkaisija on 50 mm (ulkohalkaisija 63 mm), siivilän reikäkoko on 0,3 mm. Putkikortit löytyvät liitteestä 1. Putkien asennuksen jälkeen putket tyhjennettiin pumppaamalla niistä pois vettä sähköpumpulla tuntien ajan (tuotto oli hyvä).

Vesinäytteet otettiin 17.10.2016 noin viikon kuluttua putkien asennuksesta putkista TF1 ja TF2 sekä alueella primääriliuotusalueen ja tehdasalueen välissä jo olemassa olevasta pohjavesiputkesta (P1_uusi). Ennen näytteenottoa mitattiin kaikista putkista vesipinnat sekä lämpötila, pH, sähkönjohtavuus ja redox-potentiaali. Vesinäytteet otettiin noudattaen Suomen ympäristökeskuksen ajantasaista ohjeistusta (Karvonen ym. 2012). Ennen näytteenottoa putkista pumpattiin vettä sähkökäyttöisellä uppopumpulla noin 20 minuutin ajan. Putkien tuotot todettiin hyviksi (karkean arvion mukaan noin 20 l/min). Näytteet otettiin laboratorioden toimittamiin pulloihin heidän ohjeidensa mukaisesti. Näytteitä säilytettiin valolta suojattuna viileässä (kylmälaukut+kylmäpatruunat). Otetut vesinäytteet toimitettiin välittömästi näytteenoton jälkeen laboratorioon.

Koska pohjavesiputket olivat uusia ja mittauskertoja vain yksi, suoritettiin tammikuussa 2017 (10.1.2017) täydentävä pohjavesinäytteenotto primääriliuotusalueen keskikaistan pohjavesiputkista TF1 ja TF2. Näytteet otettiin vastaavasti kuin syksyllä, mutta nyt Terrafame Oy:n toimesta (sertifioitu näytteenottaja). Ennen näytteenottoa mitattiin pohjaveden korkeudet ja näytteenoton yhteydessä veden lämpötila ja pH-arvo.

3.3.2 Laboratorioanalyysit

Kaikista otetuista maanäytteistä tutkittiin alkuainepitoisuudet Innov-X-röntgenfluoresenssilaitteella. Kuudesta (6) maanäytteestä määritettiin laboratoriossa öljyhiilivetyjen ja 12 maanäytteestä metallien (ns. pima-metallit) pitoisuudet. Yhdestä, kokonaispitoisuuksien perusteella valitusta maanäytteestä määritettiin liukoisuudet 2-vaiheisella ravistelutestillä.

Pohjavesinäytteistä määritettiin öljyhiilivedyt C5-C40 ja metallit/puolimetallit (Al, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Fe, Pb, Ni, Zn, Sb, As ja U) sekä fysikaalis-kemialliset perusmääritykset eli lämpötila, sameus, pH, alkaliteetti, sähkönjohtavuus, tyyppiyhdisteet (NH₄, NO₃), sulfaatti, kloridi ja fluoridi sekä keskeiset alkali/maa-alkalimetallit (Na, Ca, K). Tammikuussa 2017 näytteistä määritettiin vastaavat komponentit kuin syksyllä, mutta ei öljyhiilivetyjä, koska niitä ei syksyllä havaittu eikä pitoisuustasoa ollut tarve varmistaa. Näytteet analysoitiin SGS Oy:n laboratoriossa. Laboratorio on akkreditoitu laboratorio.

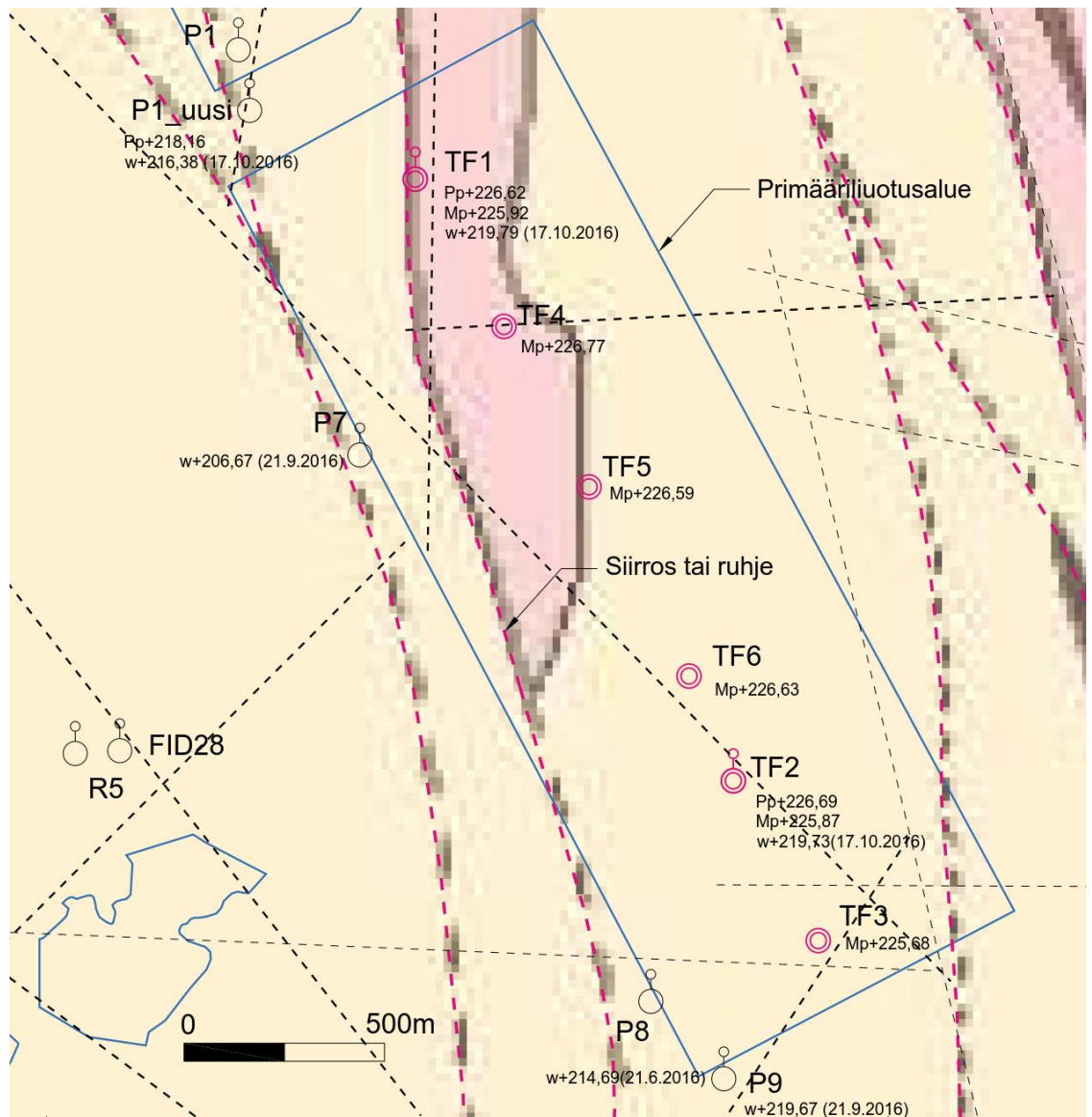
3.4 Hydrogeologiset olosuhteet

3.4.1 Kallioperä

Primääriliuotusalue sijoittuu kokonaisuudessaan arkeisen kallioperän alueelle ja on pääosin tonaliittista migmatiittia ja pegmatiittia (<http://gtkdata.gtk.fi/maankamara/>). Migmatiitti on seoskivi, jossa vanhempaan kiveen (yleensä gneissiin) on magmana tai liuksina tunkeutunut tai vanhemmasta kivilajista metamorfoosin yhteydessä sulanut ja erottunut nuorempaa kiveä (yleensä graniittia). Tonaliitti on syväkivi, granitoidi, jossa

on vain vähän kalimaasälpää. Pegmatiitti on hyvin karkearakeinen magmakivi, esiintyy tavallisesti juonina. Suurin osa pegmatiiteista on graniitipegmatiitteja. Primääriliuotusalueen kallioperä ei laatusa vuoksia sisällä tavanomaista enempää esim. raskasmetalleja. Malmivyöhyke ja itse louhosalue sijoittuu primääriliuotusalueen itäpuolelle.

Olemassa olevan aineiston perusteella alueella on siirroksia tai ruhjeita, myös primääriliuotusalueella ja sen länsipuolella (Kuva 12). Tämän selvityksen mukaan pisteessä TF1 kallionpinta oli noin 7,7 m syvyydellä ,maanpinnasta eli tasolla +218,22 (N2000) ja pisteessä TF2 noin 7,3 m syvyydellä tasolla +218,57 N2000. Kairaukset ulotettiin kallioon enimmillään 2,3 m. Kairajan havaintojen mukaan pisteessä TF1 kallion pintaosa oli rikkonaista. Kallioperäaineiston mukaan piste TF1 sijoittuu pegmatiitin ja tonaliittisen migmatiitin rajalle, sen alueelle on merkitty myös ruhje.



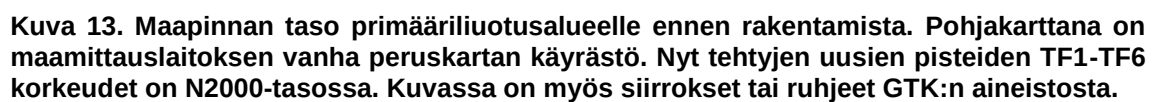
Kuva 12. Kallioperän yleispiirteet. Vaalean keltainen väri kuvaa tonaliittista migmatiittia ja vaalenpunainen pegmatiittia. Punaisella korosteella pohjakartan päällä on kallioperäkartassa (<http://gtkdata.gtk.fi/maankamara/>) olevat ruhjeet ja mustalla GTK:n myöhemmin tulkitsemat ruhjeet.

3.4.2 Maaperä

Primääriliuotusalue on perustettu länteen viettävälle rinnealueelle. Alla (Kuva 13) on primääriliuotusalue esitettynä vanhalla peruskarttapohjan korkeuskäyrästöllä. Olemassa olevan tiedon perusteella kallionpinta on lähellä maanpintaa primääriliuotusalueen koillis-keskiosalla, (<http://gtkdata.gtk.fi/maankamara/>). Nykyisellään primääriliuotusalueen keskikaistalla maapinta on noin tasolla +226 (N2000). Vanhan peruskartan mukaan primääriliuotusalueella luonnontilainen maapinta on ollut noin tasolla +215...+260 (N60), siten alueella on täyttöjen lisäksi tehty myös louhintaa.

Primääriliuotusalueella täyttökerrosten paksuus vaihtelee alapuolella olevan luonnontilaisen maapinnan mukaisesti ja tehtyjen louhintojen mukaisesti. Täyttöjen aines on pääosin paikallista (louhe) tai kaivospiirin muilta alueilta tuotua. Primääriliuotusalueella luonnonmaakerros on pääosin ohut ja se koostuu olemassa olevan tiedon mukaan moreenista. Maa- ja kallionpinta viettää pääosin lounaaseen. Primääriliuotusalue sijaitsee arkeisen kallioperän alueella ja kallioperä on myös mannerjäätikön tulosuunnassa (luode->kaakko) arkeista, joten luonnonmaanperän raskasmetallien pitoisuudet eivät ole tavanomaista suurempia.

Nyt tehtyjen kairausten mukaan primääriliuotusalueen keskikaistan pintaosan täytöt koostuivat kairaajan havaintojen mukaan lähinnä hiekkaiseksi soraksi tai moreeniksi luokiteltavasta materiaalista. Materiaali on kuitenkin murskattua kiviainesta ja kuljettimelta varissutta materiaalia (Kuva 14, Kuva 15). Syvemmällä aines oli lohkarista eikä auger-kairauksella päästy 2,5 m syvemmälle (Liite 1). Pohjavesiputkien asennuspisteissä (TF1 ja TF2) kairaukset tehtiin porakonekalustolla (vesihuuhtelu), jolloin päästiin läpi louhetäytöistä.





Kuva 14. Putki TF1.



Kuva 15. Putki TF2. Kuvaussuunta luoteeseen.

3.4.3 Pohjavesi

Primäärialueen pohjavesiputkissa TF1 ja TF2 vesipinta oli mittausajankohtana (17.10.2016) noin kuuden metrin syvyydellä keskikaistan pinnasta eli noin tasolla +219,73...+219,79 m (N2000). Talvella (10.1.2017) vesipinta oli vastaavalla tasolla eli +219,74...+219,81 (N2000). Pohjaveden virtaussuunta on lounaaseen. Pohjaveden virtauskuva ja vesipinnat myös lähialueen putkista ilmenevät dokumentin alkupuolella esitetyistä kuvista (Kuva 4, Kuva 5, Kuva 6).

Alueen pohjavesiolosuhteisiin vaikuttavat täyttöjen, louhoksen, altainen ja patojen lisäksi kalliooperän ruhjeisuus. Alueella on ohut maapeite, ja kallio on ruhjeista, joten kalliopohjavesi voi olla kohteessa merkittävä haitta-aineiden kulkeutumisväylä.

3.5 Analyysitulokset

3.5.1 Maanäytteet

Öljihiilivedyt

Laboratorioanalyysissä määritettiin öljyhiilivedyt kuudesta näytteestä. Analyysitulosten koonti esitetään alla (Taulukko 3).

Taulukko 3. Maanäytteiden öljyhiilivetyjen pitoisuudet.

Tunnus	Bentseeni	Tolueni	Etyyli-bentseeni	Ksyleenit	Haihtuvat hiilivedyt (C ₅ -C ₁₀)	Keskitisleet (C ₁₁ -C ₂₁)	Raskaat öljyhiiliv. (C ₂₂ -C ₄₀)	Öljihiiliv. (C ₁₀ -C ₄₀)
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Kynnysarvo	0,02							300 ¹⁾
Alempi ohjearvo	0,2	5	10	10	100	300	600	
Ylempi ohjearvo	1	25	50	50	500	1000	2000	
TF1(1,0-1,5m)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,04	<5	<20	<20	<40
TF2(0,5-1,0m)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,04	<5	<20	23	<40
TF3(0,5-1,0m)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,04	<5	<20	28	<40
TF4(0,0-0,5m)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,04	<5	<20	<20	<40
TF5(0,0-0,5m)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,04	<5	<20	27	<40
TF6(0,0-0,5m)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,04	<5	<20	<20	<40

¹⁾ Kynnysarvo öljyjakeille >C₁₀-C₄₀

Haihtuvien hiilivetyjen (C₅-C₁₀) kokonaispitoisuudet olivat kaikissa näytteissä alle analyysitarkkuusrajan (<5 mg/kg). Esimerkiksi valtioneuvoston asetuksen 214/2007 asuinalueilla sovellettava alempi ohjearvotaso haihtuvien hiilivetyjen kokonaispitoisuudelle (C₅-C₁₀) on 100 mg/kg ja teollisuusalueilla sovellettava ylempi ohjearvo 500 mg/kg. Myös yksittäisten komponenttien (26 kpl) pitoisuudet alittivat analyysitarkkuusrajat.

Keskitisleiden (C₁₁-C₂₁) pitoisuudet olivat alle analyysitarkkuusrajan (<20 mg/kg). Esimerkiksi alempi ohjearvo keskitisleille on 300 mg/kg ja ylempi ohjearvo 1000 mg/kg.

Raskaiden hiilivetyjen (C₂₂-C₄₀) pitoisuudet olivat välillä <20-28 mg/kg. Pitoisuudet ovat hyvin pieniä. Esimerkiksi alempi ohjearvotaso raskaille jakeille on 600 mg/kg ja ylempi ohjearvo 2000 mg/kg.

Öljihiilivetyjakeille >C₁₀-C₄₀ on määritetty kynnysarvo 300 mg/kg. Se alittui kaikissa näytteissä.

Metallit

Kokonaispitoisuudet

Kaikista otetuista näytteistä mitattiin suuntaa-antavat metallipitoisuudet Innov-X-röntgenfluoresenssilaitteella. Mittauksissa havaittiin kynnysarvotason ylityksiä arseenin, kromin, kuparin nikkelin ja sinkin osalta. Lisäksi yhdessä näytteessä (TF2 0,0-0,5m) sinkkipitoisuus ylitti alemman ohjearvotason (Taulukko 4).

Taulukko 4. Maanäytteiden pikatestien tulokset (Innov-X-röntgenfluoresenssilaitte).

Tunnus	Syvyys	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
Kynnysarvo		5	1	20	100	100	0,5	50	60	2	100	200
Alempi ohjearvo		50	10	100	200	150	2	100	200	10	150	250
Ylempi ohjearvo		100	20	250	300	200	5	150	750	50	250	400
TF1	0,0-0,5	ND	ND	ND	37	31	ND	18	17,9	ND	78	87
	0,5-1,0	ND	ND	ND	37	21	ND	17	13,9	ND	80	83
	1,0-1,5	5,1	ND	ND	66	16	ND	ND	15,1	ND	87	100
	1,5-2,0	5,5	ND	ND	64	21	ND	29	15,3	ND	75	96
	2,0-2,5	ND	ND	ND	57	25	ND	27	19,9	ND	76	103
TF2	0,0-0,5	10,8	ND	ND	78	126	ND	71	13,3	ND	82	270
	0,5-1,0	ND	ND	ND	58	37	ND	47	8,5	ND	68	247
	3,0-4,0	5,9	ND	ND	67	18	ND	67	14,8	ND	62	62
TF3	0,0-0,5	ND	ND	ND	68	61	ND	55	15,4	ND	59	108
	0,5-1,0	ND	ND	ND	69	36	ND	37	28,4	ND	77	105
TF4	0,0-0,5	ND	ND	ND	52	38	ND	29	ND	ND	32	57
	0,5-1,0	ND	ND	ND	35	40	ND	49	13,8	ND	72	81
	1,0-1,5	ND	ND	ND	113	39	ND	73	16,8	ND	77	145
TF5	0,0-0,5	4,3	ND	ND	45	39	ND	16	ND	ND	53	47
	0,5-1,0	ND	ND	ND	111	32	ND	48	17	ND	76	73
	1,0-1,5	5,3	ND	ND	85	65	ND	43	12	ND	71	100
TF6	0,0-0,5	ND	ND	ND	23	26	ND	41	ND	ND	28	59
	0,5-1,0	ND	ND	ND	26	32	ND	40	ND	ND	22	52
	1,0-1,5	4,5	ND	ND	38	54	ND	78	ND	ND	31	124
	1,5-2,0	ND	ND	ND	27	45	ND	72	ND	ND	33	98

ND= not detected

Pikatestimittaustulosten perusteella valittiin laboratorioanalyysiin 12 näytettä. Tulokset on esitetty alla (Taulukko 5). Laboratorioanalyysissä kohonneita pitoisuuksia havaittiin vain näytteessä TF2 (0,0-0,5m), jossa kuparin ja sinkin pitoisuudet ylittivät lievästi ylempät ohjearvotasot. Lisäksi em. näytteessä ylittyi alempi ohjearvo nikkelin osalta sekä kynnysarvot arseenin, kadmiumin ja koboltin osalta. Tämän lisäksi pisteessä TF5 (0,0-0,5m) ylittyi kynnysarvo arseenin osalta ja pisteessä TF6 (1,0-1,5m) nikkelin osalta.

Taulukko 5. Maanäytteiden metallipitoisuudet.

Tunnus	Metallit										
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn
Maanäytteet	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Luontainen pit.	1	0,03	8	31	22	0,005	17	5	0,02	38	31
Kynnysarvo	5	1	20	100	100	0,5	50	60	2	100	200
Alempi ohjearvo	50	10	100	200	150	2	100	200	10	150	250
Ylempi ohjearvo	100	20	250	300	200	5	150	750	50	250	400
TF1(0,0-0,5m)	1,8	<0,3	6	13,8	26,6	<0,2	13,5	5,7	<1	16,3	69
TF1(1,0-1,5m)	2,4	<0,3	7,2	45,1	19,5	<0,2	15,2	4,8	<1	20,1	83,6
TF2(0,0-0,5m)	11,9	1,1	24,5	67,2	200,3	<0,2	105,3	6,1	<1	53,3	404,7
TF2(0,5-1,0m)	1,3	0,7	8,3	28,6	27,4	<0,2	34	3,2	<1	17	190,6
TF3(0,0-0,5m)	2,6	<0,3	9,4	41	48,5	<0,2	31,1	4,1	<1	30,7	74,8
TF3(0,5-1,0m)	2,9	<0,3	10,7	47,4	37,9	<0,2	28,2	13,2	<1	31,6	96,1
TF4(0,0-0,5m)	3,7	<0,3	9,3	44,4	73,1	<0,2	33,7	3,2	<1	23,3	82,6
TF4(1,0-1,5m)	2,4	<0,3	11,6	41,3	30,4	<0,2	48,4	3,5	<1	19,4	99,9
TF5(0,0-0,5m)	6,6	<0,3	9,9	46,4	78,8	<0,2	44,4	5	<1	40,5	120
TF5(0,5-1,0m)	1,4	<0,3	14	48,6	31,2	<0,2	32,6	5,2	<1	24,9	63,4
TF6(0,0-0,5m)	1,3	<0,3	3,1	19,3	30	<0,2	32,8	0,9	<1	4,3	54,3
TF6(1,0-1,5m)	3,4	0,5	7,1	23,2	50,2	<0,2	64,1	1,6	<1	8,2	113,4

Liukoisuustutkimukset

Pisteestä TF2 (0-0,5m), jossa havaittiin korkeimmat pitoisuudet, määritettiin liukoisuudet 2-vaiheisella CEN-ravistelutestillä (SFS-EN12457-3). Ravistelutestin suodoksista määritettiin As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, Se, V, Zn, Hg, Cl, F, SO₄, DOC, pH ja SJK. Tutkimustulokset on esitetty taulukossa 5. Pitoisuuksia on verrattu kaatopaikalle annettuihin viitearvoihin (VNa 313/2013).

Tutkimustulosten perusteella liukoiset pitoisuudet maa-aineksessa ovat pieniä. Liukoisuudet alittavat esimerkiksi tavanomaisen jätteen kaatopaikalle asetetut normit. Vain kadmiumin, nikkelin ja sinkin osalta ylittyivät pysyvän jätteen kaatopaikan normit.

Sivukivistä ja malmista tehtyjen liukoisuuskokeiden perusteella yleisimmin liukenevat metallit ovat nikkeli ja sinkki.

Taulukko 6. Liukoisuudet ja niiden vertailu kaatopaikkannormeihin (VNa 331/2013).

Aine / muuttuja	VNa 331/2013 viitearvot L/S 10		2-vaiheinen ravistelutesti L/S 10	
	Pysyvän jätteen kaatopaikka mg/kg	Tavanomaisen jätteen kaatopaikka ³ mg/kg	Ongelmajätteen kaatopaikka ⁴ mg/kg	TF2(0,0-0,5m) mg/kg
Arseeni (As)	0,5	2	25	<0,2
Barium (Ba)	20	100	300	0,2
Kadmium (Cd)	0,04	1	5	0,06
Kromi yhteensä (Cr _{kok})	0,5	10	70	<0,1
Kupari (Cu)	2	50	100	1,3
Elohopea (Hg)	0,01	0,2	2	<0,002
Molybdeeni (Mo)	0,5	10	30	<0,2
Nikkeli (Ni)	0,4	10	40	8,2
Lyijy (Pb)	0,5	10	50	<0,1
Antimoni (Sb)	0,06	0,7	5	<0,01
Seleen (Se)	0,1	0,5	7	0,02
Sinkki (Zn)	4	50	200	25
Kloridi (Cl ⁻)	800	15 000	25 000	<10
Fluoridi (F ⁻)	10	150	500	<5
Sulfaatti (SO ₄ ²⁻)	1000	20 000	50 000	590
DOC ¹	500	800	1 000	7
TDS ²	4000	60 000	100 000	-

1) Jos liuenneen orgaanisen hiilen (DOC) raja-arvo ylittyy jätteen omassa pH:ssa, voidaan jäte vaihtoehtoisesti testata uutossuhteessa L/S = 10 l/kg pH:ssa 7,5-8,0. Jätteen katsotaan täyttävän liuenneen orgaanisen hiilen kelpoisuusvaatimuksen, jos pitoisuus on enintään 800 mg/kg ja vastaavasti ongelmajätteen kaatopaikalle 1000 mg/kg.

2) Liuenneiden aineiden kokonaismäärän (TDS) raja-arvoa voidaan soveltaa sulfaatin ja kloridin raja-arvojen sijasta.

3) Kelpoisuusperusteet tavanomaisen jätteen ja vakaan reagoimattoman ongelmajätteen sijoittamisessa yhdessä tavanomaisen jätteen kaatopaikalle. Vakaata reagoimatonta ongelmajätettä saa sijoittaa vain tavanomaisen kaatopaikan sellaiseen osaan, johon ei sijoiteta biohajoavaa jätettä.

4) Nykyään ns. vaarallinen jäte (VNa 179/2012).

3.6 Vesinäytteiden tutkimustulokset

Öljihiilivedyt

Haihtuvien hiilivetyjen kokonaispitoisuudet alittivat analyysitarkkuusrajan. Myös yksittäisten komponenttien pitoisuudet olivat alle analyysitarkkuusrajojen.

Keskittisleiden (C11-C21) pitoisuudet alittivat analyysitarkkuusrajan (<30 µg/l), samoin raskaiden jakeiden (C21-C40) pitoisuudet (<60 µg/l). Nykyisessä talousvesiasetuksessa (STM 1352/2015) ei ole viitearvoja öljyhiilivedyille. Pohjavesialueilla sovellettava ympäristölaatu normi öljyjakeille C10-C50 on 50 µg/l (VNa 341/2009).

Alkuaineet (metallit)

Pohjaveden alkuaineiden pitoisuudet olivat selvästi koholla pisteessä TF1 ja pisteessä TF2 lievemmin. Primääriliuotusalueen pohjoispuolen putkessa P1_uusi pitoisuudet olivat pieniä (taulukko 7). Metalleista koholla olivat etenkin kadmium, koboltti, kupari, nikkeli, sinkki ja alumiini. Talvella pisteistä TF1 ja TF2 tehdyissä uusintamäärittelyissä pitoisuudet olivat pääosin samaa suuruusluokkaa kuin syksyllä, mutta erojakin oli. Pisteessä TF1 arseeni-, kadmium- ja kromipitoisuudet olivat hieman korkeampia ja uraani-, alumiini-, nikkeli- ja kuparipitoisuudet puolestaan hieman alhaisempia talvella kuin syksyllä. Pisteessä TF2 pitoisuudet olivat talvella kaikilta osin alhaisempia kuin syksyllä lukuun ottamatta rautaa, jonka pitoisuus oli lähes kaksinkertainen.

Primäärialuealueen keskikaistan pohjavesissä havaittiin myös kohonneita uraanipitoisuuksia, erityisesti pohjavesiputkessa TF1. TF1:n uraanipitoisuus oli lokakuussa 2016 1200 µg/l ja tammikuussa 2017 1000 µg/l. TF2:n uraanipitoisuus oli lokakuussa 2016 52 µg/l ja tammikuussa 2017 1,1 µg/l. Pohjaveden keskimääräinen uraanipitoisuus Suomessa on ollut 21,2 µg/l porakaivoissa ja 1,4 - 3,1 kaivetuissa kaivoissa maalajista riippuen (Lahermo ym. 1990). PLS-liuoksessa uraanipitoisuus vaihtelee välillä 0,01–0,07 g/l (10 000 – 70 000 µg/l).

Valtioneuvoston asetuksessa 214/2007 ei ole määritetty viitearvoja pohjaveden pilaantuneisuuden arviointiin. Suomessa ei ole myöskään muita lakisääteisiä veden pilaantuneisuuden arviointiin määritettyjä viitearvoja. Tästä johtuen arvioinnissa hyödynnetään yleisesti sovellettuna Sosiaali- ja terveysministeriön talousvesiasetusta (1352/2015) myös niiden alueiden osalta, joiden pohjavettä ei käytetä talousvetenä. Valtioneuvoston asetuksen 341/2009 (valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä annetun asetuksen muuttamisesta) liitteessä 7 on esitetty pohjavettä pilaavat aineet ja niiden ympäristölaatuunormit. Näitä sovelletaan pohjavesialueilla. Uuden pima-ohjeen (Ympäristöministeriö 2014) mukaan suositellaan tärkeillä ja muilla vedenhankintaa soveltuvilla pohjavesialueilla käytettäväksi vertailuarvoina uusimpia WHO:n esittämiä enimmäispitoisuuksia juomavedelle. Em. viitearvoja on esitetty myös taulukoissa (Taulukko 7, Taulukko 8). Lisäksi taulukossa on viitearvoina Geologian tutkimuskeskuksen selvityksen (Backman ym. 1999) viitearvoja erilaisissa kaivoissa.

Taulukko 7. Pohjavesinäytteiden alkuaineiden pitoisuuksia.

Tunnus	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	V	Zn	Al	K	Ca	Na	Fe	U
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
STM 1352/2015 ¹	10	5	-	50	2000	1	20	10	5	-	-	200	-	-	200000	200	30
VNa 341/2009 ²	5	0,4	2	10	20	0,06	10	5	2,5	-	60	-	-	-	-	-	-
WHO 2011 ³	10	3	5	50	2000	6	70	10	20	30	1500	-	-	-	-	-	30
Lähteet ja lähdekaivot ⁴	0,13	0,03	0,09	0,3	0,82		0,5		0,03	0,2	4,8	21,2	1000	6100	2900	<30	0,16
Moreeni, kuilukaivot ⁴	0,26	0,06	0,18	0,33	3,3		1,4	0,13	0,05	0,31	19,2	80,8	3100	16600	6000	60	1,1
Porakaivot ⁴	0,79	<0,02	0,05	<0,02	4,7		0,4	0,14	0,03	0,19	18,7	3	2500	20500	16300	50	1,4
TF1(17.10.2016)	62	970	6300	48	10000	-	180000	1,9	<1,0	9,6	390000	1100000	29000	170000	16000	70000	1200
TF1(10.1.2017)	99	1000	5700	100	9200	<0,2	170000	3,4	<1,0	21	320000	960000	33000	170000	16000	63000	1000
TF2(17.10.2016)	4,8	33	500	11	360	-	13000	1,6	<1,0	1,0	26000	31000	13000	120000	21000	65000	52
TF2(10.1.2017)	3,3	6,3	330	1,4	56	<0,2	7700	<0,5	<1,0	<1,0	13000	4700	13000	120000	12000	120000	1,1
P1_uusi (17.10.2016)	<0,4	<0,1	0,4	<0,3	<0,1	-	3,1	<0,5	<1,0	<1,0	8,2	8	4900	34000	6400	120	1,1

1) Talousvesiasetus, 2) Pohjavettä pilaavat aineet ja niiden ympäristölaatuunormit (VNa 341/2009), 3) WHO:n esittämät enimmäispitoisuudet juomavedelle, 4) Backman ym. 1999 (Geologian ja ihmisen toiminnan vaikutus pohjaveteen. Seurantatutkimuksen tulokset vuosilta 1969-1996. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 147).

Fysikaalis-kemialliset parametrit

Pohjaveden fysikaalis-kemiallisissa laatuparametreissa havaittiin selvästi kohonneita pitoisuuksia etenkin pisteessä TF1 (taulukko 8). Sähkönjohtavuuden arvot ja sulfaattipitoisuudet olivat koholla ja pH-arvot olivat alhaiset. Pisteessä P1_uusi pitoisuudet olivat selvästi pienempiä. Pisteessä TF2 typpipitoisuudet olivat hieman suuremmat kuin muissa pisteissä, mutta kuitenkin myös vielä alhaiset. Talvella arvot olivat pääosin samaa suuruusluokkaa kuin syksyllä. Lähinnä pisteessä TF1 fluoripitoisuus oli talvella suurempi.

Taulukossa 9 on 17.10.2016 näytteenoton yhteydessä mitatut fysikaalis-kemialliset parametrit. Näissä tuloksissa korostuu pisteen TF1 selvästi korkeampi sähkönjohtavuuden arvo, myös pH-arvo oli alhaisin. Redox-potentiaalin perusteella olosuhteet olivat hapettavat. Vesi oli myös happipitoista. Talvella (10.1.2017) mitattiin vain lämpötila ja pH-arvo. Putkessa TF2 oli paljon vaalean ruskehtavaa sakkaa (rauta?). Putkessa TF2 rautapitoisuus oli selvästi kohonnut syksystä.

Taulukko 8. Pohjavesinäytteiden fysikaalis-kemialliset parametrit (laboratorioanalyysit).

Tunnus	pH	Sameus	Alkaliteetti	Sähkönjohtavuus	Fluoridi	Kloridi	Sulfaatti	Ammonium	Nitraatti
		FNU	mmol/l	mS/m	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
STM 1352/2015	6,5-9,5	-	-	250	1,5	250	250	0,5	50
VNa 341/2009	-	-	-	-	-	25	150	0,25	50
WHO 2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lähteet ja lähdekaivot	6,4	-	-	7	0,09	2,1	7,6		1
Moreeni, kuilukaivot	6,5	-	-	16,8	0,15	4,9	14,3		2,9
Porakaivot	7,6	-	-	7,8	0,5	8,8	15,6		0,2
TF1(17.10.2016)	3,4	0,97	<0,02	927	0,5	4,9	14000	0,1	<0,025
TF1(10.1.2017)	3,5	9,8	<0,02	980	24	<30	14000	0,19	<0,025
TF2(17.10.2016)	4,3	800	<0,02	204	1,6	2,6	1600	0,59	1,5
TF2(10.1.2017)	4,6	300	0,36	196	<2	8,4	1400	0,35	0,042
P1_uusi(17.10.2016)	7,2	62	1,2	45,8	<0,2	2,3	190	0,06	0,140

Taulukko 9. Näytteenoton yhteydessä (17.10.2016) mitatut fysikaalis-kemialliset parametrit.

Tunnus	Vesipinta (pp:stä)	T	Hapen kyllästysaste	Happipitoisuus	Sähkönjohtavuus	pH	Redox pot.
	m	°C	%	mg/l	mS/m		mV
TF1(17.10.2016)	-6,83	8,5	181	20	1047	4,7	172
TF2(17.10.2016)	-6,96	7,5	290	32,1	210	5,95	117
P1_uusi(17.10.2016)	-1,78	7,5	190	21	64	7,43	199,5
TF1(10.1.2017)	-6,81	9,5	-	-	-	3,66	-
TF2(10.1.2017)*	-6,95	7,8	-	-	-	5,74	-

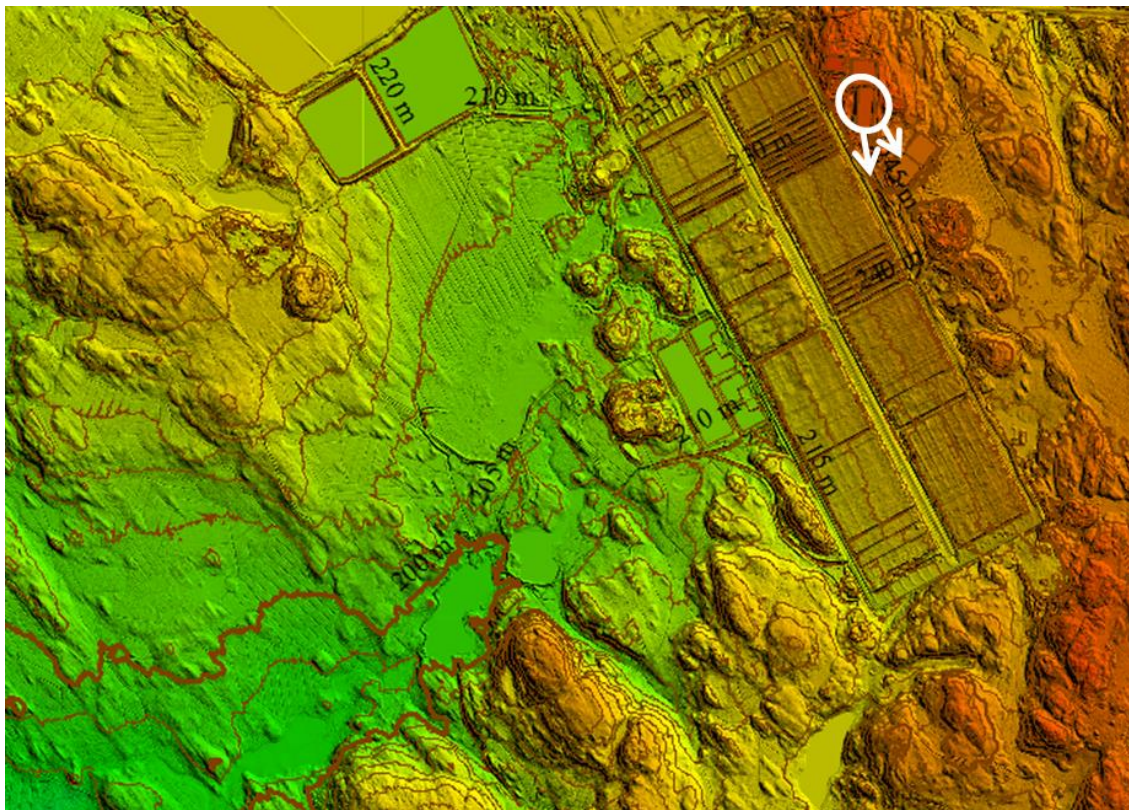
*Vedessä paljon vaalean ruskehtavaa sakkaa.

3.7 Häiriötilanteiden merkitys

Terrafame Oy:llä on käyty tämän selvityksen tueksi läpi primääriliuotusalueeseen liittyviä poikkeamaraportteja, mukaan lukien Terrafamea edeltävän toiminnan aikaiset raportit. Yhtiö on toimittanut yhteenvetotietoja ja esimerkkejä poikkeamista tämän selvityksen tueksi. Alueella on tapahtunut putkivuotoja tai kanaalien ja liusojien ylivuotoja. Putki on esimerkiksi voinut rikkoutua konetyön yhteydessä. Ylivuotoja on tapahtunut myös liusojan tukkeutumisen seurauksena, esimerkiksi lumen kertymisen ja jäätyamisen tai hienojakoisen malmiaineksen kasautumisen takia. Tällaisissa olosuhteissa oja on vuotanut yli kalvottomalle alueelle.

Putkivuodot ovat pääsääntöisesti olleet suhteellisen pieniä, enintään muutamien kuutioiden suuruisia, mutta myös yksittäisiä tätäkin suurempia vuotoja on esiintynyt aiempina vuosina (ainakin 2012 ja sitä aiemmin). Maaperään päätyneitä liuosmääriä ei ole kuitenkaan pystytty tarkkaan määrittämään. Viimeisin merkittävämpi

poikkeamatilanne on heinäkuulta 2015: IP3-altaan ylivuoto, jossa PLS-liuosta päätyi altaan ulkopuolelle kalvottomalle alueelle (Kuva 16).



Kuva 16. IP3-altaan sijainti ja ylivuodon kulkeutumissuunnat heinäkuussa 2015. (Punainen väri edustaa koreampia alueita topografiassa, vihreä alempia.)

IP3-altaan ylivuoto (2015) on sijaintinsa puolesta mahdollinen päästölähde primääriliuotusalueen keskikaistan pohjavesiputkien pilaantuneisuushavaintoja silmällä pitäen. Laajassa mittakaavassa tarkasteltuna teoreettinen pohjavesivirtaus (niiltä osin kuin virtaus ei suuntaudu suojapumppauksia kohti) on IP3-altaan alueelta lounaaseen eli primääriliuotuskentän alle.

Alueen maaperää analysoitiin vuonna 2015 haittojen selvittämiseksi, näistä havaittiin mm kohonneita arseenin ja kadmiumin, kobolttin ja nikkelin pitoisuuksia (As 150 mg/kg, Cd 950 mg/kg, Co 30 mg/kg, Ni 240 mg/kg pitoisuuksiltaan suurimmassa pisteessä). Toisaalta esimerkiksi uraanipitoisuus jäi alle määritysrajan. Näytteiden pH-arvot olivat alhaisia. On huomattava, että pintamaan koostumus ja pohjaveteen mahdollisesti suodattuvaan veteen jäävät pitoisuudet eivät tyypillisesti täysin vastaa toisiaan. Pintamaahan saostuu niitä alkuaineita ja yhdisteitä, joiden liukoisuutta olosuhteet eivät suosi. Esimerkiksi IP3-altaan vuoden jälkeisissä maaperänäytteissä arseeni oli pidättynyt maaperään (alhainen pH suosii arseeni pidättymistä savekseen) ja hapettavissa ja alhaisen pH:n olosuhteissa uraani taas pysyy tyypillisesti toistaiseksi liikkuvana.

Keskeisessä roolissa on poikkeamatilanteiden ennaltaehkäisy. Nykyään käytössä olevassa poikkeamaraportoinnissa esitetään sekä välittömät toimenpiteet että jatkotoimenpiteet, joilla vastaava tilanne voitaisiin välttää tulevaisuudessa. Välittöminä toimenpiteinä on käytetty vuotaneen liuoksen kokoamista pumppauksen avulla, ojien ja

venttiilien korjauksia jne. Poikkeamiin on reagoitu myös arvioimalla nykyisten käytäntöjen riittävyyttä. Ohjeistuksia on tarkistettu ja tarvittaessa korjattu. Esimerkiksi putkilinjojen merkintää on parannettu ja eräitä epävarmoiksi todettuja ilmastusreikien tulppauskäytäntöjä on kielletty prosessiputkissa.

4 ARVIO POHJAVEDEN PILAANTUNEISUUDESTA JA PUHDISTUSTARPEESTA

4.1 Pohjaveden tila Kortelamman painauman alueella

Ylemmän (maaperän) pohjaveden laatu on heikentynyt useiden parametrien osalta Kortelamman topografisen painauman alueella. Maaperän pohjaveden voidaan luonnehtia olevan paikallisesti pilaantunutta painauman alueella.

Kortelamman painauman alueella kallioperän putkissa veden laatu oli selkeästi maaperän putkia parempaa. Vaikuttaa siltä, että pohjaveden liike maaperän ja kallioperän pintaosien välillä olisi suhteellisen hidasta. Lisäksi, johtuen kallioperän pohjaveden oletetuista virtausnopeuksista, mahdolliset kallioperän pohjaveteen päätyvät aineet sekoittuvat suurempaan vesimassaan. Kallioperän pintaosissa pohjaveden virtaukset ovat ruhjeisuuden takia todennäköisesti maaperää suurempia. Poikkeuksena mainittakoon, että pisteessä FID28 (painauman ylemmässä keskiosassa) myös kalliopohjavedessä tavattiin kohonnut sulfaattipitoisuus. Muilta osin kallioputkissa tavattiin kohonneina tai lievästi kohonneina pitoisuuksina nitraattia (Korte3Kallio, FID5 ja Kipsi3) ja yksi lievästi kohonnut sinkkipitoisuus (Korte3Kallio, painauman alemmassa keskiosassa).

Kalliopohjavesiputkien osalta redox-potentiaali edusti monin paikoin olosuhteita, joissa sulfaatin pelkistyminen tulee enenevästi mahdolliseksi. On siis mahdollista että hitaan kulkeutumisen lisäksi myös pelkistysprosessit säätelevät sulfaatti- ja metallipitoisuuksia syvemmissä pohjavesissä.

Kortelamman painauman alueelle arvioidaan virtaavan pohjavesiä sekä pohjoisesta kipsisakka-altaan suunnasta että idästä primääriliuotusalueen suunnasta. Primääriliuotusalueen länsipuolella kentän välittömässä läheisyydessä pohjaveden laadun heikkeneminen liittyi tällä hetkellä vain muutamiin tekijöihin: Ympäristölaatumormin (Vna 341/2009) suurin ylitys koskee nitraattipitoisuutta pisteessä P7. On myös huomattava, että primääriliuotusalueen viereisissä pisteissä P7, P8 ja P9 sulfaattipitoisuudet ovat Kortelamman alueen painaumaa huomattavasti pienemmät. Todennäköiset pohjaveden virtaussuunnat ja pohjaveden suhteellisen hidas kulkeutumisnopeus huomioiden, pohjaveden laatu muutokset Kortelamman alueella saattavat liittyä osittain kipsisakka-altaan vuotoon marraskuussa 2012. Mikäli kysymyksessä olisivat kipsisakka-altaan vuodon jälkivaikutukset, pohjaveden paikallinen pilaantuneisuus olisi hitaasti väistynvä tila vesimassan vaihteittaisen korvautumisen ja laimenemisprosessien kautta.

Eräs todennäköinen mahdollisuus on, että ylemmän pohjaveden (maaperän pohjaveden) haitta-ainepitoisuudet liittyisivät ensisijaisesti suotautumisiin eteläisen vesienkäsittelyalueen altaista. Kortelamman allas lienee keskeinen Kortelamman painauman alueen maaperän pohjaveden pitoisuuksien lähde.

Terrafamelta omien vesianalyysien perusteella Kortelamman patoaltaassa on vesipatjan alaosassa (2-3 m pohjasta) kipsisakka-altaan vuodon aikaisia sulfaattipitoisia vesiä, joissa kerrosvesinäytteiden perusteella on sulfaattia 15 000 - 20 000 mg/l. Kerroksen yläpuolisessa vesimassassa sulfaattipitoisuus on noin 2500 mg/l. Korkeimpien sulfaattipitoisuuksien sijoittumista alueella kuvataan alla (Kuva 17). Maaperän

pohjavesiputkien Korte2Maa ja R5 vesilaaduissa on selvästi piirteitä Kortelammen altaan vesilaaduista (sekä pinta- että pohjakerrosten laadut).

Verrattaessa Kortelammen altaan vedenlaatua (Taulukko 10) talousveden laatuvaatimuksiin voidaan todeta sulfaattipitoisuuksien olevan korkeita koko vesipatjassa, mutta erityisen korkeita altaan pohjassa. Myös natriumpitoisuudet ovat kohonneita koko vesipatjassa, mutta erityisesti altaan pohjassa. Altaan pohjassa on myös talousvesivaatimukset ylittäviä alumiini- ja uraanipitoisuuksia. Tätä silmälläpitäen on syytä rajoittaa allasveden kulkeutumista pinta- ja pohjavedeksi padon alapuolelle.

Altaan vaikutus maaperän pohjaveteen lienee suhteellisen voimakas pisteessä R5, Kortelammen alueen keskiosissa. Kortelammen altaan alapuolisissa pisteissä altaan vaikutus näkyy maaperän pohjavesiputkissa sulfaatin, nitraatin, alumiinin, nikkelin, natriumin ja raudan osalta. Maaperän pohjavedessä (Korte2Maa) veden laatu on huonompi kuin Kortelammen altaan pintakerroksissa, mutta parempi kuin Kortelammen altaan pohjakerroksessa, mikä viittaa suotautumiseen altaan eri kerroksista, mutta mahdollisesti myös laimenemisprosesseihin. Kallioperän pohjavesissä haitta-ainepitoisuudet ovat kauttaaltaan vähäisempiä, johtuen oletettavasti voimakkaammasta laimenemisesta sekä luonnollisista kemiallisista reaktioista, esimerkiksi pelkistysreaktioista, joiden seurauksena sulfaattia ja metalleja voi poistua pohjavedestä metallisulfideina.

Taulukko 10. Kortelammen altaan eräitä pitoisuuksia (Terrafamen oma laboratorio).

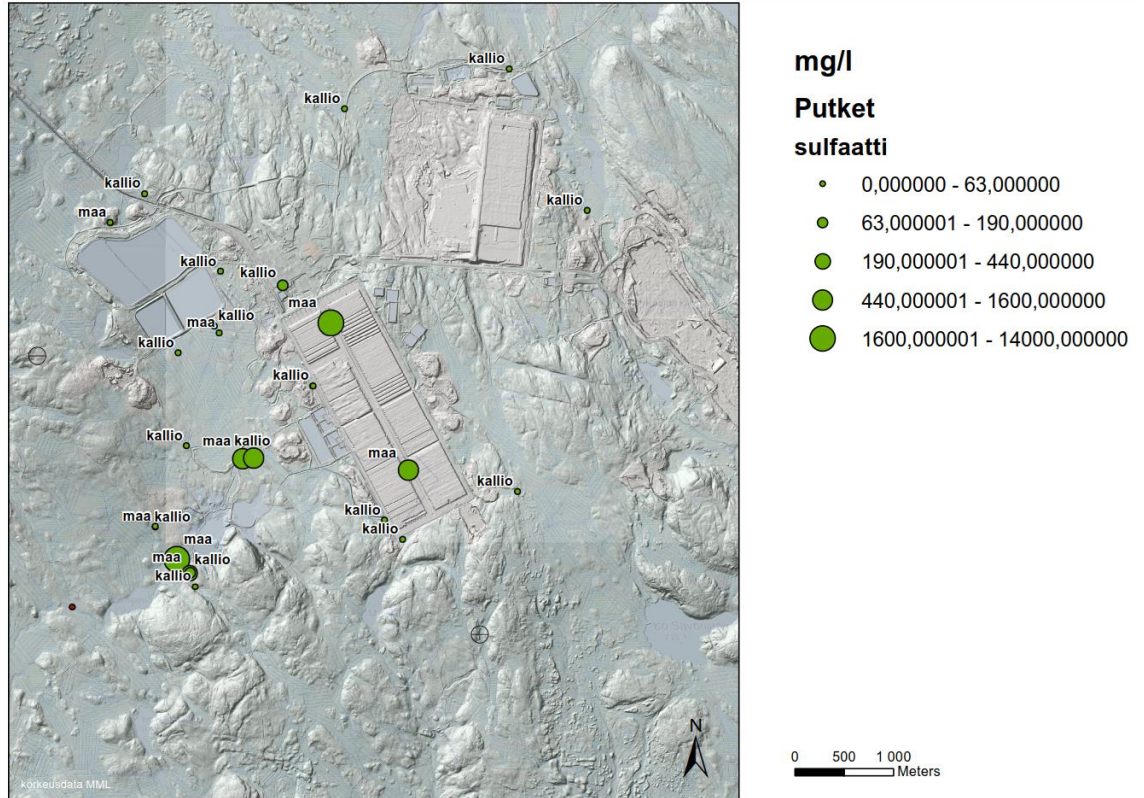
Näyte-syvyys	pH	SO ₄	Al	As	Cd	Cu	Na	Ni	U
m		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
STM 1352/2015	6.5-9.5	250	0,2	0,01	0,005	2	200	20	0.03
1	6,8	2500	0,11	<0.0003	<0,0002	<0.0012	347	0,16	<0,01
2	6,9	2500	0,07	<0.0003	<0,0002	<0.066	375	0,31	<0,01
3	7	2400	0,11	<0.0003	<0,0002	<0.0012	367	0,16	<0,01
4	7,1	2300	0,12	<0.0003	<0,0002	<0.0012	364	0,16	<0,01
5	7,2	2500	0,12	<0.0003	<0,0002	<0.0012	361	0,16	<0,01
6	6,3	15500	<0,066	<0,3	<0,2	<1,2	1039	6,53	0,01
7	5,4	18100	22,7	<0,3	<0,2	<1,2	1253	17,8	0,22
8	4,5	19700	131	<0,3	<0,2	<1,2	1347	18,6	0,64

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

Todennäköisimpänä syynä pohjaveden tilaan Kortelammen painauman alueella voitaneen pitää kipsisakka-altaan vuodon suoria ja välillisiä pohjavesivaikutuksia yhdessä. Suorilla vaikutuksilla tarkoitetaan alkuperäisessä vuodossa alueella kulkeutuneita aineita. Välillisillä vaikutuksilla tarkoitetaan tässä kipsisakka-altaan vuodon vaikutusta Kortelammen patoaltaan vesilaatuun ja patoaltaan vaikutusta pohjavesiin.

Lähiympäristön muista pohjavesiputkista poikkeavia pitoisuuksia käsittävissä pohjavesiputkissa mittaustuloksia voitaneen selittää osittain olosuhteilla. Esimerkiksi maaperän pohjavesiputkessa R5 redox-potentiaali oli suhteellisen korkea, jolloin metalleja ei juuri poistu liuoksesta pohjaveden pelkistysreaktioihin liittyen. (Samanaikaisesti happamuus on voinut rajoittaa esimerkiksi raudan hydroksidien muodostumista ja muiden haitta-aineiden pidättymistä näihin, mikä muuten olisi tyypillistä hapekkaille olosuhteille). Hapekkaan pintaveden suotautuminen pohjaveteen lienee vaikuttanut myös maaperän pohjavesiputken R3 vedenlaatuun. Pääpiirteissään

voidaan myös todeta, että maaperän pohjavesiputkissa vesi oli happamampaa kuin kallioperän pohjavesiputkissa. Metallien poistumista vedestä oli mahdollisesti rajoittanut happamuuden lisäksi paikoin myös raudan vähäinen määrä suhteessa muihin metalleihin.



Kuva 17. Sulfaatin esiintyminen pohjavesiputkissa syyskuussa 2016.

4.2 Kortelamman alueen pohjaveden tilasta aiheutuvat riskit ja vaikutuksia rajoittavat nykyiset toimenpiteet

Lähin kiinteistön vesikaivo sijaitsee kohteessa Pappila, joka on asumaton, kaivosyhtiön omistama kiinteistö. Kohde sijaitsee alueen länsipuolella, topografiassa Kortelamman aluetta huomattavasti ylempänä. Tämä kaivo on pohjaveden virtaussuunnassa siis Kortelamman alueen yläpuolella eikä siksi luokiteltavissa riskikohteeksi. Lähin varsinainen talousvesikaivo on kaivoksen oma talousvesikaivo (kallioporakaivo) Valkealammen eteläpäässä, kipsisakka-altaiden länsipuolella. Pohjaveden virtaus Kortelamman painauman alueella suuntautuu kuitenkin pääasiassa lounaaseen. Pohjaveden (ja myös pintaveden) virtaussuunnassa ensimmäiset alapuoliset rakennukset sijaitsevat Lumijärven alueella, noin 2 km päässä Kortelamman altaalta. Nämä ovat vapaa-ajan asuntoja, joissa ei ole omaa kaivoa. Välissä sijaitsee Ylä-Lumijärvi. Lähimmät vapaa-ajan sekä vakituiset asunnot sijaitsevat Hakosen ja Kalliojärven rannoilla. Hakosen rannan kiinteistöillä sijaitsevat myös lähimmät käytössä olevat talousvesikaivot. Nämä sijoittuvat kuitenkin arvioidun pohjavedenjakajan toiselle puolelle ja haitta-aineiden kulkeutuminen näihin suuntiin nähdään epätodennäköisenä. Hakosen suunnassa kulkeutumisriskiä vähentävät myös virtaussuunnat louhosta kohti.

Kortelammen padon alapuolelle on sijoitettu suotovesipumppaus, jolla padon läpi suotautuva vesi pumpataan takaisin Kortelammen patoaltaaseen. Ensisijaisesti suotovesipumppaus rajoittaa pohjaveden muodostumista padon alapuolella ja rajoittaa haitta-ainepitoisen veden edelleen suotautumista pohjaveteen. Veden kokoaminen tapahtuu ojilla ja kohdistuu siksi pääosin pintaveteen. Suotovesipumppaus tapahtuu koillis-lounaissauntaisen ruhjeen tuntumassa ja voi rajoittaa pohjaveden vertikaalista etenemistä ruhjeeseen - ja siten rajoittaa edelleen haitta-aineiden kulkeutumista kallioperän pintaosissa.

Mahdollinen haitta-aineiden kulkeutuminen Kortelammen alueelta maaperän pohjavedessä vaikuttaisi todennäköisesti ensisijaisesti pintavesistöön ja Ylä-Lumijärveen. Pintavesin ja maaperän pohjavesien vuorovaikutusta on toistaiseksi melko haasteellista tarkastella eteläisellä vesienkäsittelyalueella ja vesistössä sen alapuolella, koska Ylä- Lumijärvi on edelleen toipumassa aikaisemmasta kuormituksesta. Vedenjohtavuuksien arviointi alueella on haasteellista, koska moreenin vedenjohtavuuksista on saatavilla heikosti tietoa. Lisäksi Kortelammen padon ja Ylä-Lumijärven välinen maa-alue on aikaisemmin altistunut kipsisakka-altaan vuotovesille (2012) ja ollut siksi kunnostuskäsittelyjen kohteena, mikä vaikeuttaa arviointia entisestään. Alueen vedenpintagradienilla ja GTK:n (2014) esittämällä raekokoon perustuvilla laskennallisilla alueen moreenin vedenjohtavuuksilla lasketut kulkeutumisajat padon alapuolelta Ylä-Lumijärven alueeseen esitetään alla (Taulukko 11). Gradientin ollessa hyvin alhainen tulos on äärimmäisen herkkä vedenjohtavuudelle ja kulkeutumisajaksi maaperässä saadaan 92 - 2688 vuotta. Mikäli moreenissa esiintyy karkeampia välikerroksia, kulkeutumisnopeus voi suurentua (kts Laskelma 3, Herkkyystarkastelu, Taulukko 11). On myös huomattava että kulkeutumisen lisäksi pohjavedessä tapahtuu luonnollisia reaktioita ja todennäköisesti laimenemista painanteeseen muualta virtaavien pohjavesien vuoksi. Käytettävissä oleva tieto ympäröivästä alueesta ei kuitenkaan mahdollista laimenemisen määrällistä tarkastelua. Kallioperässä kulkeutumisajat ovat nopeampia, mutta laimeneminen tehokkaampaa ja nykyiset lähtöpitoisuudet maaperän pohjavettä huomattavasti pienempiä.

Taulukko 11. Teoreettinen kulkeutumis aika Kortelammen alapuolen ja Ylä-Lumijärven välillä, laskettuna kahdella eri tavalla muodostetun laskennallisen vedenjohtavuuden avulla (GTK 2014).

	Laskelma 1	Laskelma 2	Laskelma 3	Laskelma 4	Laskelma 4
	Virtaus moreeni- maaperässä	Virtaus moreeni- maaperässä	Virtaus moreeni- maaperässä	Virtaus kallio- perässä	Virtaus kallio- perässä
Vedenjohtavuus	3,80E-06	1,30E-07	3,80E-05	1,24E-04	2,05E-05
Gradientti	0,006829787	0,006829787	0,006829787	0,00682979	0,00682979
Etäisyys, m	470	470	470	470	470
Huokoisuus	0,16	0,16	0,16	0,1	0,1
Pinnankorkeus lähtöpisteessä, mpy	194,93	194,93	194,93	194,93	194,93
Pinnakorkeus arviointipisteessä, mpy	191,74	191,74	191,74	191,74	191,74
Kulkeutumis aika, a	91,9	2685,7	9,2	1,8	10,6

Laskelma 1) Raekokomäärityksen perusteella laskettu vedenjohtavuus (GTK) Hazen 1892

Laskelma 2) Raekokomäärityksen perusteella laskettu vedenjohtavuus (GTK) Alyamani & Sen, 1993

Laskelma 3) Herkkyystarkastelu: laskelma 1:n vedenjohtavuus kymmenkertaistettu

Laskelma 4) Laskettu pisteen FID28 vedenjohtavuudella 1,24E-04

Laskelma 5) Laskettu pisteen FID3 vedenjohtavuudella 2,05E-05

Vesistötarkkailuraportin (Mattila & Hakala 2016) mukaan Ylä-Lumijärven vedenlaadun kehitys on ollut pääsääntöisesti positiivista vuodesta 2013 vuoteen 2015. Järvessä vaikuttavat vahvasti myös jäätilanteeseen liittyvät happitilanteen vuodenaikaisvaihtelut. Ylä-Lumijärvessä on kipsisakka-altaan vuodon seurauksena saostunutta metallisakkaa, jonka kulkeutumisen estämiseksi Ylä-Lumijärvestä lähtevässä Lumijoessa on suojatoimenpiteenä ponttipatoja. Järven valuma-aluetta on myös pienennetty ojilla, jotta veden virtaama järven läpi olisi mahdollisimman pieni. Näin ollen ensisijaiset toimenpiteet haitta-aineiden leviämisen ehkäisemiseksi Ylä-Lumijärveä alemmaksi ovat jo käytössä.

Nykyisessä tilanteessa haitta-aineiden merkittävää kulkeutumista pohjaveden käyttökohteisiin ja siihen liittyviä ympäristö- ja terveysriskejä voidaan pitää epätodennäköisinä. On kuitenkin huomattava, että pohjaveden laatua Kortelammen alueella säätelee todennäköisesti pintavesiyksikkö (Kortelammen allas) ja muutokset altaan tilassa ja olosuhteissa voivat vaikuttaa pohjaveden laatuun ja virtauksiin. Myös suojapumppauksen tarkan vaikutuksen määrittelemineen on haasteellista. Pohjaveden laadun ja pinnankorkeuden trendeihin tarkkailutuloksissa on syytä perehtyä huolella myös jatkossa.

4.3 Primääriliuotusalueen keskikaistan maaperän ja pohjaveden tila

Maaperän kunnostustarvetta arvioidaan Suomessa yleensä valtioneuvoston asetuksessa 214/2007 (ns. pima-asetus) määritetyillä ohjearvoilla. Primääriliuotusalueen keskikaistan alueella maa-aineksessa ei havaittu kohonneita pitoisuuksia. Vain pisteessä TF2 havaittiin hyvin lievästi ns. pima-asetuksen ylemmän ohjearvotason ylittäneet pitoisuudet kuparia ja sinkkiä, nikkelin pitoisuus ylitti alemman ohjearvotason. Muilta osin ei havaittu alemman eikä ylemmän ohjearvotason ylittäviä alkuaineiden pitoisuuksia, joskin osin kynnysarvotaset ylittyivät. Öljyhiilivetyjen pitoisuudet olivat hyvin pieniä. Liukoisuustutkimuksissa haitta-aineiden liukoiset pitoisuudet olivat hyvin pieniä (TF2).

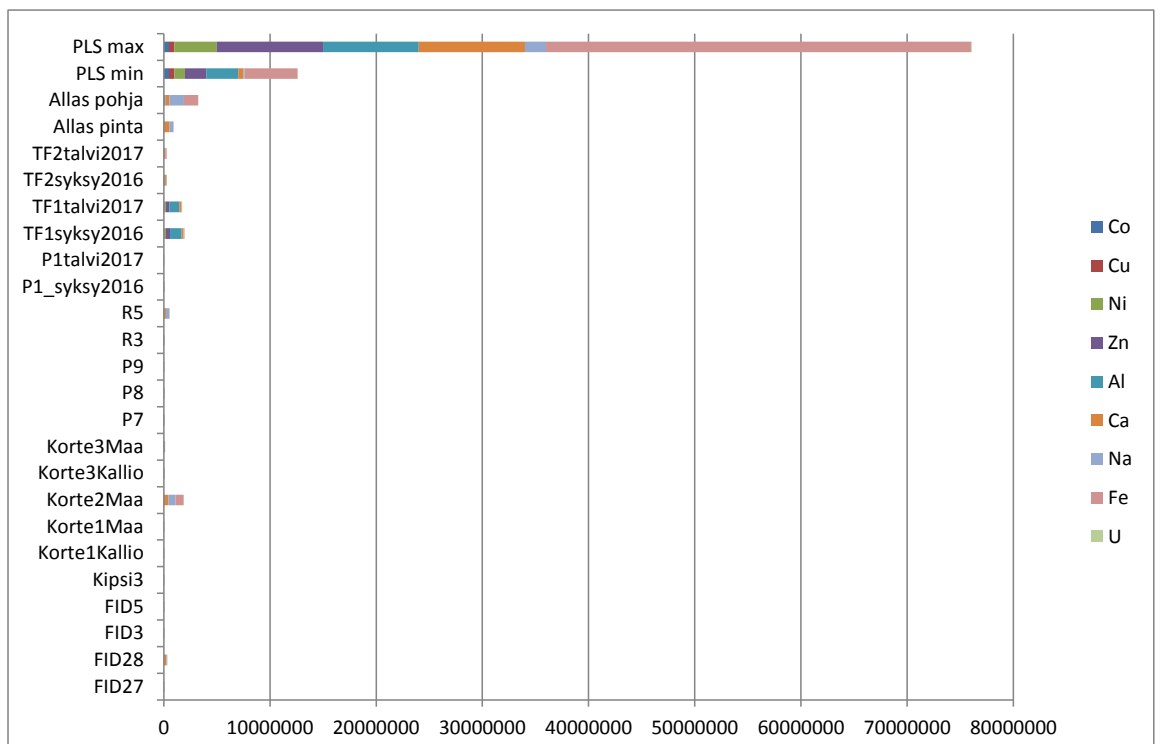
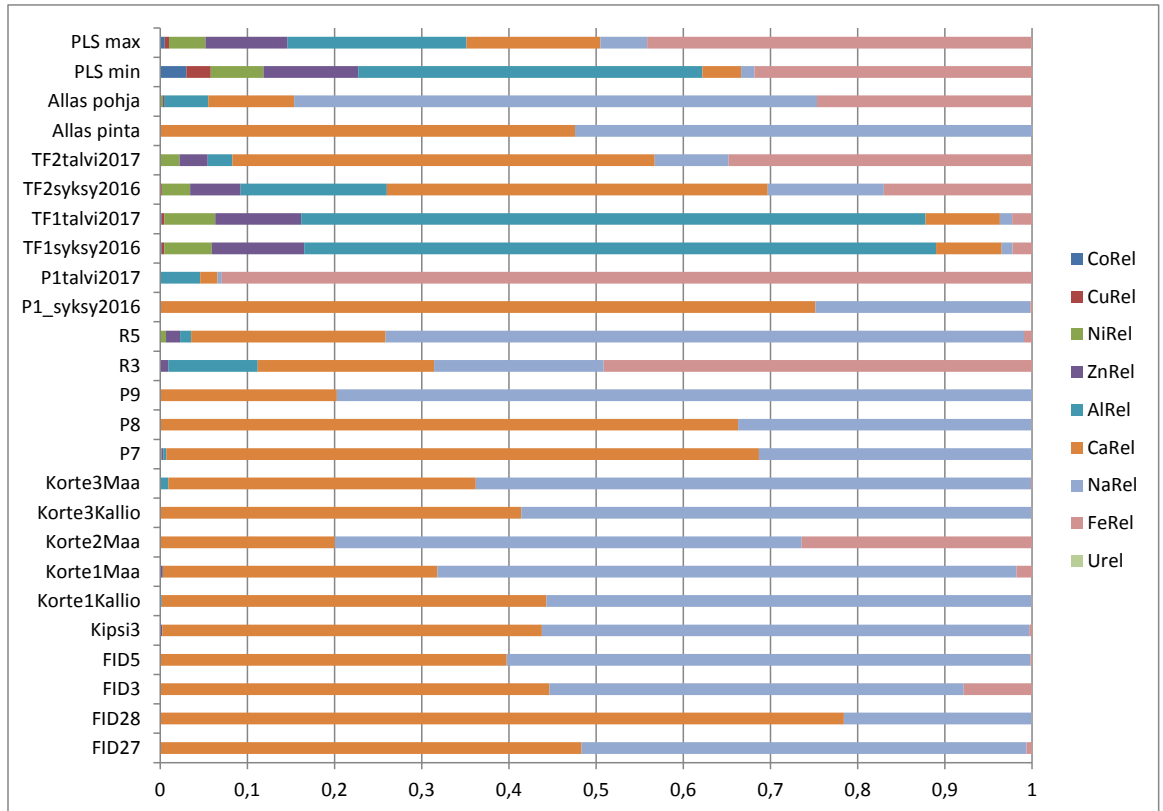
Primääriliuotusalueen keskikaistan pohjavedessä havaittiin selvästi kohonneita metallipitoisuuksia (esim. Al, Cd, Co, Cu, Fe, Ni, U ja Zn), etenkin pohjoisosan pisteessä TF1. Primääriliuotusalueen ulkopuolella, tehdasalueen suunnan pisteessä P1_uusi pitoisuudet olivat pieniä. Pisteessä P7 primääriliuotusalueen lounaispuolella, altaiden lähellä, tavattiin selvästi kohonnut nitraattipitoisuus, kohonnut nikkelpitoisuus ja hieman kohonnut sinkkipitoisuus. Primääriliuotusalueen tuntumassa olevissa pohjavesiputkissa P8 ja P9 ei tavattu poikkeavia pitoisuuksia.

Tutkimusten perusteella voidaan arvioida, että primääriliuotusalueen keskikaistan pohjavedessä havaitut kohonneet pitoisuudet (mm. metallit) eivät ole peräisin keskikaistan alueelta, sillä keskikaistan aineksessa pitoisuudet olivat pieniä eikä liukoisuuskokeen perusteella aineksesta liukene helposti aineksia pohjaveteen.

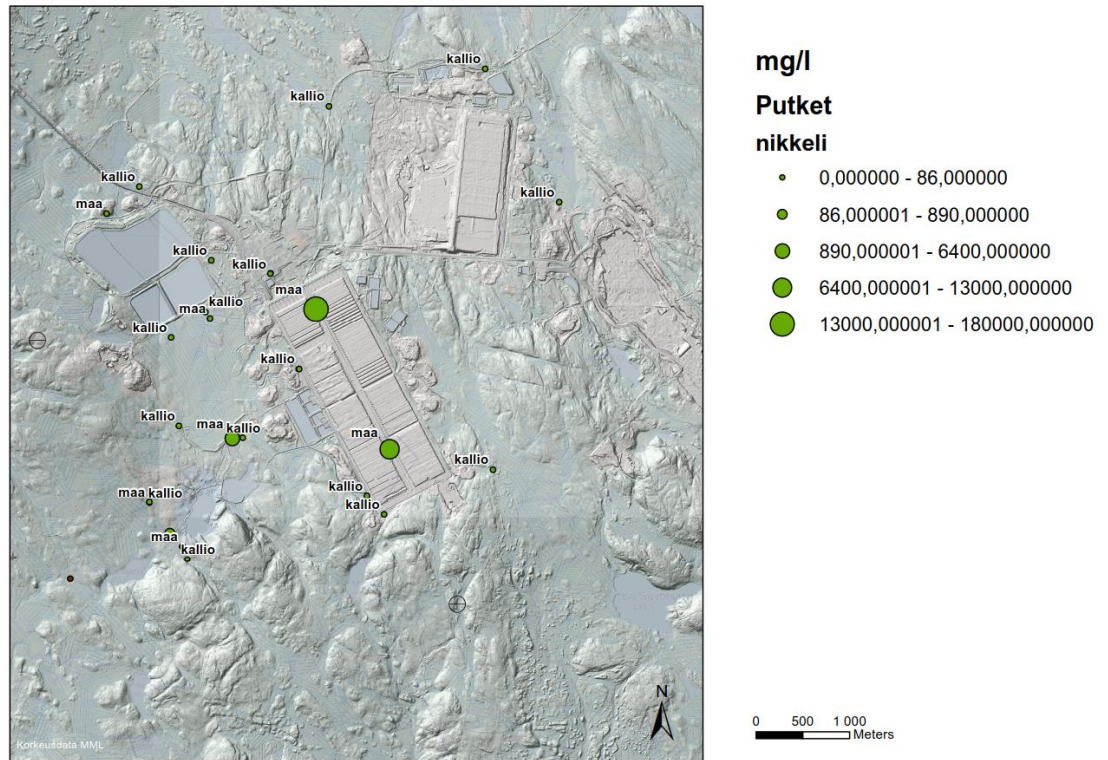
Primääriliuotusalueen pohja on asiakirja-aineiston perusteella tiivis ja suotonesteen kerääminen tehokasta, joten ei ole todennäköistä, että pohjaveden pitoisuudet olisivat peräisin primääriliuotusalueelta ainakaan normaalitilanteessa. Pohjaveden metallipitoisuuksissa on kuitenkin samankaltaisuuksia (primääriliuotuksen) PLS-liuoksen kanssa, joskin pienempinä pitoisuuksina (Kuva 18). Eräänä mahdollisuutena voidaan pitää aikaisempia (raportoituja) poikkeustilanteita, joissa pieniä ylivuotoja on päässyt kalvottomalle alueelle. Kasan painosta johtuva tiivistyminen voi vaikuttaa vedenjohtavuuteen siten, että viipymä primääriliuotusalueen alapuolella pitenee. Karttaesimerkkinä kuvataan nikkelpitoisuuksien jakauma alueella (Kuva 19).

PLS-liuokseen viittaavia pitoisuuksia primääriliuotusalueen keskikaistan pohjavedessä ovat erityisesti Al, Co, Cu, Fe, Ni, U ja Zn. Pohjavesiputkessa TF1 pitoisuuksien suuruusluokka oli tammikuussa 2017 edelleen sama kuin lokakuussa 2016. Pohjavesiputkessa TF2 pitoisuudet ovat alentuneet lokakuusta 2016 tammikuuhun 2017. Suurin pitoisuuden aleneminen (TF2) koskee uraania. Tämä saattaa liittyä esimerkiksi veden gravitatiiviseen erilaistumiseen (painavia yhdisteitä sisältävän pohjaveden painuminen) tai pelkistäviin olosuhteisiin primäärilentän alapuolella ja keskikaistalla: pelkistävissä olosuhteissa esiintyvät uraaniyhdisteet ovat niukkaliukoisia. Kohonnut rautapitoisuus ja raudan väri vedessä voisivat tukea tätä päätelmää, sillä vastaavissa olosuhteissa voi tapahtua rautasaostumien liukenemista. Vain kahden näytteenottokerran jälkeen arviointiin sisältyy kuitenkin vielä epävarmuutta. Erityisesti sedimentin/ saostumien läsnä ollessa pohjavedessä näytteen suodatukseen liittyvät epävarmuudet kasvavat (vaikka suodatus onkin suoritettu molemmilla kerroilla samoin ja samoissa olosuhteissa). Alenevan trendin vahvistaminen vaatii pidempiaikaista seurantaa.

Pohjavesi on primääriliuotusalueella noin kuuden metrin syvyydellä täyttömaan pinnasta. Pohjaveden luonnollinen virtaussuunta on primääriliuotusalueen alueella lounaaseen. Tarkasteltaessa eroja pohjaveden pitoisuuksia vaikuttaa kuitenkin siltä, että primääriliuotusalueen ja Kortelamman alueen välillä on pohjaveden laadussa epäjatkuvuutta. Kupari- ja nikkeli ovat keskikaistan pohjavesiputkissa selvästi suurempina pitoisuuksina kuin Kortelamman alueella. Myös kobolttia, sinkkiä ja uraania on keskikaistan alueella selvästi kohonneina pitoisuuksina, kun taas Kortelamman alueen pohjavesissä näiden esiintyminen on vähäistä. (Kuva 18). Sulfaattipitoisuudet ovat alhaisempia alueiden välillä kuin kummallakaan alueella (Kuva 17). Keskikaistan pohjavedessä on puolestaan hyvin vähän natriumia, toisin kuin Kortelamman alueen pohjavesissä. Pohjavesien laadullinen erilaisuus viittaa siihen, että suojaumpaus rajoittaa virtausta pohjaveden luonnollisessa liikesuunnassa.



Kuva 18. Ylempässä diagrammissa esitetään alkuaineiden prosentuaalisia suhteita (laskettuna mol/l-arvoista). Alemmassa diagrammissa esitetään pitoisuuksien summat (µg/l). Koska kuvassa ei esitetä koko alkuainejakaumaa, kuvaa voi pitää vain suuntaa antavana. (Tulkintaa hankaloittaa huomattava alumiinipitoisuuksien vaihtelu näytteiden välillä. Hyvin pieniin hiukkasiin tyypillisesti sitoutunut alumiini on herkkä suodatukselle ja todellisen liukoisen pitoisuuden tunnistaminen voi siksi olla epävarmaa.)



Kuva 19. Nikkelipitoisuuksien jakautuminen pohjavedessä tutkimusalueella syyskuussa 2016.

4.4 Primääriliuotusalueen keskikaistan maaperän ja pohjaveden tilaan liittyvät riskit

Pilaantuneen alueen päätöksenteossa riskinarvioinnin keskeisenä tarkoituksena on maaperän tai pohjaveden pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen selvittäminen. Tällöin arvioidaan sitä, ovatko haitat ja riskit hyväksyttäviä alueen nykyisessä tai tiedossa olevassa tulevassa käytössä ilman toimenpiteitä vai tarvitaanko kohteessa kunnostamista tai muita toimia riskien hallitsemiseksi (Ympäristöministeriö 2014).

Pilaantuneella maa-alueella mahdollisten haittojen lähteenä (päästö- ja altistuslähde) ovat erityisesti maaperässä tai pohjavedessä olevat kemialliset aineet. Niiden aiheuttama haitta tai riski voi kohdistua ympäristön laatuun, ihmisen terveyteen tai eliöstöön. Ympäristön laatuun kohdistuvien haittojen ja riskien arviointi kattaa eri ympäristönsien ja luonnonvarojen käyttöön sekä yleiseen viihtyvyyteen vaikuttavien tekijöiden tarkastelun. Ihmisen terveyden ja eliöstön osalta riskinarvioinnin lähtökohtana on altistumisen ja sen seurauksena aiheutuvien haitallisten vaikutusten selvittäminen.

Keskikaistan maaperän lievistä pilaantuneisuudesta ei käytettävissä olevien tietojen perusteella arvioituna aiheudu terveysriskiä nykyisessä maankäytössä (kaivostoimintojen alue). Alueelle ei ole merkittävää kasvillisuutta tai eläimistöä eikä herkkiä luontoarvoja eikä metallien liukoisuutta havaittu, joten havaitusta lievästä pilaantuneisuudesta ei aiheudu myöskään ympäristöriskiä.

Primääriliuotusalueen keskikaistan pohjavedessä havaituista pitoisuuksista ei arvioida nykyisen tiedon valossa aiheutuvan terveysriskiä, koska alue ei ole pohjavesialuetta eikä alueen pohjavettä hyödynnetä. Laajassa mittakaavassa pohjaveden virtaussuunta alueelta on lounaaseen, kohti Kortelammen painannetta. Paikallisemmin virtaussuunta vaikuttaa olevan kohti PLS altaita, suojapumppauksineen. Virtaukset kohti pienempiä

yksittäisiä pumppuyksiköitä eivät tule käytetyssä tarkastelutavassa esille pisteverkon tiheydestä johtuen. Primääriliuotusalueella, kuten myös koko kaivospiirin alueella, on monia ruhjeita. Olemassa olevan tiedon mukaan putken TF1 kohdalla on pohjois-etelä – suuntaista ruhjeisuutta. Ruhjeen sunnassa lähimmällä tutkimuspisteellä, uusi P1, (jonka pinnankorkeus on alempana kuin TF1:n) ei kuitenkaan havaittu kohonneita pitoisuuksia 2016 tutkimuksen yhteydessä.

4.5 Tilastollinen tarkastelu

4.5.1 Tarkastelumenettely

Aineistolle tehtiin vertailun vuoksi rinnakkainen tarkastelu myös tilastollista tarkastelua hyödyntäen. Klusterianalyysiä käytetään erilaisten aineistojen rakenteiden tunnistamisessa, erityisesti silloin, kun ryhmittelyä ohjaavat tekijät eivät ole varmuudella tiedossa. Ryhmittely suoritettiin näytepisteille. Geokemiallisen aineiston käsittelyyn klusterianalyysillä liittyy kuitenkin aina tulkintaepävarmuuksia eikä menetelmä sovellu käytettäväksi yksin, ilman varsinaisesta geokemiallista tarkastelua. On myös huomattava, että tässä tarkastelussa käytettiin vain yhtä, syksyn 2016 näytteenottokierrosta, johon oli lisätty primääriliuotusalueen ja teollisuusalueen pisteiden näytteenoton toisto tammikuussa 2017.

Tarkasteltava aineisto muunnettiin mol/l –muotoon, jotta eri alkuaineiden erilaiset moolimassat eivät häiritsisi tulkintaa. Koska aineistossa oli mukana pohjavesi- ja patoallasnäytteiden lisäksi myös PLS-liuos, joka on pitoisuuksiltaan vesinäytteitä huomattavasti vahvempi liuos, muunnettiin mol/l-pitoisuudet vielä suhteelliseksi osuuksiksi.

Klusterianalyysi suoritettiin SPSS-ohjelmalla, hierarkisen klusterianalyysin työkalulla, Wardin menetelmällä, joka kuuluu ns. yhdistäviin menetelmiin. Etäisyyden laskennassa sovellettiin Block- (Manhattan-) etäisyyttä, joka perustuu keskiarvoiseen erilaisuuteen vaihtelusuuntien välillä. Tämä menetelmä vaimentaa jossain määrin yksittäisten poikkeavien arvojen merkitystä lopputulokseen, mikä sopii kohtuullisesti kyseessä olevan hyvin erilaisia vesinäytteitä sisältävän aineiston käsittelyyn.

Tilastollisen tarkastelun tarkoituksena oli joko löytää tukea geokemiallisen tarkastelun perusteella tehtyihin arvioiden pilaantuneen pohjaveden alkuperästä tai vaihtoehtoisesti kyseenalaistaa näitä tulkintoja.

4.5.2 Ryhmä 1

Tässä tarkastelussa Kortelammen padon alueen pohjavesinäytteet ja osa kipsisakka-altaan lähialueen kalliopohjavesiputkista muodostivat ryhmittelyn yhden ääripään (Ryhmä 1.1.1). Myös Kortelammen altaan pintaosien vesi kuului tähän ryhmään. Kortelammen padon lähialueen maaperäputkissa 1 ja 3 (Ryhmä 1.1.2) vesi oli eniten samankaltaista edellä mainitun ryhmän kanssa.

Ykkösryhmien toisessa päähaarassa (Ryhmät 1.2.1. ja 1.2.2) olivat Kortelammen altaan pohjaosan vesi sekä lähialueen maaperäputkien vesi. Myös primääriliuotusalueen eteläpäässä sijaitseva kalliopohjavesiputki P9 kuului tähän ryhmään.

Ryhmät esitetään hierarkisessa diagrammissa (Kuva 20). Kuvassa ylimpänä ja alimpana esiintyvä näyte ovat keskenään eniten erilaiset. Ryhmittely esitetään dendrogrammina. Värikoodit yhdistävät ryhmät karttakuvaan (Kuva 21).

4.5.3 Ryhmä 2

Toisessa ääripäässä (Kuva 20, Kuva 21) ovat primääriliuotusalueen maaperäpohjavesiputki TF1 sekä PLS-liuos (Ryhmä 2.2.2.1). Kaikkein äärimmäisenä, mutta selkeästi omana ryhmänään esiintyi yksin maaperäpohjavesiputki R3 (Ryhmä 2.2.2.2). Primääriliuotusalueen maaperäpohjavesiputki TF2 muodosti myös oman ryhmänsä (Ryhmä 2.2.1).

Teollisuusalueen uusi kalliopohjavesiputki P1 sekä tarkasteltavan alueen keskellä sijaitseva kalliopohjavesiputki FID28 olivat tilastollisesti samankaltaisia (Ryhmä 2.1.2). Näitä lähimmän ryhmän muodostivat primääriliuotusalueen tuntumassa sijaitsevat kalliopohjavesiputket P7 ja P8 (Ryhmä 2.1.1).

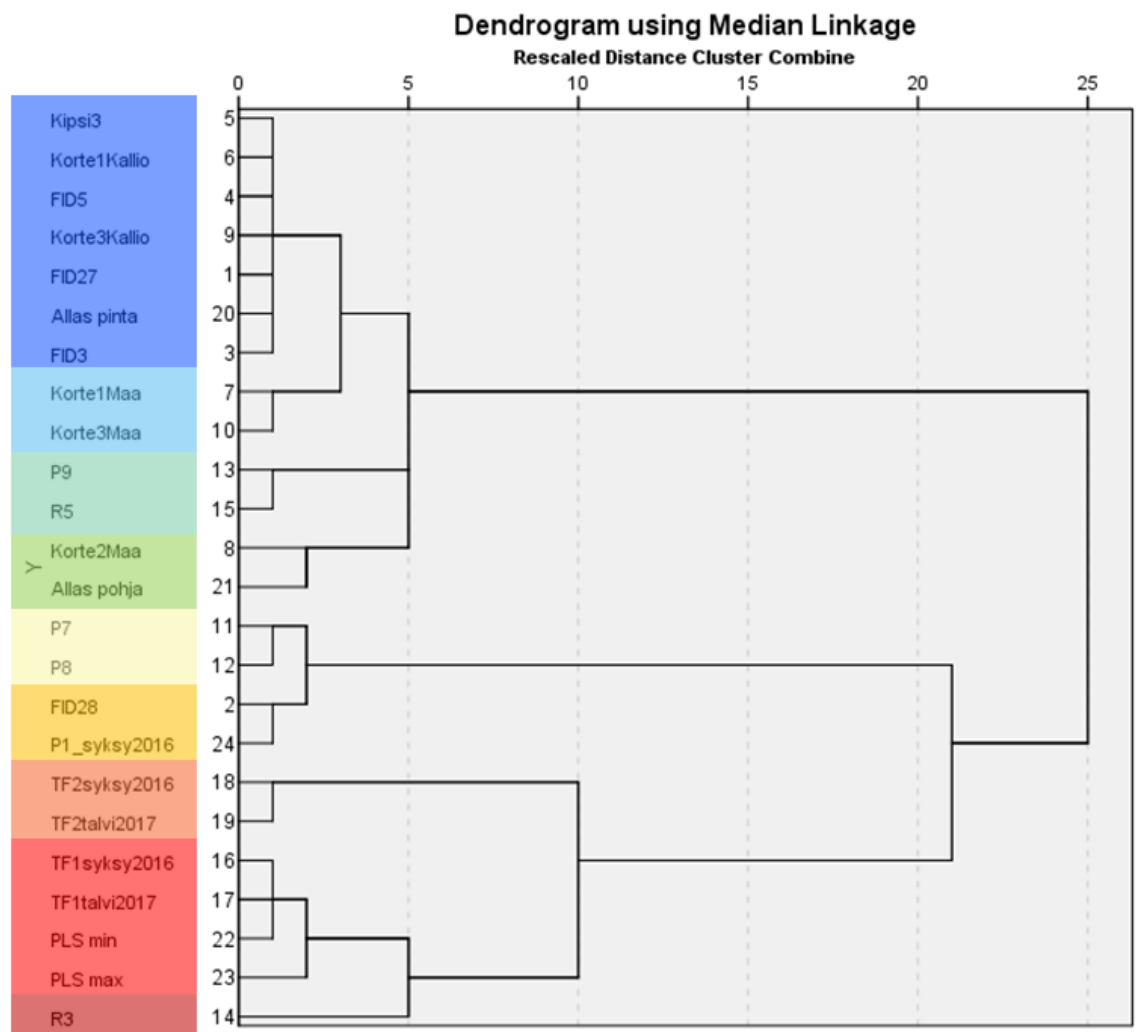
4.5.4 Tilastollisen tarkastelun tulkinta

Pääosin tilastollisen tarkastelun tulokset tukevat raportin muissa kappaleissa esitettyä geokemiallista tulkintaa. Kipsisakka-altaan (valumasuunnassa) alapuolinen alue, Kortelammen altaan pintaosa sekä Kortelammen padon alue muodostavat suhteellisen yhtenäisen vesilaadun, erityisesti kalliopohjaveden osalta. Kortelammen altaan pohjassa on osittain samankaltaista vettä, mutta metallipitoisuudet olivat ylipäänsä korkeampia ja altaan pohjaa luonnehtivat erityisesti rauta- ja alumiinipitoisuudet. Lähimmät maaperäpohjavesiputket ovat varsin samankaltaisia altaan pohjan vedenlaadun kanssa, joten kysymyksessä lienee suotautuminen altaasta. Kipsisakka-altaan vuoto vuonna 2012 sopii kohtuullisen hyvin selittämään alueen vesilaatuja. Mutta muita mahdollisia vaikuttavia tekijöitä ei voida sulkea pois tämän tarkastelun perusteella, joskin mahdolliset muut tekijät lienevät vaikutukseltaan vähäisempiä.

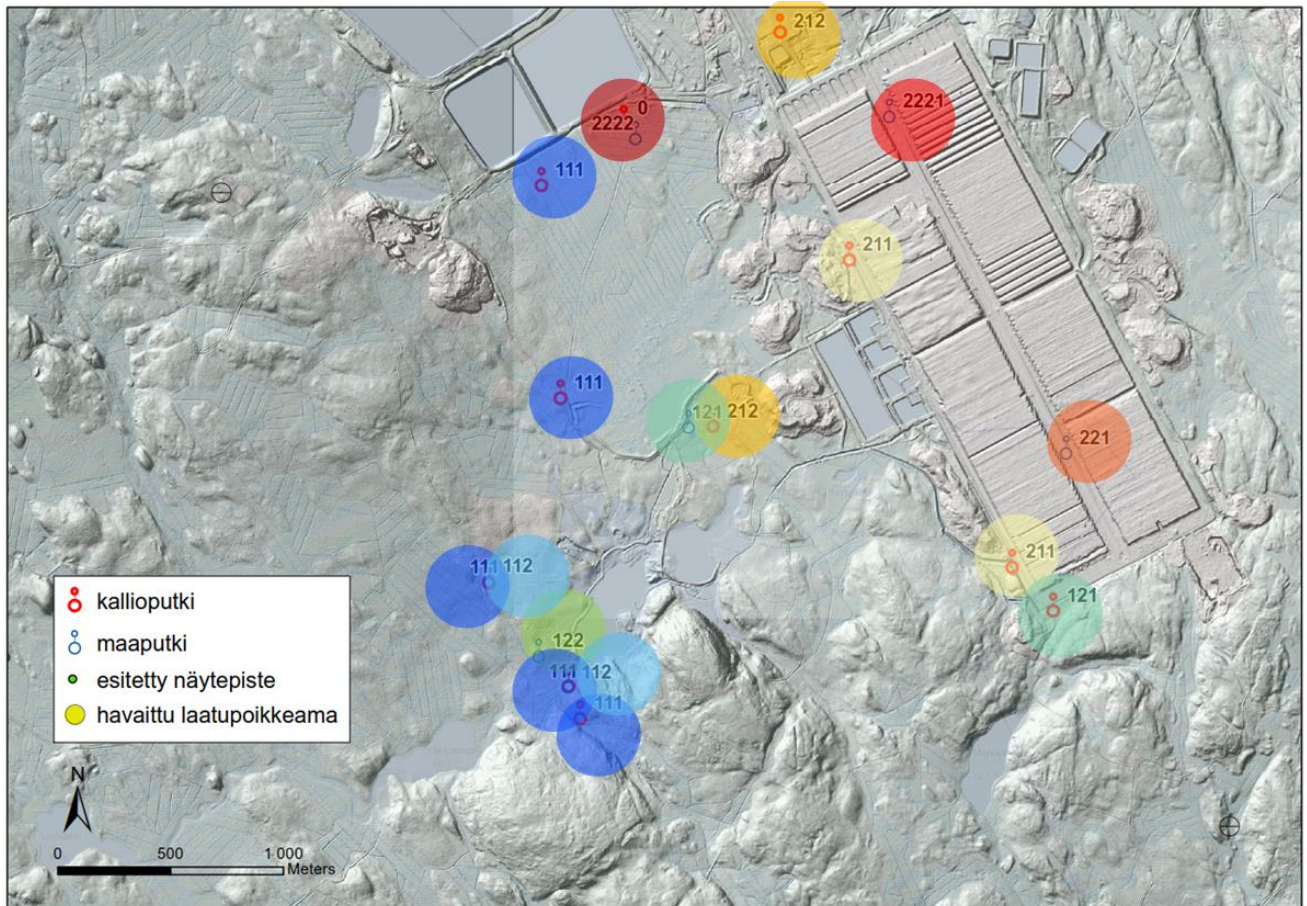
Tilastollisen tarkastelun tulokset tukevat myös arviota PLS-liuoksen ja primääriliuotusalueen pohjaveden suhteesta: pilaantuneen pohjaveden erääksi mahdolliseksi alkuperäksi on esitetty geokemiallisen tarkastelun yhteydessä primääriliuotusalueelta 2016 raportoituja pieniä ylivuotoja. Sekä PLS-liuosta että primääriliuotusalueen keskikaistan pohjavesiä luonnehtivat kupari-, nikkeli, koboltti-, sinkki- rauta- ja alumiinipitoisuudet.

Primääriliuotusalueen lähialueen kalliopohjavesiputkissa vedenlaatua luonnehtii erittäin korkea kalsiumpitoisuus. Tilastollisen tarkastelun ulkopuolelta voidaan todeta, että näytteitä luonnehtii myös suhteellisen neutraali pH ja lievästi pelkistävät olosuhteet.

Geokemiallisessa tarkastelussa tilastotarkastelun ääripäänäyte R5 päätyi lähellä PLS-liuoksen tyyppiä, mutta ei geokemiallisessa tarkastelussa vaikuta erityisen samankaltaiselta PLS-liuoksen tai primääriliuotusalueen pohjavesinäytteiden kanssa. Pohjavesiputken R5 näyte on ainoa natriumvaltainen näyte, jossa on jokseenkin selkeitä koboltti-, nikkeli- ja sinkkipitoisuuksia. Näitä pitoisuuksia saattaa selittää näytteen happamuus ja olematon rautapitoisuus, jolloin raudan hydroksideja ja metallien pidättymistä niihin ilmenee heikosti. Lisäksi (tilastollisen tarkastelun ulkopuolelta) lienee syytä mainita, että redox-potentiaali on lievästi negatiivinen ja pH suhteellisen alhainen. Olosuhteet voivat selittää tämän pisteen vedenlaatua voimakkaasti, ei pelkästään alkuperä. Tilastollisesti pohjavesiputken R5 näyte voi luokitua hieman harhaanjohtavasti myös korkean alumiinipitoisuuden takia, mikä on tilastotarkastelussa tyypillistä PLS-liuokselle, mutta samaan aikaan selitettävissä myös erityisen happamilla ja pelkistävillä olosuhteilla (jotka eivät olleet parametreinä tilastoanalyysissä).



Kuva 20. Dendrogrammi vesityyppeiklustereista ryhmittelyperusteena Co, Cu, Ni, Zn, Al, Ca, Na, Fe ja U mol/l suhteellisenä osuutena (menetelmät: Ward's linkage, Block, rescaled).



Kuva 21. Tilastollisten vesityyppiklustereiden sijoittuminen ryhmittelyperusteena Co, Cu, Ni, Zn, Al, Ca, Na, Fe ja U mol/l suhteellisenä osuutena.

4.6 Johtopäätökset

4.6.1 Primääriliuotusalueen keskikaistan maaperä

Tämän tutkimuksen perusteella primääriliuotusalueen keskikaistalla maaperässä havaitut pitoisuudet olivat varsin pieniä ja havaitut metallit eivät olleet liukoissa muodossa. Näin ollen tarvetta jatkotoimenpiteisiin, kuten suojaamistarvetta, ei keskikaistan osalta ole. Primääriliuotusalueen pohjaveden kohonneet pitoisuudet eivät ole peräisin keskikaistan maamassoista.

4.6.2 Primääriliuotusalueen keskikaistan pohjavesi

Primääriliuotusalueen keskikaistan pohjaveden pitoisuuksissa on primääriliuotuksen PLS-liuoksen piirteitä, joskin laimeampana. Koska vuoto normaalitoiminnassa vaikuttaa epätodennäköiseltä, todennäköisimpänä syynä voidaan ehkä pitää poikkeustilanteita. Kuluneen vuoden aikana on raportoitu pieniä ylivuotoja.

Putkessa TF2 metallipitoisuuksien alenemista on jo tapahtunut lokakuun 2016 ja tammikuun 2017 välillä. Pitoisuuksien aleneminen viittaa alustavasti lyhytkestoiseen päästölähteeseen, mutta alenemistrendin vahvistamiseksi tarvitaan pidempiaikaista seuranta. Näin esimerkiksi vuodenajan merkitys voidaan sulkea pois. Putkessa TF1 metallipitoisuudet ovat hieman lokakuuta alhaisempia, mutta samaa suuruusluokkaa.

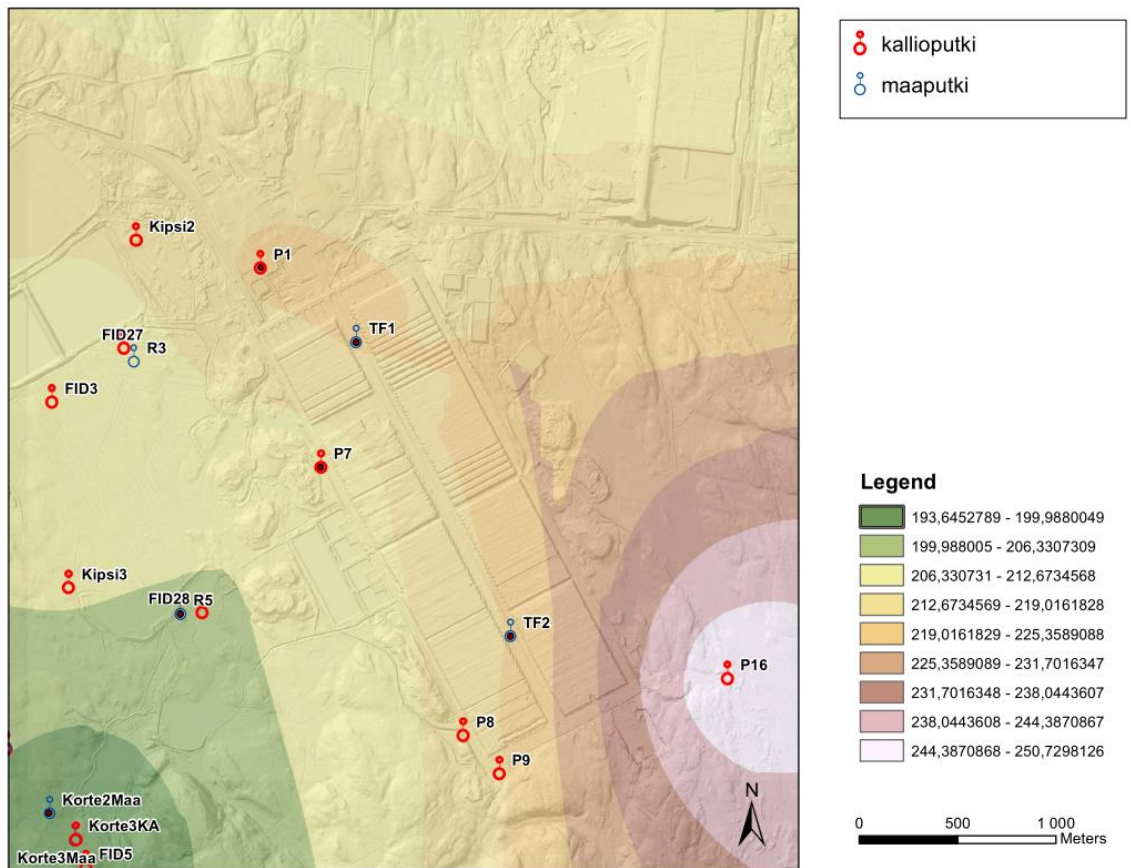
Eräs mahdollinen selitys korkeampien pitoisuuksien viipymiselle on, että tiivis pienehkö paikallinen kallioperä- tai maaperäkynnys vähentää pohjaveden liikettä ja laimenemiskehitystä putken TF1 alueella. Eroja voi selittää myös suojapumppauksen erilainen vaikutus putken TF2 alueeseen verrattuna putken TF1 alueeseen: on mahdollista että TF2:n alueelta pilaantunutta pohjavettä poistuu nopeammin pumppausta kohti.

4.6.3 Kortelammen alueen pohjavesi

Kortelammen painauman alueella esiintyy maaperän pohjavedessä kohonneita pitoisuuksia siinä määrin, että pohjavettä voidaan pitää paikallisesti pilaantuneena. Pohjaveden pitoisuudet tällä alueella kuitenkin poikkeavat pohjavesistä primääriliuotusalueen keskikaistalla. Kortelammen painauman alueella erityisesti sulfaatin, raudan, kalsiumin ja natriumin pitoisuudet ovat korkeita, kun taas primääriliuotusalueen tuntumassa esiintyy mm. kadmiumin, koboltin, kuparin, nikkelin, sinkin ja alumiinin pitoisuuksia. Primääriliuotusalueen ja Kortelammen altaan välimaaston sijoittuvassa maaperän pohjavesiputkessa (R5) on jossain määrin piirteitä molemmista vesilaaduista, mutta vallitsevana ovat Kortelammen altaan vedenlaatupiirteet (Kuva 18).

Todennäköisimpänä syynä pohjaveden tilaan Kortelammen painauman alueella voitaneen pitää kipsisakka-altaan vuodon (2012) suoria ja välillisiä pohjavesivaikutuksia. Suorilla vaikutuksilla tarkoitetaan aineiden kulkeutumista alkuperäisen vuodon yhteydessä. Välillisillä vaikutuksilla tarkoitetaan tässä kipsisakka-altaan vuodon vaikutusta Kortelammen patoaltaan vesiin ja patoaltaan vesien vaikutusta pohjavesiin. Pohjaveden virtaussuunnat

Pohjaveden virtaussuunta alueelta on laajassa mittakaavassa lounaaseen, kohti Kortelammen painauma, missä Eteläinen vesienkäsittelyalue sijaitsee (Kuva 22, suuntaa-antava krig-interpolaatio). Virtausta rajoittavat paikallisesti primääriliuotusalueen suojapumppaukset.



Kuva 22. Arvio pohjaveden pinnan asemasta syksyllä 2016*.

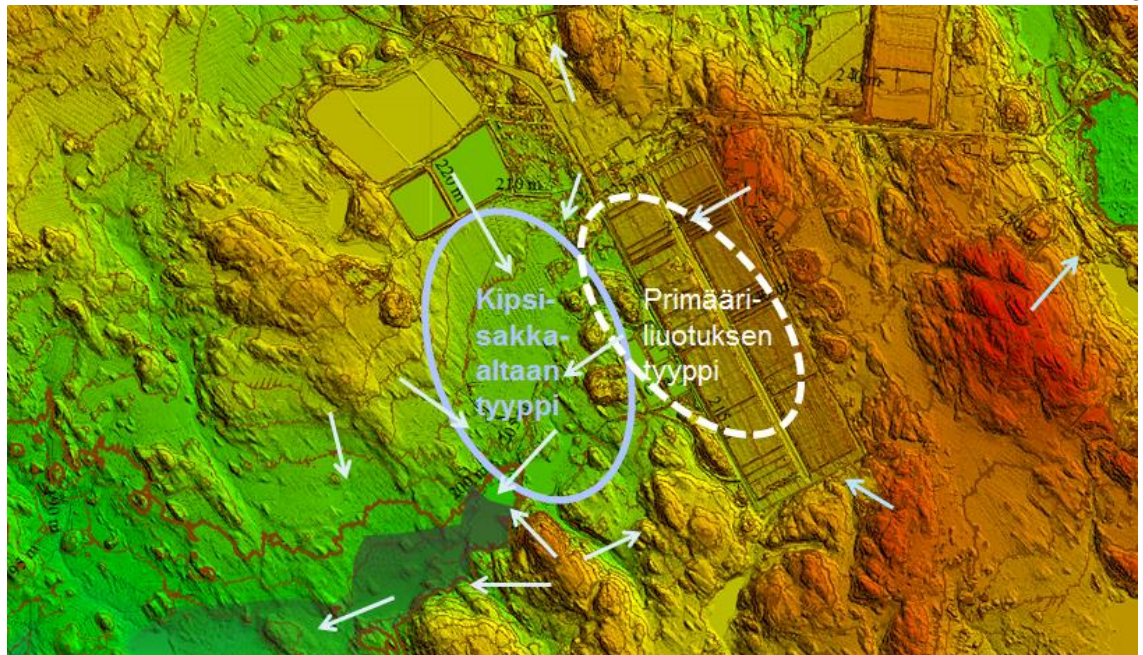
*) Huomioitava interpolointien epätarkkuus johtuen pisteiden vähäisestä tiheydestä: mm. ensimmäisen vaiheen bioliuotuskentän pohjoispuolella pohjavedenjakaja sijoittuisi maastonmuotojen valossa kentän pohjoispuolelle. On myös huomattava että suojapumppausten paikallinen vaikutus ei tule esille, sillä käytettävissä ei ollut mittauspisteitä kaikkien suojapumppausten läheisyydestä.

4.6.4 Vesityyppien sijoittuminen

Primääriliuotusalueen pohjaveden haitta-ainejakaumassa on PLS-liuoksen piirteitä ja raportoituja ylivuotoja pidetään todennäköisenä syynä pilaantuneeseen pohjaveteen. PLS-liuoksen piirteitä esiintyy kuitenkin selkeästi vain primääriliuotusalueen keskikaistan pohjavesiputkissa. Vähäisissä määrin vastaavia haitta-aineita on havaittu primääriliuotuskentän lähimmissä pohjavesiputkissa lounaispuolella.

Kortelamman alueella haitta-ainejakaumassa on Kortelamman altaan pohjaosien vedenlaadun piirteitä ja suurimmat pitoisuudet on tavattu altaan välittömässä läheisyydessä. Vähäisemmissä määrin samoja piirteitä esiintyy kuitenkin myös Kortelamman altaan ja kipsisakka-altaan välisellä alueella. Tällä alueella pohjaveden laatu lienee suoraa seurausta kipsisakka-altaan vuodosta. Myös Kortelamman altaan veden laadulla on kytkös kipsisakka-altaan 2012 vuotoon, joten mahdolliset suotautumat altaasta pohjaveteen liittyvät nekin välillisesti kipsisakka-altaan vuotoon.

Alla esitetään karkea hahmotelma haitta-ainepitoisten vesien sijoittumisesta alueella ja potentiaalisesta kulkeutumisreitistä (Kuva 23).



Kuva 23. Karkea piirros pilaantuneen pohjaveden sijoittumisesta. Kaksi eri haitta-ainetyyppiä hahmoteltuna (renkaat). Nuolet kuvaavat oletettuja pohjaveden virtaussuuntia ja varjostus todennäköisintä haitta-aineiden potentiaalista kulkeutumissegmenttiä. Kuva perustuu topografiaan, pohjaveden pinnan asemaan havaintoputkissa sekä 2016 havaintoihin veden laadusta.

On syytä nostaa esille myös pohjaveden pystysuuntainen laatujauma: korkeita pitoisuuksia on löytynyt nimenomaan maaperän pohjavedestä kaivosalueella. Kallioperän pohjavedessä vastaavia pitoisuuksia ei ole tavattu. Mahdollisia selityksiä ovat hidas virtaus maaperästä kallioperän pohjaveteen, haitta-aineiden pidäytyminen maaperään ja suurempi virtausnopeus kallioperän ruhjeisessa yläosassa (sekoittuminen). Kallioperän pohjavedessä metalleja voi myös poistua vedestä pelkistysreaktioiden kautta.

4.6.5 Pohjaveden pilaantuneisuuden vaikutus

Primääriliuotusalueen ja Kortelammen painauman alueen pohjavesissä (maaperän pohjavesissä, kallion pinnan tuntumassa) pitoisuudet olivat selvästi koholla, mutta kohonneista pitoisuuksista ei aiheudu nykytilanteessa riskiä, koska alueen vettä ei hyödynnetä. Pitoisuudet rajoittuvat primääriliuotusalueen ja kaivoksen toimintojen alueille. Haitta-aineiden kulkeutumista ehkäistään suojapumppausten ja suotovesipumppausten avulla. Muissa ilmansuunnissa kuin lounaassa kulkeutumista ehkäisevät myös luonnolliset pohjaveden virtaussuunnat.

4.6.6 Tilanteen päivitystarpeet ja muuta huomioitavaa

Pohjaveden virtaukseen liittyvä tarkastelutaso tässä selvityksessä on ollut pääosin käsitteellinen. Raportissa esitettyjä numeerisia arvioita hyödynnettäessä on syytä huomioida tutkimuspisteverkon rajallisuus ja tulkinan tukena käytettyjen laskennallisten ja kirjallisuusperusteisten arvojen virheriskit (vedenjohtavuudet, huokoisuudet). Selvityksessä on (primääriliuotusalueen keskikaista ollen poikkeuksena) hyödynnetty ennestään olemassa olevia pohjavesiputkia, joiden sijoittelu perustuu jo aiemmin tunnettuihin riskeihin ja tietotarpeisiin. Tarkemman tarkastelun alue on

priorisoitu tunnettujen pohjaveden virtaussuuntien ja olemassa olevien pohjavesitarkkailutulosten perusteella.

Tässä raportissa esitetyt tulkinnat haitta-aineiden kulkeutumisriskeistä liittyvät nykyiseen tilanteeseen, jossa kaivosalueen toiminta vaikuttaa pohjaveden pinnan tasoon ja virtaussuuntiin. Esimerkiksi sulkemistilanne vaatisi erillisen arvioinnin.

Myös vähittäiset painumat ja pintavesien korkeusmuutokset voivat vaikuttaa pohjaveden liikkeisiin. Lisäksi mainittakoon, että alueella vähitellen tapahtuva vesivarastojen väheneminen tulee todennäköisesti muuttamaan pohjavesivirtausta nykyisestä. Paine-eron muutoksesta johtuen Kortelammen alueelta lounaaseen suuntautuva virtaus todennäköisesti pienenee, mutta kaivospiirin sisällä virtaus voi myös lisääntyä jonkin verran Kortelammen aluetta kohti.

Alueella on siis havaittu pohjaveden pilaantumista ja tämänhetkisen tiedon valossa keskeisimmät toimenpiteet haitta-aineiden leviämisen estämiseksi ovat jo käynnissä. Kuitenkin vesivarastojen pieneminen, louhinta, mahdollinen täydentävä rakentaminen ja myös luonnolliset ilmastolliset syyt voivat muuttaa pohjavesien pinnan korkeuksia ja pohjavesivirtauksia jossain määrin. Näin ollen, tarkkailutiedon muutostrendit sekä pohjaveden pinnankorkeuksissa että pohjaveden laadussa vaativat erityistä huomiota, kunnes toimenpiteet Kortelammen alueella on saatu päätökseen ja primääriliuotusalueen alapuolinen pohjavesilaatu on palautunut riittävästi

4.7 Toimenpidesuosituks

4.7.1 Kortelammen altaan vähittäinen tyhjentäminen

Kortelammen alueella pitoisuuksien on arvioitu liittyvän mitä todennäköisimmin Kortelammen altaan pohjaosien veden laatuun, jolla on kytkös aikaisempaan kipsisakka-altaan vuotoon. Kortelammen altaan vesimääriä vähennetään parhaillaan vähitellen: vesi käsitellään ja puretaan sen jälkeen vesistöön. Altaan tyhjentäminen on pohjaveden suojelun kannalta keskeinen ratkaisumalli, jonka avulla kohonneita pitoisuuksia sisältävän allasveden suotautuminen pohjaveteen loppuu. Kun vedenpinta on allasalueella alentunut riittävästi, voidaan tutkia allasalueen sedimenttejä ja arvioida niihin liittyvä mahdollinen toimenpidetarve .

4.7.2 Suotovesipumppaukset Kortelammen padon alapuolella

Jo käytössä oleviin toimenpiteisiin kuuluu suotovesien kokoamispumppaus Kortelammen padon alapuolella. Pohjaveden suojelun kannalta keskeistä on, että suotovesien pumppaus rajoittaa pohjaveden muodostumista heikkolaatuisesta vedestä padon alapuolisella alueella. Tämä edelleen vähentää pohjaveden vertikaalista liikettä kohti ruhjeista kallioperän pintaosaa. Patoalueella mahdolliset muutokset pumppauksissa on suoritettava patoturvallisuuden tarpeet huomioon ottaen.

4.7.3 Suojapumppaukset

Primääriliuotusalueen lähiympäristössä pohjavedenpinta on suurimittakaavaisessa tarkastelussa alimmillaan lounaispuolella altaiden lähialueella pohjavesiputkessa P7. Tämä voidaan tulkita siten, että paikallisesti pohjavesivirtaukset ovat nykyisellään todennäköisesti toivottuun suuntaan: altaiden suojapumppaukset vaikuttavat rajoittavan pohjaveden virtausta pois alueelta paikallisesti – sekä tarkasteltaessa pinnankorkeuksia että pitoisuuksia. Pienempien pumppuyksiköiden paikallisvaikutus ei tule tässä

arvioinnissa sovelletussa tarkastelutavassa selkeästi esille, mutta haitta-ainepitoisuuksien rajoittuminen primääriliuotuskentän alueelle ja suojapumppausten läheisiin pohjavesiputkiin viittaa toimivaan suojapumppausjärjestelyyn.

Vastaisuudessaakin on suositeltavaa ylläpitää pohjaveden virtaussuuntia kohti suojapumppauksia primääriliuotusalueen välittömässä läheisyydessä. Merkittävimpiin painanteisiin on jo sijoitettu pumppuyksiköt eikä käytettävissä olevan tiedon perusteella ilmene selkeitä kohtia, missä suojapumppausta tulisi lisätä. Koska vesivarastojen vähentäminen kuitenkin vaikuttaa pohjaveden painekorkeuteen ja sitä kautta mahdollisesti virtauksiin, tulee erityisesti primääriliuotusalueen lounaispuoleisella alueella (Kortelammen alueella) pitää silmällä veden laadun muutostrendejä mahdollisten myöhempien suojapumppausten täydennystarpeiden varhaiseksi tunnistamiseksi.

Kortelammen altaan ylemmällä alueella lienee saavutettavissa hyvin vähän suojapumppausten avulla, koska todennäköisin pitoisuuksien lähde lienee allas itse ja pumppaukset saattaisivat jopa tehostaa haitta-ainepitoisen veden leviämistä. Kortelammen padon läheisyydessä mahdolliset suojapumppaukset vaatisivat huolellista patoturvallisuustarkastelua, koska pohjaveden pumppaus voi muuttaa pohjaveden liikettä padon alla, mikä voi vaikuttaa padon stabiliteettiin.

4.7.4 Ylivuototilanteiden hallinta

Ylivuototilanteiden ehkäiseminen ja hallinta ovat avainasemassa pohjavesivaikutusten tarjonnassa. Ylivuototilanteet on raportoitu ja raportoinnin yhteydessä on nimetty sekä ensitoimenpiteitä ja ehkäiseviä toimenpiteitä vastaavien tilanteiden estämiseksi pitkässä juoksussa (kappale 3.7.). Ennaltaehkäiseviä toimintatapoja on otettu käyttöön. Aihe tulee pitää mukana tulevilla riskinarvioinneilla, jolloin käytäntöjen riittävyys tulee säännöllisesti arvioiduksi.

4.7.5 Tarkkailu Kortelammen ja padon alapuolisella alueella

Koska pohjaveden laatua Kortelammen alueella säätelee todennäköisesti Kortelammen allas, muutokset altaan tilassa ja olosuhteissa voivat vaikuttaa pohjaveden laatuun ja virtauksiin. Pohjaveden laadun ja pinnan aseman trendeihin (erityisesti padon alapuolella) tarkkailutuloksissa on syytä kiinnittää huomiota myös jatkossa.

Lisäksi suositellaan pohjavesitarkkailun (lähinnä Kortelammen painauman alue) ja alapuolisen pintavesistön (lähinnä Ylä-Lumijärvi) tarkkailun tulosten vuosittaista yhteistä tarkastelua. Tarkastelun tavoitteena on havaita mahdolliset selkeät viitteet muutoksista pintaveden ja pohjaveden vuorovaikutuksessa ja tunnistaa mahdolliset lisääntyviin riskeihin viittaavat muutostrendit.

4.7.6 Tarkkailu primääriliuotusalueella

Koska primääriliuotusalueen pohjaveden pitoisuuksien syistä on vain osittaista näyttöä, tässä raportissa esitettyjen päätelmien varmistamista suositellaan jatkamalla näytteenottoa putkista TF1 ja TF2 jonkin aikaa. Maaperän pohjaveden vaihtuminen alueella ei todennäköisesti ole nopeaa, huomioiden suhteellisen tiiviit maalajit, painosta johtuvan tiivistymisen, kalvon eristävän vaikutuksen ja sijainnin lähellä vedenjakajaa. Mikäli pitoisuuksien aiheuttajana ovat olleet lähimenneisyyden poikkeustilanteet (ylivuodot), vähittäinen laimenemistrendi lienee kuitenkin odotettavissa. Pohjavettä

kulkeutuu todennäköisesti jossain määrin suojaumpppauksia kohti, jolloin korvaavaa puhdasta pohjavettä virtaa yläpuoliselta valuma-alueelta.

Primääriliuotusalueen pohjavesiputket TF1 ja TF2 suositellaan otettavaksi mukaan pohjaveden tarkkailuohjelmaan pidemmän aikavälin muutosten havainnoimiseksi. Yhtiö on jo ilmoittanut mittaustulosten läpikäynnin yhteydessä, että nämä pohjavesiputket tullaan liittämään tarkkailuohjelmaan. Myös pohjaveden pinnankorkeuksia tullaan primääriliuotusalueen yhteydessä tarkkailemaan tehostetusti. Suojaumpppausten seuranta tehostetaan siten, että niiden vaikutus pohjaveden pinnankorkeuteen saadaan selvitettyä.

4.7.7 Tilanteen huomiointi jälkihoidon suunnittelussa

Tiedot pilaantuneesta maaperästä tai pohjavedestä tulee aina sisällyttää alueen jälkihoidon suunnitteluun, niiltä osin kuin puhdistamista ei suoriteta jo toiminnan kuluessa. Tietoja ja jälkihoitosuunnitelmaa on syytä myös päivittää säännöllisesti. On myös mahdollista, että huomattava määrä pilaantunutta pohjavettä poistuu päätyen sekä prosessikäyttöön että vesienkäsittelyyn pumpppausten myötä jo kaivoksen toiminnan aikana.

4.7.8 Mahdolliset jatkoselvitykset

Primääriliuotusalue

Mikäli pitoisuuksien laimenemistrendiä ei pystytä havaitsemaan seuraavien näytteenottokertojen kuluessa, voidaan tarkastella mahdollisuuksia pumpata pilaantunutta pohjavettä pohjavesiputken TF1 alueelta (ja tarvittaessa TF2:n alueelta) prosessiin. Näin voitaisiin varmistaa, onko kysymyksessä primääriliuotusalueen alle liikkumattomaan tilaan jäänyt lyhytkestoisen häiriötilanteen seurauksena pilaantunut pohjavesi. Pumpppauksen seurauksena pilaantuneen pohjaveden tukisi korvautua puhtaammalla.

Mikäli epävarmuuksia ei pystytä sulkemaan pois seuraavilla näytteenottokierroksilla, voidaan myös harkita laajemman analyysivalikoiman käyttöä yksittäisellä pohjaveden näytteenottokierroksella. Pienempinä määrinä esiintyvien aineiden pitoisuuksia voidaan pyrkiä käyttämään merkkeinä ja siten tarkentamaan veden alkuperää ja/tai liikereittejä. On kuitenkin huomattava, että kaivosalueella, missä veden kierrätysaste on suuri, vesien alkuperä-ehdokkaiden (kuten PLS-liuos, Kortelammen allas, kipsisakka-allas jne.) karakterisointi voi olla haasteellista: kierrätetyn veden myötä hivenainepitoisuudet voivat olla suhteellisen samankaltaisia kaivoksen eri toiminnoissa.

Kortelammen alue

Mikäli pohjaveden laatu Kortelammen alueella heikkenee merkittävästi altaan veden pinnan vähittäisestä laskemisesta huolimatta tai korkeita pitoisuuksia alkaa ilmetä myös kallioperän pohjavedessä, on syytä selvittää mahdollisia haitta-aineiden kulkeutumiskierroksia tarkemmin. Lisätietoa voidaan hankkia esimerkiksi asentamalla lisäputkia etäämmälle Kortelammen alapuoliselle alueelle. Pohjaveden pinnankorkeus, laatu sekä maa- ja/tai kallioperän hydraulinen johtavuus ovat parametreja, jotka mahdollistavat tarkempaa arviointia. Myös merkkiainetarkastelujen tai erilaisten geofysikaalisten menetelmien soveltuvuutta kohteessa voidaan pohtia.

Kohteen erityispiirteiden huomioiminen

Mahdollisten jatkoselvitysten suunnittelussa on huomioita alueen erityispiirteet ja löydettävä kohteessa parhaimmin toimivat menetelmät. On myös muistettava, että yksittäinen menetelmä harvoin ratkaisee pohjaveden pilaantumiseen ja riskeihin liittyviä epäselvyyksiä, mikäli sen tuloksia ei voida kytkeä muuhun aineistoon. Esimerkiksi geofysikaalisten menetelmien käyttö vaatii tuekseen kairaustietoa eikä varsinaisesti anna tietoa pohjaveden virtausnopeuksista. Suolapitoisuudet, maa- ja kivilajeista johtuvat tekijät sekä pintavesi voivat vaikeuttaa eri geofysikaalisten mittausten suorittamista ja tulosten tulkintaa. Joissakin olosuhteissa perusteellisesti tunnetut suolapitoisuustekijät voivat myös helpottaa tulkintaa. Merkkiainetarkastelua voi jossain määrin vaikeuttaa kipsisakka-altaan vuodon (2012) alueelle tuoma hivenainejakauma: pitoisuusvaihtelut eivät välttämättä liity pohjaveden virtausreitteihin. On siis tärkeää suunnitella jatkoselvitykset tavoitetta palvelevaksi kokonaisuudeksi huomioiden kohteen erityistarpeet ja erityisrajoitukset. Alueella, missä on pohjaveden liikkeitä maaperässä ovat suhteellisen hitaita ja esiintyy ihmisen toiminnasta aiheutuvia muutoksia, myös olosuhdetekijät aiheuttavat eroja ja pohjavesimassan erilaistumista, mikä on huomioitava tulkinnessa ja tutkimusmenetelmien valinnassa.

5 LÄHTEET

Ahokas, H. 2006. The estimation of bedrock groundwater inflow into the Kuusilampi open pit.

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

Forss, H., Lerssi, J., Huotari-Halkosaari, T., Pasanen, A., Eskelinen, A. & Kittilä A. 2013. Talvivaara Geofysikaaliset tutkimukset 2013. Geologian Tutkimuskeskus.

Geologian tutkimuskeskus 2016. Geologiset aineistot.
(<http://gtkdata.gtk.fi/maankamara/>).

Geologian tutkimuskeskus. 2008. Kallion pinnan syvyys Talvivaaran alueella.

Hatva, T., Toivo Lapinlampi, T. ja Vienonen S. 2008. Kaivon paikka. Selvitykset ja tutkimukset kiinteistön kaivon paikan määrittämiseksi. Ympäristöopas | 2008. Suomen ympäristökeskus.

Ihanämäki, P. 2016. Terrafamen kaivoksen velvoitetarkkailu 2015 Osa IX: Pohjavedet. Ramboll

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

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

Lapin Vesitutkimus Oy. 2005. Talvivaaran kaivoshankkeen maaperä- ja pohjavesitutkimus.

Marttila, T. & Hakala A. 2016. Terrafamen kaivoksen velvoitetarkkailu 2015 Osa V: Pintavesien tarkkailu. Ramboll

Mälkki, E. 1999. Pohjavesi ja pohjaveden ympäristö. Tammi.

Niini, H. 1977. Kallioperässä oleva pohjavesi. Rakennusgeologinen yhdistys - Byggnadsgeologiska foreningen ry:n julkaisuja. Vol. 11, kirjoitus n:o 84. Papers of the Engineering-Geological Society of Finland. Vol. 11, No. 84

Pasanen, A., Eskelinen, A., Räisänen, M.L., Lerssi, J. & Kittilä A. 2014. Talvivaaran kipsisakka-altaan vuodon pohjavesivaikutusten selvitys ja leviämisen ja haitan arviointi.

OIVA (Ympäristöhallinnon ladattavat paikkatietoaineistot) 2016. [<http://www.p2.ymparisto.fi/scripts/oiva.asp>]

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 461/2000 talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista.

Syrjänen, P., Merjama, S., Kuula, H., Somervuori, P., Juutinen, T. and Remes, H. 2006. Rock Mass Quality and Open Pit Stability Analysis. Talvivaara Rock Mechanical Report.

Valtioneuvoston asetus 214/2007 maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista.

Ympäristöministeriö 2014. Pilaantuneen maa-alueen riskinarviointi ja kestävä riskinhallinta. Ympäristöhallinnon ohjeita 6/2014.

Kartta-aineistot:

Maanmittauslaitos, Avoimien aineistojen tiedostopalvelu, lokakuu 2016

Liite 1 Tutkimuspistetiedot ja putkikortit

PUTKIKORTTI

Tutkimuksen numero

Terraframe Oy, 101003524-200

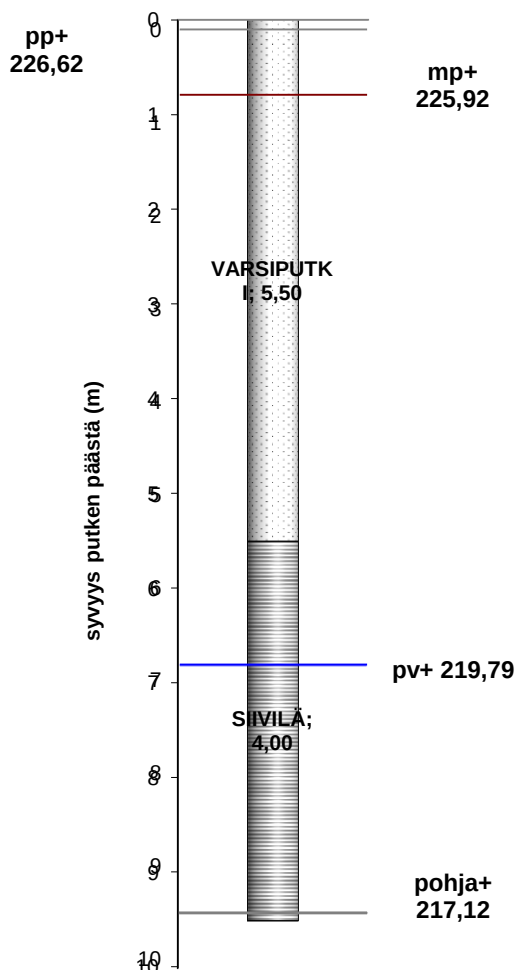
Tutkimuspaikka

Primääriliuotusalue, Talvivaara, Sotkamo

Havaintoputken numero

TF1

Y	7094273	X	549624	Pohjaveden korkeustiedot		
Putkityyppi		PEH		Putken päästä	Merenpinnasta	Päiväys
Siivilän rakoleveys			0,3 mm	6,83 m	219,79 +mmpy	17.10.2016
Maanpinnan korkeus		225,92	+ mmpy	m	#N/A +mmpy	
Putken yläpään korkeus		226,62	+ mmpy	m	#N/A +mmpy	
Putken alapään korkeus		217,12	+ mmpy	m	#N/A +mmpy	
Putken kokonaispituus		9,50	m	m	#N/A +mmpy	
				Muita havaintoja		
VARSIPUTKI		5,50	m			
SIIVILÄ		4,00	m	Muoviputki , Jensen ulko Ø 63 mm		
VARSIPUTKI			m	ETRS-TM35FIN, N2000		
SIIVILÄ			m	Metallinen putkihattu		
VARSIPUTKI			m			
SIIVILÄ			m	Asennus päivämäärä: 11.10.2016		
VARSIPUTKI			m	Asentanut: Marko Luttinen		
POHJATULPPA		KYLLÄ		Yhtiö:		
				Kairaustiedot		
				Huom.		
				0,0-7,7 Mr+Lo		
				7,7-10,C Ka (rikkonainen?)		
				Porakone-kairaus		
				Näytetiedot		



PUTKIKORTTI

Tutkimuksen numero

Terraframe Oy, 101003524-200

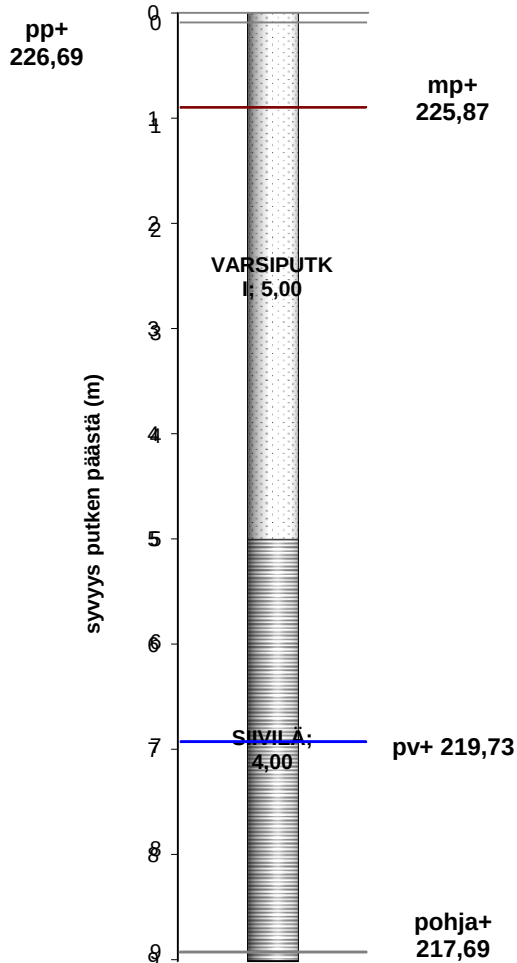
Tutkimuspaikka

Primääriliuotusalue, Talvivaara, Sotkamo

Havaintoputken numero

TF2

Y	7092773	X	550418	Pohjaveden korkeustiedot		
Putkityyppi		PEH		Putken päästä	Merenpinnasta	Päiväys
Siivilän rakoleveys			0,3 mm	6,96 m	219,73 +mmpy	17.10.2016
Maanpinnan korkeus		225,87	+ mmpy	m	#N/A +mmpy	
Putken yläpään korkeus		226,69	+ mmpy	m	#N/A +mmpy	
Putken alapään korkeus		217,69	+ mmpy	m	#N/A +mmpy	
Putken kokonaispituus		9,00	m	m	#N/A +mmpy	
				Muita havaintoja		
VARSIPUTKI		5,00	m			
SIIVILÄ		4,00	m	Muoviputki , Jensen ulko Ø 63 mm		
VARSIPUTKI			m	ETRS-TM35FIN, N2000		
SIIVILÄ			m	Metallinen putkihattu		
VARSIPUTKI			m			
SIIVILÄ			m	Asennus päivämäärä: 12.10.2016		
VARSIPUTKI			m	Asentanut: Marko Luttinen		
POHJATULPPA		KYLLÄ		Yhtiö:		
				Kairaustiedot		
				Huom.		
				0,0-7,3 Mr+Lo		
				7,0-8,3 Ka		
				Porakone-kairaus		
				Näytetiedot		



Maaperän ja pohjaveden pilaantuneisuustutkimus

Terrafame

Tutkimusten tekijä:

Anssi Kantola

Tutkimukset tehty:

14.-15.9.2016

Laboratorioanalyysitulokset on esitetty erillisellä liitteellä

Pistetunnus TF3	Maaperän kerrosjärjestys	Maanäytteiden ottotasot ja havainnot näytteistä - hajuhavainnot 0= ei hajua - 3=voimakas haju				
Sijaintitiedot ETRS-Gk28 X=28501641, Y=7094803 Korkeustiedot N2000 pp= mp= 225,68 w= pk=	Syvyys Maalaji [m]	Ottotaso [m]	Haju		Havainnot	
	0,0-0,5 Murske 0,5-1,0 HKMr e.p.s. Ki	0,0-0,5 0,5-1,0				

Pistetunnus TF4	Maaperän kerrosjärjestys	Maanäytteiden ottotasot ja havainnot näytteistä - hajuhavainnot 0= ei hajua - 3=voimakas haju				
Sijaintitiedot ETRS-Gk28 x=28500880, y=7096346 ks. Putkikortti Korkeustiedot N2000 pp= mp= 226,77 w= pk=	Syvyys Maalaji [m]	Ottotaso [m]	Haju		Havainnot	
	0,0-0,2 Murske 0,2-1,7 hkSr e.p.s. Ki	0,0-0,5 0,5-1,0 1,0-1,5				

Pistetunnus TF5	Maaperän kerrosjärjestys	Maanäytteiden ottotasot ja havainnot näytteistä - hajuhavainnot 0= ei hajua - 3=voimakas haju				
Sijaintitiedot ETRS-Gk28 X=28501086, Y=7095943 Korkeustiedot N2000 pp= mp= 226,59 w= pk=	Syvyys Maalaji [m]	Ottotaso [m]	Haju	PID ppm	Havainnot	
	0,0-0,2 Murske 0,2-1,7 hkSr e.p.s. Ki	0,0-0,5 0,5-1,0 1,0-1,5				

Pistetunnus TF6	Maaperän kerrosjärjestys	Maanäytteiden ottotasot ja havainnot näytteistä - hajuhavainnot 0= ei hajua - 3=voimakas haju				
Sijaintitiedot ETRS-Gk28 X=28501329, Y=7095467 Korkeustiedot N2000 pp= mp= 226,63 w= pk=	Syvyys Maalaji [m]	Ottotaso [m]	Haju	PID ppm	Havainnot	
	0,0-0,2 Murske 0,2-2,5 hkSr e.p.s. Ki	0,0-0,5 0,5-1,0 1,0-1,5 1,5-2,0 2,0-2,5				

Liite 2 Analyysitodistutkset

ASIAKAS

Nimi PÖYRY FINLAND OY
Yhteyshenkilö Pekka Keränen
Osoite PL 20
90571 OULU

Projekti - -
Asiakkaan viite Terrafame, 101003524-200
Näytteiden lkm 13

NÄYTE

SGS Refno KE16-03928 R0
Raportointi pvm 22.09.2016
Saapumis pvm 14.09.2016
Aloituspvm 14.09.2016
Valmistumis pvm 22.09.2016

KOMMENTIT

ALLEKIRJOITUKSET



Anna-Mari Suortti
Laboratoriokemisti

ALAVIITEET JA HUOMAUTUKSET

- * Tämä analyysi ei ole akkreditoitu
DL Määritysraja
- Ei analysoitu
Laboratorio toimittaa analyysien mittausepävarmuusarviot pyydettyäessä.

Yritys on antanut tämän raportin SGS Palvelujen Yleisten Toimitusehtojensa (SGS General Conditions of Services) mukaisesti, jotka ovat saatavilla osoitteessa www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. Toimitusehdot sisältävät rajoituksia yrityksen vahingonkorvausvastuuseen, hyvityksiin ja lain valintaan. Tämän dokumentin haltijan tulee huomioida, että informaatio tässä dokumentissa kuvaa tilanteen sellaisena kuin yhtiö on sen työsuorituksensa aikana todennut asiakkaan mahdollisten ohjeiden mukaisesti. Yrityksen vastuu rajoittuu yrityksen asiakkaaseen eikä tämä dokumentti estä kaupan osapuolia käyttämästä kaupan asiakirjojen mukaisia oikeuksia ja velvoitteita. Tämän dokumentin sisällön tai ulkomuodon luvaton muuttaminen, väärentäminen tai vääristely on lainvastaista ja tekijä voidaan asettaa syytteeseen lain ankarimman tulkinnan mukaisesti. Ellei erikseen ole mainittu: (a) tässä dokumentissa esitetyt tulokset koskevat vain testattuja näytteitä ja (b) näytteitä säilytetään korkeintaan 2 viikkoa. Tämän dokumentin saa kopioida vain kokonaan, ellei yritys ole antanut kirjallista lupaa osittaiseen kopiointiin.

Näyttenumero
Näytteen nimi

KE16-03928.001
TF1(0,0-0,5m)

KE16-03928.002
TF1(0,5-1,0m)

KE16-03928.003
TF1(1,0-1,5m)

KE16-03928.004
TF2(0,0-0,5m)

KE16-03928.005
TF2(0,5-1,0m)

Analyyysi

Yksikkö

DL

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet ja TVOC C5-C10 maanäytteestä Menetelmä: SFS-ISO 22155

Bentseeni	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	-	-	<0.02
Tolueeni	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	-	-	<0.02
Etyylibentseeni	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	-	-	<0.02
m+p-Xyleeni	mg/kg KA.	0.04	-	<0.04	-	-	<0.04
o-Xyleeni	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	-	-	<0.02
Styreeni	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	-	-	<0.02
n-Propyylibentseeni *	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	-	-	<0.02
Isopropyylibentseeni *	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	-	-	<0.02
1,2,4-trimetyylibentseeni *	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	-	-	<0.02
1,3,5-trimetyylibentseeni *	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	-	-	<0.02
4-Isopropyyliitolueeni *	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	-	-	<0.02
MTBE	mg/kg KA.	0.05	-	<0.05	-	-	<0.05
TAME	mg/kg KA.	0.05	-	<0.05	-	-	<0.05
ETBE *	mg/kg KA.	0.05	-	<0.05	-	-	<0.05
TAE *	mg/kg KA.	0.05	-	<0.05	-	-	<0.05
DIPE *	mg/kg KA.	0.05	-	<0.05	-	-	<0.05
Klooribentseeni *	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	-	-	<0.02
1,2-Diklooribentseeni *	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	-	-	<0.02
1,2,3-Triklooribentseeni *	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	-	-	<0.02
1,2,4-Triklooribentseeni *	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	-	-	<0.02
Metyleenikloridi *	mg/kg KA.	0.07	-	<0.07	-	-	<0.07
1,1-dikloorieteeni *	mg/kg KA.	0.04	-	<0.04	-	-	<0.04
cis-1,2-dikloorieteeni *	mg/kg KA.	0.03	-	<0.03	-	-	<0.03
trans-1,2-dikloorieteeni *	mg/kg KA.	0.03	-	<0.03	-	-	<0.03
Trikloorieteeni	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	-	-	<0.02
Tetrakloorieteeni	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	-	-	<0.02
TVOC C5-C10	mg/kg KA.	5	-	<5.0	-	-	<5.0

Öljyhiilivedyt C10-C40 maanäytteestä Menetelmä: ISO 16703

Öljyhiilivedyt >C10-C21	mg/kg KA.	20	-	<20	-	-	<20
Öljyhiilivedyt >C22-C40	mg/kg KA.	20	-	<20	-	-	23
Öljyhiilivedyt >C10-C40	mg/kg KA.	40	-	<40	-	-	<40

Kuiva-ainepitoisuus Menetelmä: SFS-ISO 11465

Kuiva-ainepitoisuus *	paino-%	0.1	-	96.1	-	-	95.1
-----------------------	---------	-----	---	------	---	---	------

Metallit maanäytteestä ICP-AES Menetelmä: ISO 11885

Arseeni	mg/kg	0.7	1.8	-	2.4	11.9	1.3
Kadmium	mg/kg	0.3	<0.3	-	<0.3	1.1	0.7
Koboltti	mg/kg	0.3	6.0	-	7.2	24.5	8.3
Kromi	mg/kg	0.7	13.8	-	45.1	67.2	28.6
Kupari	mg/kg	1.4	26.6	-	19.5	200.3	27.4
Nikkeli	mg/kg	0.5	13.5	-	15.2	105.3	34.0
Lyijy	mg/kg	0.5	5.7	-	4.8	6.1	3.2
Vanadiini	mg/kg	0.5	16.3	-	20.1	53.3	17.0
Sinkki	mg/kg	1.9	69.0	-	83.6	404.7	190.6
Antimoni *	mg/kg	1	<1	-	<1	<1	<1

Näyttenumero
Näytteen nimiKE16-03928.001
TF1(0,0-0,5m)KE16-03928.002
TF1(0,5-1,0m)KE16-03928.003
TF1(1,0-1,5m)KE16-03928.004
TF2(0,0-0,5m)KE16-03928.005
TF2(0,5-1,0m)

Analyysi

Yksikkö

DL

Metallit maanäytteestä ICP-AES Menetelmä: ISO 22036

Elohopea *	mg/kg	0.2	<0.2	-	<0.2	<0.2	<0.2
------------	-------	-----	------	---	------	------	------

Näyttenumero
Näytteen nimiKE16-03928.006
TF3(0,0-0,5m)KE16-03928.007
TF3(0,5-1,0m)KE16-03928.008
TF4(0,0-0,5m)KE16-03928.009
TF4(1,0-1,5m)KE16-03928.010
TF5(0,5-1,0m)

Analyysi

Yksikkö

DL

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet ja TVOC C5-C10 maanäytteestä Menetelmä: SFS-ISO 22155

Bentseeni	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	<0.02	-	-
Tolueeni	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	<0.02	-	-
Etyylibentseeni	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	<0.02	-	-
m+p-Xyleeni	mg/kg KA.	0.04	-	<0.04	<0.04	-	-
o-Xyleeni	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	<0.02	-	-
Styreeni	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	<0.02	-	-
n-Propyylibentseeni *	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	<0.02	-	-
Isopropyylibentseeni *	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	<0.02	-	-
1,2,4-trimetyylibentseeni *	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	<0.02	-	-
1,3,5-trimetyylibentseeni *	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	<0.02	-	-
4-Isopropyyliolueeni *	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	<0.02	-	-
MTBE	mg/kg KA.	0.05	-	<0.05	<0.05	-	-
TAME	mg/kg KA.	0.05	-	<0.05	<0.05	-	-
ETBE *	mg/kg KA.	0.05	-	<0.05	<0.05	-	-
TAE *	mg/kg KA.	0.05	-	<0.05	<0.05	-	-
DIPE *	mg/kg KA.	0.05	-	<0.05	<0.05	-	-
Klooribentseeni *	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	<0.02	-	-
1,2-Diklooribentseeni *	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	<0.02	-	-
1,2,3-Triklooribentseeni *	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	<0.02	-	-
1,2,4-Triklooribentseeni *	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	<0.02	-	-
Metyleenikloridi *	mg/kg KA.	0.07	-	<0.07	<0.07	-	-
1,1-dikloorieteeni *	mg/kg KA.	0.04	-	<0.04	<0.04	-	-
cis-1,2-dikloorieteeni *	mg/kg KA.	0.03	-	<0.03	<0.03	-	-
trans-1,2-dikloorieteeni *	mg/kg KA.	0.03	-	<0.03	<0.03	-	-
Trikloorieteeni	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	<0.02	-	-
Tetrakloorieteeni	mg/kg KA.	0.02	-	<0.02	<0.02	-	-
TVOC C5-C10	mg/kg KA.	5	-	<5.0	<5.0	-	-

Öljyhiilivedyt C10-C40 maanäytteestä Menetelmä: ISO 16703

Öljyhiilivedyt >C10-C21	mg/kg KA.	20	-	<20	<20	-	-
Öljyhiilivedyt >C22-C40	mg/kg KA.	20	-	28	<20	-	-
Öljyhiilivedyt >C10-C40	mg/kg KA.	40	-	<40	<40	-	-

Kuiva-ainepitoisuus Menetelmä: SFS-ISO 11465

Kuiva-ainepitoisuus *	paino-%	0.1	-	94.6	97.2	-	-
-----------------------	---------	-----	---	------	------	---	---

Metallit maanäytteestä ICP-AES Menetelmä: ISO 11885

Arseni	mg/kg	0.7	2.6	2.9	3.7	2.4	1.4
Kadmium	mg/kg	0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Koboltti	mg/kg	0.3	9.4	10.7	9.3	11.6	14.0

Analyysi	Yksikkö	DL	Näyttenumero Näytteen nimi	KE16-03928.006 TF3(0,0-0,5m)	KE16-03928.007 TF3(0,5-1,0m)	KE16-03928.008 TF4(0,0-0,5m)	KE16-03928.009 TF4(1,0-1,5m)	KE16-03928.010 TF5(0,5-1,0m)

Metallit maanäytteestä ICP-AES Menetelmä: ISO 11885 (continued)

Kromi	mg/kg	0.7	41.0	47.4	44.4	41.3	48.6
Kupari	mg/kg	1.4	48.5	37.9	73.1	30.4	31.2
Nikkeli	mg/kg	0.5	31.1	28.2	33.7	48.4	32.6
Lyijy	mg/kg	0.5	4.1	13.2	3.2	3.5	5.2
Vanadiini	mg/kg	0.5	30.7	31.6	23.3	19.4	24.9
Sinkki	mg/kg	1.9	74.8	96.1	82.6	99.9	63.4
Antimoni *	mg/kg	1	<1	<1	<1	<1	<1

Metallit maanäytteestä ICP-AES Menetelmä: ISO 22036

Elohopea *	mg/kg	0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
------------	-------	-----	------	------	------	------	------

Analyysi	Yksikkö	DL	Näyttenumero Näytteen nimi	KE16-03928.011 TF5(0,0-0,5m)	KE16-03928.012 TF6(0,0-0,5m)	KE16-03928.013 TF6(1,0-1,5m)

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet ja TVOC C5-C10 maanäytteestä Menetelmä: SFS-ISO 22155

Bentseeni	mg/kg KA.	0.02	<0.02	<0.02	-
Tolueeni	mg/kg KA.	0.02	<0.02	<0.02	-
Etyylibentseeni	mg/kg KA.	0.02	<0.02	<0.02	-
m+p-Xyleeni	mg/kg KA.	0.04	<0.04	<0.04	-
o-Xyleeni	mg/kg KA.	0.02	<0.02	<0.02	-
Styreeni	mg/kg KA.	0.02	<0.02	<0.02	-
n-Propyylibentseeni *	mg/kg KA.	0.02	<0.02	<0.02	-
Isopropyylibentseeni *	mg/kg KA.	0.02	<0.02	<0.02	-
1,2,4-trimetyylibentseeni *	mg/kg KA.	0.02	<0.02	<0.02	-
1,3,5-trimetyylibentseeni *	mg/kg KA.	0.02	<0.02	<0.02	-
4-Isopropyylitolueeni *	mg/kg KA.	0.02	<0.02	<0.02	-
MTBE	mg/kg KA.	0.05	<0.05	<0.05	-
TAME	mg/kg KA.	0.05	<0.05	<0.05	-
ETBE *	mg/kg KA.	0.05	<0.05	<0.05	-
TAE *	mg/kg KA.	0.05	<0.05	<0.05	-
DIPE *	mg/kg KA.	0.05	<0.05	<0.05	-
Klooribentseeni *	mg/kg KA.	0.02	<0.02	<0.02	-
1,2-Diklooribentseeni *	mg/kg KA.	0.02	<0.02	<0.02	-
1,2,3-Triklooribentseeni *	mg/kg KA.	0.02	<0.02	<0.02	-
1,2,4-Triklooribentseeni *	mg/kg KA.	0.02	<0.02	<0.02	-
Metyleenikloridi *	mg/kg KA.	0.07	<0.07	<0.07	-
1,1-dikloorieteeni *	mg/kg KA.	0.04	<0.04	<0.04	-
cis-1,2-dikloorieteeni *	mg/kg KA.	0.03	<0.03	<0.03	-
trans-1,2-dikloorieteeni *	mg/kg KA.	0.03	<0.03	<0.03	-
Trikloorieteeni	mg/kg KA.	0.02	<0.02	<0.02	-
Tetrakloorieteeni	mg/kg KA.	0.02	<0.02	<0.02	-
TVOC C5-C10	mg/kg KA.	5	<5.0	<5.0	-

Näyttenumero
Näytteen nimiKE16-03928.011
TF5(0,0-0,5m)KE16-03928.012
TF6(0,0-0,5m)KE16-03928.013
TF6(1,0-1,5m)

Analyysi

Yksikkö

DL

Öljyhiilivedyt C10-C40 maanäytteestä Menetelmä: ISO 16703

Öljyhiilivedyt >C10-C21	mg/kg KA.	20	<20	<20	-
Öljyhiilivedyt >C22-C40	mg/kg KA.	20	27	<20	-
Öljyhiilivedyt >C10-C40	mg/kg KA.	40	<40	<40	-

Kuiva-ainepitoisuus Menetelmä: SFS-ISO 11465

Kuiva-ainepitoisuus *	paino-%	0.1	95.8	96.7	-
-----------------------	---------	-----	------	------	---

Metallit maanäytteestä ICP-AES Menetelmä: ISO 11885

Arseeni	mg/kg	0.7	6.6	1.3	3.4
Kadmium	mg/kg	0.3	<0.3	<0.3	0.5
Koboltti	mg/kg	0.3	9.9	3.1	7.1
Kromi	mg/kg	0.7	46.4	19.3	23.2
Kupari	mg/kg	1.4	78.8	30.0	50.2
Nikkeli	mg/kg	0.5	44.4	32.8	64.1
Lyijy	mg/kg	0.5	5.0	0.9	1.6
Vanadiini	mg/kg	0.5	40.5	4.3	8.2
Sinkki	mg/kg	1.9	120.0	54.3	113.4
Antimoni *	mg/kg	1	<1	<1	<1

Metallit maanäytteestä ICP-AES Menetelmä: ISO 22036

Elohopea *	mg/kg	0.2	<0.2	<0.2	<0.2
------------	-------	-----	------	------	------

ASIAKAS

Nimi PÖYRY FINLAND OY
Yhteyshenkilö Pekka Keränen
Osoite PL 20
90571 OULU

NÄYTE

SGS Refno KE16-04075 R0
Raportointi pvm 03.10.2016
Saapumis pvm 22.09.2016
Aloituspvm 22.09.2016
Valmistumis pvm 03.10.2016

Projekti - -
Asiakkaan viite 101003524-100
Näytteiden lkm 8

KOMMENTIT

Näytteenottaja ja aika: Pasi Tikkanen 20. - 21.9.2016

ALLEKIRJOITUKSET



Anna-Mari Suortti
Laboratoriokemisti

ALAVIITEET JA HUOMAUTUKSET

- * Tämä analyysi ei ole akkreditoitu 1) Alihankinta SGS IF Hertenin DAKs:n akkreditoimassa testauslaboratoriossa
DL Määritysraja 7) Alihankinta KCL Kymen Laboratorio Oy:n FINAS:n akkreditoimassa testauslaboratoriossa
- Ei analysoitu
- Laboratorio toimittaa analyysien mittausepävarmuusarviot pyydettyäessä.

Yritys on antanut tämän raportin SGS Palvelujen Yleisten Toimitusehtojensa (SGS General Conditions of Services) mukaisesti, jotka ovat saatavilla osoitteessa www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. Toimitusehdot sisältävät rajoituksia yrityksen vahingonkorvausvastuuseen, hyvityksiin ja lain valintaan. Tämän dokumentin haltijan tulee huomioida, että informaatio tässä dokumentissa kuvaa tilanteen sellaisena kuin yhtiö on sen työsuorituksensa aikana todennut asiakkaan mahdollisten ohjeiden mukaisesti. Yrityksen vastuu rajoittuu yrityksen asiakkaaseen eikä tämä dokumentti estä kaupan osapuolia käyttämästä kaupan asiakirjojen mukaisia oikeuksia ja velvoitteita. Tämän dokumentin sisällön tai ulkomuodon luvaton muuttaminen, väärentäminen tai vääristely on lainvastaista ja tekijä voidaan asettaa syytteeseen lain ankarimman tulkinnan mukaisesti. Ellei erikseen ole mainittu: (a) tässä dokumentissa esitetyt tulokset koskevat vain testattuja näytteitä ja (b) näytteitä säilytetään korkeintaan 2 viikkoa. Tämän dokumentin saa kopioida vain kokonaan, ellei yritys ole antanut kirjallista lupaa osittaiseen kopiointiin.

Analyysi	Yksikkö	DL	Näyttenumero	KE16-04075.001	KE16-04075.002	KE16-04075.003	KE16-04075.004	KE16-04075.005
			Näytteen nimi	P7	Kipsi3	Korte1maa	Korte1kallio	Korte2maa

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet ja TVOC C5-C10 vesinäytteestä Menetelmä: ISO 11423-1

Bentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Tolueeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Etyylibentseeni *	µg/l	1	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
m+p-Xyleeni *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
o-Xyleeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Styreeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
n-Propyylibentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Isopropyylibentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
1,2,4-trimetylibentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
1,3,5-trimetylibentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
4-Isopropyyli-tolueeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Klooribentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
1,2-Diklooribentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
1,2,3-Triklooribentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
1,2,4-Triklooribentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
1,2-Dibromietaani *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Kloroformi *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Metyleenikloridi *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
1,2-Dikloorietaani *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
1,1,1-Trikloorietaani *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
1,1-dikloorieteeni *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
cis-1,2-dikloorieteeni *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
trans-1,2-dikloorieteeni *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Trikloorieteeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Tetrakloorieteeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
MTBE *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
TAME *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
ETBE *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
TAE *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
TVOC C5-C10 *	µg/l	20	<20	<20	<20	<20	<20

Öljyhiilivedyt C10-C40 vesinäytteestä Menetelmä: SFS-EN ISO 9377-2

Öljyhiilivedyt >C10-C21	mg/l	0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
Öljyhiilivedyt >C21-C40	mg/l	0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
Öljyhiilivedyt >C10-C40 *	mg/l	0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06

Elohoepa vesinäytteestä Menetelmä: Kumottu SFS-EN 1483

Elohoepa	µg/l	0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
----------	------	-----	------	------	------	------	------

Liukoiset metallit vesinäytteestä, ICP-MS Menetelmä: EN ISO 17294-2

Arseeni	µg/l	0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4
Kadmium	µg/l	0.1	0.2	<0.1	<0.1	0.6	<0.1
Koboltti	µg/l	0.2	2.0	1.6	<0.2	0.5	34
Kromi	µg/l	0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Kupari	µg/l	1	<1.0	2.5	<1.0	1.2	<1.0
Nikkeli	µg/l	1	41	2.0	1.2	2.3	890
Lyijy	µg/l	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Vanadiini *	µg/l	1	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Sinkki	µg/l	5	70	36	26	31	47
Antimoni	µg/l	1	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Alumiini	µg/l	3	49	4.4	<3.0	3.7	7.7

Näyttenumero
Näytteen nimiKE16-04075.001
P7KE16-04075.002
Kipsi3KE16-04075.003
Korte1maaKE16-04075.004
Korte1kallioKE16-04075.005
Korte2maa

Analyysi

Yksikkö

DL

Liukoiset metallit vesinäytteestä, ICP-MS Menetelmä: EN ISO 17294-2 (continued)

Kalium *	µg/l	500	4000	3400	<500	3500	35000
Kalsium *	µg/l	200	14000	5700	1900	5800	430000
Natrium *	µg/l	300	3700	4200	2300	4200	660000
Rauta *	µg/l	10	<10	60	150	<10	790000

Liukoiset metallit vedestä ICP-MS 1) Menetelmä: DIN EN ISO 17294-2

Uraani	mg/l	0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
--------	------	--------	---------	---------	---------	---------	---------

pH vedestä Menetelmä: ISO 10523:2008

pH	pH-yksikkö	2	6.1	7.3	6.8	7.1	4.4
----	------------	---	-----	-----	-----	-----	-----

Sameus vedestä Menetelmä: SFS-EN ISO 7027

Sameus	FNU	0.2	6.4	1.9	31	21	320
--------	-----	-----	-----	-----	----	----	-----

Alkaliteetti vesinäytteestä Menetelmä: SFS 3005

Alkaliteetti	mmol/l	0.02	0.25	0.86	0.21	0.81	0.30
--------------	--------	------	------	------	------	------	------

Sähkönjohtavuus vesinäytteestä Menetelmä: SFS-EN 27888

Sähkönjohtavuus	mS/m	0.5	20.7	11.4	3.9	9.5	1030
-----------------	------	-----	------	------	-----	-----	------

Anionit vedestä, IC Menetelmä: SFS-EN ISO 10304-1:2009

Fluoridi	mg/l	0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Kloridi	mg/l	0.3	0.4	0.7	0.8	0.6	9.3
Sulfaatti	mg/l	0.3	59	2.7	3.9	4.2	9500

Ammonium luonnonvedestä 7) Menetelmä: SFS3032

Ammonium, luonnonvesi	mg NH ₄ /l	0.007	0.06	0.01	0.01	0.01	0.16
-----------------------	-----------------------	-------	------	------	------	------	------

Nitraatti/Nitraattityppi luonnonvedestä 7) Menetelmä: SFS3031 kum. standardi

Nitraatti *	µg/l	25	5200	58	<25	<25	1000
-------------	------	----	------	----	-----	-----	------

Analyysi	Yksikkö	DL	Näyttenumero Näytteen nimi	KE16-04075.006 Korte3maa	KE16-04075.007 Korte3kallio	KE16-04075.008 FID5

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet ja TVOC C5-C10 vesinäytteestä Menetelmä: ISO 11423-1

Bentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
Tolueeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
Etyylibentseeni *	µg/l	1	<1.0	<1.0	<1.0
m+p-Xyleeni *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0
o-Xyleeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
Styreeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
n-Propyylibentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
Isopropyylibentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
1,2,4-trimetyylibentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
1,3,5-trimetyylibentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
4-Isopropyyli-tolueeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
Klooribentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
1,2-Diklooribentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
1,2,3-Triklooribentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
1,2,4-Triklooribentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
1,2-Dibromietaani *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
Kloroformi *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0
Metyleenikloridi *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0
1,2-Dikloorietaani *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
1,1,1-Trikloorietaani *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0
1,1-dikloorieteeni *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0
cis-1,2-dikloorieteeni *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0
trans-1,2-dikloorieteeni *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0
Trikloorieteeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
Tetrakloorieteeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
MTBE *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0
TAME *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0
ETBE *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0
TAAE *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0
TVOC C5-C10 *	µg/l	20	<20	<20	<20

Öljyhiilivedyt C10-C40 vesinäytteestä Menetelmä: SFS-EN ISO 9377-2

Öljyhiilivedyt >C10-C21	mg/l	0.03	<0.03	<0.03	<0.03
Öljyhiilivedyt >C21-C40	mg/l	0.03	<0.03	<0.03	<0.03
Öljyhiilivedyt >C10-C40 *	mg/l	0.06	<0.06	<0.06	<0.06

Elohopea vesinäytteestä Menetelmä: Kumottu SFS-EN 1483

Elohopea	µg/l	0.2	<0.2	<0.2	<0.2
----------	------	-----	------	------	------

Liukoiset metallit vesinäytteestä, ICP-MS Menetelmä: EN ISO 17294-2

Arseeni	µg/l	0.4	0.5	<0.4	<0.4
Kadmium	µg/l	0.1	0.5	<0.1	<0.1
Koboltti	µg/l	0.2	29	<0.2	<0.2
Kromi	µg/l	0.3	0.3	<0.3	<0.3
Kupari	µg/l	1	3.6	1.5	<1.0
Nikkeli	µg/l	1	86	1.7	2.1
Lyijy	µg/l	0.5	1.2	<0.5	<0.5
Vanadiini *	µg/l	1	<1.0	4.1	<1.0
Sinkki	µg/l	5	90	79	<5.0
Antimoni	µg/l	1	<1.0	<1.0	<1.0
Alumiini	µg/l	3	890	8.9	<3.0

Analyysi	Yksikkö	DL	Näyttenumero	KE16-04075.006	KE16-04075.007	KE16-04075.008
			Näytteen nimi	Korte3maa	Korte3kallio	FID5

Liukoiset metallit vesinäytteestä, ICP-MS Menetelmä: EN ISO 17294-2 (continued)

Kalium *	µg/l	500	2000	6100	3300
Kalsium *	µg/l	200	56000	32000	15000
Natrium *	µg/l	300	58000	26000	13000
Rauta *	µg/l	10	170	19	98

Liukoiset metallit vedestä ICP-MS 1) Menetelmä: DIN EN ISO 17294-2

Uraani	mg/l	0.0005	<0.0005	0.0076	0.0010
--------	------	--------	---------	--------	--------

pH vedestä Menetelmä: ISO 10523:2008

pH	pH-yksikkö	2	5.5	7.7	8.1
----	------------	---	-----	-----	-----

Sameus vedestä Menetelmä: SFS-EN ISO 7027

Sameus	FNU	0.2	9.9	1.0	9.9
--------	-----	-----	-----	-----	-----

Alkaliteetti vesinäytteestä Menetelmä: SFS 3005

Alkaliteetti	mmol/l	0.02	0.09	1.0	1.3
--------------	--------	------	------	-----	-----

Sähkönjohtavuus vesinäytteestä Menetelmä: SFS-EN 27888

Sähkönjohtavuus	mS/m	0.5	80.0	38.6	17.7
-----------------	------	-----	------	------	------

Anionit vedestä, IC Menetelmä: SFS-EN ISO 10304-1:2009

Fluoridi	mg/l	0.2	<0.2	<0.2	0.2
Kloridi	mg/l	0.3	1.2	9.3	9.8
Sulfaatti	mg/l	0.3	440	140	9.8

Ammonium luonnonvedestä 7) Menetelmä: SFS3032

Ammonium, luonnonvesi	mg NH ₄ /l	0.007	0.01	0.02	0.01
-----------------------	-----------------------	-------	------	------	------

Nitraatti/Nitraattityppi luonnonvedestä 7) Menetelmä: SFS3031 kum. standardi

Nitraatti *	µg/l	25	420	260	140
-------------	------	----	-----	-----	-----

ASIAKAS

Nimi PÖYRY FINLAND OY
Yhteyshenkilö Pekka Keränen
Osoite PL 20
90571 OULU

Projekti - -
Asiakkaan viite 101003524-100
Näytteiden lkm 7

NÄYTE

SGS Refno KE16-04097 R0
Raportointi pvm 03.10.2016
Saapumis pvm 23.09.2016
Aloitus pvm 23.09.2016
Valmistumis pvm 03.10.2016

KOMMENTIT

Näytteenottaja ja aika: Pasi Tikkanen 20. - 21.9.2016

ALLEKIRJOITUKSET



Anna-Mari Suortti
Laboratoriokemisti

ALAVIITEET JA HUOMAUTUKSET

- * Tämä analyysi ei ole akkreditoitu 1) Alihankinta SGS IF Hertenin DAKs:n akkreditoimassa testauslaboratoriossa
DL Määritysraja 7) Alihankinta KCL Kymen Laboratorio Oy:n FINAS:n akkreditoimassa testauslaboratoriossa
- Ei analysoitu
- Laboratorio toimittaa analyysien mittausepävarmuusarviot pyydettyäessä.

Yritys on antanut tämän raportin SGS Palvelujen Yleisten Toimitusehtojensa (SGS General Conditions of Services) mukaisesti, jotka ovat saatavilla osoitteessa www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. Toimitusehdot sisältävät rajoituksia yrityksen vahingonkorvausvastuuseen, hyvityksiin ja lain valintaan. Tämän dokumentin haltijan tulee huomioida, että informaatio tässä dokumentissa kuvaa tilanteen sellaisena kuin yhtiö on sen työsuorituksensa aikana todennut asiakkaan mahdollisten ohjeiden mukaisesti. Yrityksen vastuu rajoittuu yrityksen asiakkaaseen eikä tämä dokumentti estä kaupan osapuolia käyttämästä kaupan asiakirjojen mukaisia oikeuksia ja velvoitteita. Tämän dokumentin sisällön tai ulkomuodon luvaton muuttaminen, väärentäminen tai vääristely on lainvastaista ja tekijä voidaan asettaa syytteeseen lain ankarimman tulkinnan mukaisesti. Ellei erikseen ole mainittu: (a) tässä dokumentissa esitetyt tulokset koskevat vain testattuja näytteitä ja (b) näytteitä säilytetään korkeintaan 2 viikkoa. Tämän dokumentin saa kopioida vain kokonaan, ellei yritys ole antanut kirjallista lupaa osittaiseen kopiointiin.

Näyttenumero
Näytteen nimi

KE16-04097.001
P8

KE16-04097.002
P9

KE16-04097.003
FID27

KE16-04097.004
R3

KE16-04097.005
FID3

Analyysi

Yksikkö

DL

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet ja TVOC C5-C10 vesinäytteestä Menetelmä: ISO 11423-1

Bentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Tolueeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Etyylibentseeni *	µg/l	1	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
m+p-Xyleeni *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
o-Xyleeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Styreeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
n-Propyylibentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Isopropyylibentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
1,2,4-trimetylibentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
1,3,5-trimetylibentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
4-Isopropyyliolueeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Klooribentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
1,2-Diklooribentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
1,2,3-Triklooribentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
1,2,4-Triklooribentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
1,2-Dibromietaani *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Kloroformi *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Metyleenikloridi *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
1,2-Dikloorietaani *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
1,1,1-Trikloorietaani *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
1,1-dikloorieteeni *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
cis-1,2-dikloorieteeni *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
trans-1,2-dikloorieteeni *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Trikloorieteeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Tetrakloorieteeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
MTBE *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
TAME *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
ETBE *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
TAE *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
TVOC C5-C10 *	µg/l	20	<20	<20	<20	<20	<20

Öljyhiilivedyt C10-C40 vesinäytteestä Menetelmä: SFS-EN ISO 9377-2

Öljyhiilivedyt >C10-C21	mg/l	0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
Öljyhiilivedyt >C21-C40	mg/l	0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
Öljyhiilivedyt >C10-C40 *	mg/l	0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06

Elohopea vesinäytteestä Menetelmä: Kumottu SFS-EN 1483

Elohopea	µg/l	0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
----------	------	-----	------	------	------	------	------

Liukoiset metallit vesinäytteestä, ICP-MS Menetelmä: EN ISO 17294-2

Arseeni	µg/l	0.4	<0.4	<0.4	<0.4	0.9	<0.4
Kadmium	µg/l	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Koboltti	µg/l	0.2	0.4	<0.2	<0.2	0.9	<0.2
Kromi	µg/l	0.3	<0.3	<0.3	<0.3	2.0	<0.3
Kupari	µg/l	1	<1.0	<1.0	<1.0	1.2	<1.0
Nikkeli	µg/l	1	<1.0	<1.0	1.3	2.6	1.2
Lyijy	µg/l	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Vanadiini *	µg/l	1	<1.0	<1.0	<1.0	4.4	<1.0
Sinkki	µg/l	5	8.2	<5.0	9.7	210	12
Antimoni	µg/l	1	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Alumiini	µg/l	3	<3.0	3.1	<3.0	990	<3.0

Näyttenumero
Näytteen nimiKE16-04097.001
P8KE16-04097.002
P9KE16-04097.003
FID27KE16-04097.004
R3KE16-04097.005
FID3

Analyysi

Yksikkö

DL

Liukoiset metallit vesinäytteestä, ICP-MS Menetelmä: EN ISO 17294-2 (continued)

Kalium *	µg/l	500	4100	8600	3100	1300	2400
Kalsium *	µg/l	200	24000	6200	6100	2900	4900
Natrium *	µg/l	300	7000	14000	3700	1600	3000
Rauta *	µg/l	10	21	<10	110	9800	1200

Liukoiset metallit vedestä ICP-MS 1) Menetelmä: DIN EN ISO 17294-2

Uraani	mg/l	0.0005	0.0013	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
--------	------	--------	--------	---------	---------	---------	---------

pH vedestä Menetelmä: ISO 10523:2008

pH	pH-yksikkö	2	7.4	8.8	7.2	5.6	6.8
----	------------	---	-----	-----	-----	-----	-----

Sameus vedestä Menetelmä: SFS-EN ISO 7027

Sameus	FNU	0.2	22	3.5	190	80	110
--------	-----	-----	----	-----	-----	----	-----

Alkaliteetti vesinäytteestä Menetelmä: SFS 3005

Alkaliteetti	mmol/l	0.02	1.4	1.6	0.68	0.24	0.68
--------------	--------	------	-----	-----	------	------	------

Sähkönjohtavuus vesinäytteestä Menetelmä: SFS-EN 27888

Sähkönjohtavuus	mS/m	0.5	26.1	15.1	9.3	5.1	7.1
-----------------	------	-----	------	------	-----	-----	-----

Anionit vedestä, IC Menetelmä: SFS-EN ISO 10304-1:2009

Fluoridi	mg/l	0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Kloridi	mg/l	0.3	1.7	2.3	0.7	0.4	0.7
Sulfaatti	mg/l	0.3	63	0.5	<0.3	<0.3	<0.3

Ammonium luonnonvedestä 7) Menetelmä: SFS3032

Ammonium, luonnonvesi	mg NH ₄ /l	0.007	0.02	<0.01	<0.01	1.3	<0.01
-----------------------	-----------------------	-------	------	-------	-------	-----	-------

Nitraatti/Nitraattityppi luonnonvedestä 7) Menetelmä: SFS3031 kum. standardi

Nitraatti *	µg/l	25	<25	<25	<25	<25	<25
-------------	------	----	-----	-----	-----	-----	-----

Analyysi	Yksikkö	DL	Näyttenumero	KE16-04097.006	KE16-04097.007
			Näytteen nimi	R5	FID28

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet ja TVOC C5-C10 vesinäytteestä Menetelmä: ISO 11423-1

Bentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0
Tolueeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0
Etyylibentseeni *	µg/l	1	<1.0	<1.0
m+p-Xyleeni *	µg/l	4	<4.0	<4.0
o-Xyleeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0
Styreeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0
n-Propyylibentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0
Isopropyylibentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0
1,2,4-trimetyylibentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0
1,3,5-trimetyylibentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0
4-Isopropyyli-tolueeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0
Klooribentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0
1,2-Diklooribentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0
1,2,3-Triklooribentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0
1,2,4-Triklooribentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0
1,2-Dibromietaani *	µg/l	2	<2.0	<2.0
Kloroformi *	µg/l	4	<4.0	<4.0
Metyleenikloridi *	µg/l	4	<4.0	<4.0
1,2-Dikloorietaani *	µg/l	2	<2.0	<2.0
1,1,1-Trikloorietaani *	µg/l	4	<4.0	<4.0
1,1-dikloorieteeni *	µg/l	4	<4.0	<4.0
cis-1,2-dikloorieteeni *	µg/l	4	<4.0	<4.0
trans-1,2-dikloorieteeni *	µg/l	4	<4.0	<4.0
Trikloorieteeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0
Tetrakloorieteeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0
MTBE *	µg/l	4	<4.0	<4.0
TAME *	µg/l	4	<4.0	<4.0
ETBE *	µg/l	4	<4.0	<4.0
TAAE *	µg/l	4	<4.0	<4.0
TVOC C5-C10 *	µg/l	20	<20	<20

Öljyhiilivedyt C10-C40 vesinäytteestä Menetelmä: SFS-EN ISO 9377-2

Öljyhiilivedyt >C10-C21	mg/l	0.03	<0.03	<0.03
Öljyhiilivedyt >C21-C40	mg/l	0.03	<0.03	<0.03
Öljyhiilivedyt >C10-C40 *	mg/l	0.06	<0.06	<0.06

Elohopea vesinäytteestä Menetelmä: Kumottu SFS-EN 1483

Elohopea	µg/l	0.2	<0.2	<0.2
----------	------	-----	------	------

Liukoiset metallit vesinäytteestä, ICP-MS Menetelmä: EN ISO 17294-2

Arseeni	µg/l	0.4	3.3	<0.4
Kadmium	µg/l	0.1	2.2	0.1
Koboltti	µg/l	0.2	65	0.7
Kromi	µg/l	0.3	0.8	<0.3
Kupari	µg/l	1	1200	<1.0
Nikkeli	µg/l	1	640	<1.0
Lyijy	µg/l	0.5	1.3	<0.5
Vanadiini *	µg/l	1	<1.0	<1.0
Sinkki	µg/l	5	20000	10
Antimoni	µg/l	1	<1.0	<1.0
Alumiini	µg/l	3	6500	<3.0

Näyttenumero
Näytteen nimiKE16-04097.006
R5KE16-04097.007
FID28

Analyysi

Yksikkö

DL

Liukoiset metallit vesinäytteestä, ICP-MS Menetelmä: EN ISO 17294-2 (continued)

Kalium *	µg/l	500	11000	9600
Kalsium *	µg/l	200	170000	260000
Natrium *	µg/l	300	320000	41000
Rauta *	µg/l	10	9900	150

Liukoiset metallit vedestä ICP-MS 1) Menetelmä: DIN EN ISO 17294-2

Uraani	mg/l	0.0005	0.0054	0.0087
--------	------	--------	--------	--------

pH vedestä Menetelmä: ISO 10523:2008

pH	pH-yksikkö	2	4.7	7.0
----	------------	---	-----	-----

Sameus vedestä Menetelmä: SFS-EN ISO 7027

Sameus	FNU	0.2	320	6.3
--------	-----	-----	-----	-----

Alkaliteetti vesinäytteestä Menetelmä: SFS 3005

Alkaliteetti	mmol/l	0.02	0.06	1.5
--------------	--------	------	------	-----

Sähkönjohtavuus vesinäytteestä Menetelmä: SFS-EN 27888

Sähkönjohtavuus	mS/m	0.5	263	196
-----------------	------	-----	-----	-----

Anionit vedestä, IC Menetelmä: SFS-EN ISO 10304-1:2009

Fluoridi	mg/l	0.2	0.6	<0.2
Kloridi	mg/l	0.3	4.3	4.6
Sulfaatti	mg/l	0.3	1400	1200

Ammonium luonnonvedestä 7) Menetelmä: SFS3032

Ammonium, luonnonvesi	mg NH ₄ /l	0.007	0.26	0.10
-----------------------	-----------------------	-------	------	------

Nitraatti/Nitraattityppi luonnonvedestä 7) Menetelmä: SFS3031 kum. standardi

Nitraatti *	µg/l	25	<25	<25
-------------	------	----	-----	-----

ASIAKAS

Nimi PÖYRY FINLAND OY
Yhteyshenkilö Pekka Keränen
Osoite PL 20
90571 OULU

NÄYTE

SGS Refno KE16-04101 R0
Raportointi pvm 06.10.2016
Saapumis pvm 23.09.2016
Aloitus pvm 23.09.2016
Valmistumis pvm 06.10.2016

Projekti - -
Asiakkaan viite Terrafame, 101003524-200
Näytteiden lkm 1

KOMMENTIT

Näytteenottaja ja aika: Anssi Kantola 8. - 9.9.2016

ALLEKIRJOITUKSET



Rami Aalto
Laboratoriokemisti

ALAVIITEET JA HUOMAUTUKSET

- * Tämä analyysi ei ole akkreditoitu
DL Määritysraja
- Ei analysoitu
Laboratorio toimittaa analyysien mittausepävarmuusarviot pyydettyä.

Yritys on antanut tämän raportin SGS Palvelujen Yleisten Toimitusehtojensa (SGS General Conditions of Services) mukaisesti, jotka ovat saatavilla osoitteessa www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. Toimitusehdot sisältävät rajoituksia yrityksen vahingonkorvausvastuuseen, hyvityksiin ja lain valintaan. Tämän dokumentin haltijan tulee huomioida, että informaatio tässä dokumentissa kuvaa tilanteen sellaisena kuin yhtiö on sen työsuorituksensa aikana todennut asiakkaan mahdollisten ohjeiden mukaisesti. Yrityksen vastuu rajoittuu yrityksen asiakkaaseen eikä tämä dokumentti estä kaupan osapuolia käyttämästä kaupan asiakirjojen mukaisia oikeuksia ja velvoitteita. Tämän dokumentin sisällön tai ulkomuodon luvaton muuttaminen, väärentäminen tai vääristely on lainvastaista ja tekijä voidaan asettaa syytteeseen lain ankarimman tulkinnan mukaisesti. Ellei erikseen ole mainittu: (a) tässä dokumentissa esitetyt tulokset koskevat vain testattuja näytteitä ja (b) näytteitä säilytetään korkeintaan 2 viikkoa. Tämän dokumentin saa kopioida vain kokonaan, ellei yritys ole antanut kirjallista lupaa osittaiseen kopiointiin.

Näyttenumero
Näytteen nimi

KE16-04101.001
TF2(0,0-0,5m)

Analyyysi

Yksikkö

DL

Kuiva-ainepitoisuus Menetelmä: SFS-ISO 11465

Kuiva-ainepitoisuus *	paino-%	0.1	92.7
-----------------------	---------	-----	------

Liukoisuus, 2-vaiheinen ravistelutesti (raekoko <4mm) Menetelmä: SFS-EN 12457-3

Kosteuspitoisuus *	%w/w	0.1	7.9
Testinäytteen massa *	kg	0.1	0.1
Liuottimen tilavuus L2 *	l	0.1	0.2
Liuottimen tilavuus L8 *	l	0.1	0.8
ELUAATTI L/S=2 *			
pH *	pH-yksikkö	0.1	4.1
Sähkönjohtavuus *	mS/m	0.5	44
ELUAATTI L/S=8 *			
pH *	pH-yksikkö	0.1	4.6
Sähkönjohtavuus *	mS/m	0.5	11
LIUENNUT MÄÄRÄ L/S=2 *			
Arseeni *	mg/kg KA.	0.2	<0.2
Barium *	mg/kg KA.	0.1	<0.1
Kadmium *	mg/kg KA.	0.01	0.05
Kromi *	mg/kg KA.	0.1	<0.1
Kupari *	mg/kg KA.	0.1	0.9
Molybdeeni *	mg/kg KA.	0.2	<0.2
Lyijy *	mg/kg KA.	0.1	<0.1
Nikkeli *	mg/kg KA.	0.1	6.1
Vanadiini *	mg/kg KA.	0.1	<0.1
Sinkki *	mg/kg KA.	0.1	20
Elohopea *	mg/kg KA.	0.002	<0.002
DOC *	mg/kg KA.	5	<5
Kloridi *	mg/kg KA.	10	<10
Sulfaatti *	mg/kg KA.	20	<20
Fluoridi *	mg/kg KA.	5	<5
Antimoni *	mg/kg KA.	0.01	<0.01
Seleen *	mg/kg KA.	0.01	0.01
KUMULATIIVINEN L/S=10 *			
Arseeni *	mg/kg KA.	0.2	<0.2
Barium *	mg/kg KA.	0.1	0.2
Kadmium *	mg/kg KA.	0.01	0.06
Kromi *	mg/kg KA.	0.1	<0.1
Kupari *	mg/kg KA.	0.1	1.3
Molybdeeni *	mg/kg KA.	0.2	<0.2
Lyijy *	mg/kg KA.	0.1	<0.1
Nikkeli *	mg/kg KA.	0.1	8.2
Vanadiini *	mg/kg KA.	0.1	<0.1
Sinkki *	mg/kg KA.	0.1	25
Elohopea *	mg/kg KA.	0.002	<0.002
DOC *	mg/kg KA.	5	7
Kloridi *	mg/kg KA.	10	<10
Sulfaatti *	mg/kg KA.	20	590
Fluoridi *	mg/kg KA.	5	<5
Antimoni *	mg/kg KA.	0.01	<0.01
Seleen *	mg/kg KA.	0.01	0.02

ASIAKAS

Nimi PÖYRY FINLAND OY
Yhteyshenkilö Pekka Keränen
Osoite PL 20
90571 OULU

Projekti - -
Asiakkaan viite 101003524-200
Näytteiden lkm 3

NÄYTE

SGS Refno KE16-04543 R0
Raportointi pvm 27.10.2016
Saapumis pvm 18.10.2016
Aloituspvm 18.10.2016
Valmistumis pvm 27.10.2016

KOMMENTIT

Näytteenottaja ja aika: Pasi Tikkanen 17.10.2016

Liitteenä Tutkimustodistus 2016-5350, jossa raportoituna liukoinen nitraatti ja liukoinen ammonium.
Elohopeaa ei pystytty määrittämään kirjausvirheen johdosta (näytettä ei oltu kestäväty).

ALLEKIRJOITUKSET



Marika Luhtanen
Laboratoriopäällikkö

ALAVIITEET JA HUOMAUTUKSET

- * Tämä analyysi ei ole akkreditoitu 7) Alihankinta KCL Kymen Laboratorio Oy:n FINAS:n akkreditoimassa testauslaboratoriossa
DL Määritysraja
- Ei analysoitu
Laboratorio toimittaa analyysien mittausepävarmuusarviot pyydettyä.

Yritys on antanut tämän raportin SGS Palvelujen Yleisten Toimitusehtojensa (SGS General Conditions of Services) mukaisesti, jotka ovat saatavilla osoitteessa www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. Toimitusehdot sisältävät rajoituksia yrityksen vahingonkorvausvastuuseen, hyvityksiin ja lain valintaan. Tämän dokumentin haltijan tulee huomioida, että informaatio tässä dokumentissa kuvaa tilanteen sellaisena kuin yhtiö on sen työsuorituksensa aikana todennut asiakkaan mahdollisten ohjeiden mukaisesti. Yrityksen vastuu rajoittuu yrityksen asiakkaaseen eikä tämä dokumentti estä kaupan osapuolia käyttämästä kaupan asiakirjojen mukaisia oikeuksia ja velvoitteita. Tämän dokumentin sisällön tai ulkomuodon luvaton muuttaminen, väärentäminen tai vääristely on lainvastaista ja tekijä voidaan asettaa syytteeseen lain ankarimman tulkinnan mukaisesti. Ellei erikseen ole mainittu: (a) tässä dokumentissa esitetyt tulokset koskevat vain testattuja näytteitä ja (b) näytteitä säilytetään korkeintaan 2 viikkoa. Tämän dokumentin saa kopioida vain kokonaan, ellei yritys ole antanut kirjallista lupaa osittaiseen kopiointiin.

Analyysi	Yksikkö	DL	Näyttenumero Näytteen nimi	KE16-04543.001 TF1	KE16-04543.002 TF2	KE16-04543.003 P1_uusi

Öljyhiilivedyt C10-C40 vesinäytteestä Menetelmä: SFS-EN ISO 9377-2

Öljyhiilivedyt >C10-C21	mg/l	0.03	<0.03	<0.03	<0.03
Öljyhiilivedyt >C21-C40	mg/l	0.03	<0.03	<0.03	<0.03
Öljyhiilivedyt >C10-C40 *	mg/l	0.06	<0.06	<0.06	<0.06

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet ja TVOC C5-C10 vesinäytteestä Menetelmä: ISO 11423-1

Bentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
Tolueeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
Etyylibentseeni *	µg/l	1	<1.0	<1.0	<1.0
m+p-Xyleeni *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0
o-Xyleeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
Styreeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
n-Propyylibentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
Isopropyylibentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
1,2,4-trimetylibentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
1,3,5-trimetylibentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
4-Isopropyyliolueeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
Klooribentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
1,2-Diklooribentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
1,2,3-Triklooribentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
1,2,4-Triklooribentseeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
1,2-Dibromietaani *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
Kloroformi *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0
Metyleenikloridi *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0
1,2-Dikloorietaani *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
1,1,1-Trikloorietaani *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0
1,1-dikloorieteeni *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0
cis-1,2-dikloorieteeni *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0
trans-1,2-dikloorieteeni *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0
Trikloorieteeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
Tetrakloorieteeni *	µg/l	2	<2.0	<2.0	<2.0
MTBE *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0
TAME *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0
ETBE *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0
TAAE *	µg/l	4	<4.0	<4.0	<4.0
TVOC C5-C10 *	µg/l	20	<20	<20	<20

Liukoiset metallit vesinäytteestä, ICP-MS Menetelmä: EN ISO 17294-2

Arseeni	µg/l	0.4	62	4.8	<0.4
Kadmium	µg/l	0.1	970	33	<0.1
Koboltti	µg/l	0.2	6300	500	0.4
Kromi	µg/l	0.3	48	11	<0.3
Kupari	µg/l	1	10000	360	<1.0
Nikkeli	µg/l	1	180000	13000	3.1
Lyijy	µg/l	0.5	1.9	1.6	<0.5
Vanadiini *	µg/l	1	9.6	<1.0	<1.0
Sinkki	µg/l	5	390000	26000	8.2
Antimoni	µg/l	1	<1.0	<1.0	<1.0
Alumiini	µg/l	3	1100000	31000	8.0
Kalium *	µg/l	500	29000	13000	4900
Kalsium *	µg/l	200	170000	120000	34000
Natrium *	µg/l	300	16000	21000	6400
Rauta *	µg/l	10	70000	85000	120
Uraani *	µg/l	0.5	1200	52	1.1

Näyttenumero	KE16-04543.001	KE16-04543.002	KE16-04543.003
Näytteen nimi	TF1	TF2	P1_uusi

Analyysi Yksikkö DL

Elohopea vesinäytteestä Menetelmä: Kumottu SFS-EN 1483

Elohopea	µg/l	0.2	-	-	-
----------	------	-----	---	---	---

pH vedestä Menetelmä: ISO 10523:2008

pH	pH-yksikkö	2	3.4	4.3	7.2
----	------------	---	-----	-----	-----

Sähkönjohtavuus vesinäytteestä Menetelmä: SFS-EN 27888

Sähkönjohtavuus	mS/m	0.5	927	204	45.8
-----------------	------	-----	-----	-----	------

Sameus vedestä Menetelmä: SFS-EN ISO 7027

Sameus	FNU	0.2	0.97	800	62
--------	-----	-----	------	-----	----

Alkaliteetti vesinäytteestä Menetelmä: SFS 3005

Alkaliteetti	mmol/l	0.02	<0.02	<0.02	1.2
--------------	--------	------	-------	-------	-----

Anionit vedestä, IC Menetelmä: SFS-EN ISO 10304-1:2009

Fluoridi	mg/l	0.2	0.5	1.6	<0.2
Kloridi	mg/l	0.3	4.9	2.6	2.3
Sulfaatti	mg/l	0.3	14000	1600	190

Ammonium luonnonvedestä 7) Menetelmä: SFS3032

Ammonium, luonnonvesi	mg NH ₄ /l	0.007	0.10	0.59	0.06
-----------------------	-----------------------	-------	------	------	------

Nitraatti/Nitraattityppi luonnonvedestä 7) Menetelmä: SFS3031 kum. standardi

Nitraatti *	µg/l	25	<25	1500	140
-------------	------	----	-----	------	-----

SGS Inspection Services Oy**Kotolahdentie 10
48310 KOTKA**Maksaja
SGS Inspection Services OyPL 128
00211 HELSINKI

Näytetiedot

Näyte	Vesinäyte			
Näyte otettu	19.10.2016	Näytteenottaja	Asiakas	
Saapunut laboratorioon	19.10.2016	Näytteenoton syy	Tutkimus	
Tutkimus alkoi	19.10.2016			
Tutkimus valmis	25.10.2016			
Yhteyshenkilö	Riikka Pöntinen, 040 778 3699, Kemisti (FM)			

Viite: KE 16-04543

kotka.reports@sgs.com

Analyysi	5350-1 Vesinäyte TF1 KE 16-04543.001	5350-2 Vesinäyte TF2 KE 16-04543.002	5350-3 Vesinäyte P1_uusi KE 16-04543.003	Yksikkö	Menetelmä
Nitraatti *	20	1 500	140	µg/l	Aquakem, sis.men, per. kumot. SFS 3031:1990
Typpi, liuk. nitraatti- (GF/C 1,2 µm)	3,7	180	1,7	µg N/l	Aquakem, sis.men, per. kumot. SFS 3031:1990
Ammonium *	100	590	58	NH4µg/l	Fotom., SFS 3032:1976
Typpi, liuk. ammonium- (GF/C 1,2 µm)	67	260	45	µg N/l	Fotom., SFS 3032:1976

Arv. arvio, < pienempi kuin, > suurempi kuin

* FINAS-akkreditoitu menetelmä

Tulokset halutussa muodossa

Analyysi	5350-1 Vesinäyte TF1 KE 16-04543.001	5350-2 Vesinäyte TF2 KE 16-04543.002	5350-3 Vesinäyte P1_uusi KE 16-04543.003	Yksikkö	Menetelmä
Nitraatti *	20	1 500	140	µg/l	Aquakem, sis.men, per. kumot. SFS 3031:1990
Liuk. nitraatti- (GF/C 1,2 µm)	16	800	7,5	µg /l	Aquakem, sis.men, per. kumot. SFS 3031:1990
Ammonium *	100	590	58	NH4µg/l	Fotom., SFS 3032:1976
Liuk. ammonium- (GF/C 1,2 µm) *	86	330	58	NH4µg/l	Fotom., SFS 3032:1976

Arv. arvio, < pienempi kuin, > suurempi kuin

* FINAS-akkreditoitu menetelmä

Anja Hagman
Laboratorioinsinööri (DI)

SGS Inspection Services Oy

Kotolahdentie 10
48310 KOTKAMaksaja
SGS Inspection Services OyPL 128
00211 HELSINKI

Näytetiedot	Näyte	Vesinäyte		
	Näyte otettu	13.01.2017	Näytteenottaja	Asiakas
	Saapunut laboratorioon	13.01.2017	Näytteenoton syy	Tutkimus
	Tutkimus alkoi	13.01.2017		
	Tutkimus valmis	26.01.2017		
	Yhteyshenkilö	Riikka Pöntinen, 040 778 3699, Kemisti (FM)		

Viite: KE17-00108

Laboratorion lisätieto: Näytteen 175-2 epäloogiset ammoniumtulokset on tarkistettu uusintamäärityksellä. Syitä kokonaisammoniumia suurempaan liukoiseen ammoniumpitoisuuteen voivat olla määritystä häiritsevät komponentit näytteessä esim. sulfidit ja rauta tai ilmasta suodatuksen yhteydessä näytteeseen liennut ammonium. Tulosten ero on kuitenkin mittausepävarmuuden 10 % rajoissa.

Analyysi		175-1 Vesinäyte TF1 KE17-00108.001	175-2 Vesinäyte TF2 KE17-00108.002	Yksikkö	Menetelmä
Nitraatti	*	<25	42	µg/l	Aquakem, sis.men, per. kumot. SFS 3031:1990
Nitraatti, liukoinen GF/C		<5	<5	µg/l	Aquakem, sis.men, per. kumot. SFS 3031:1990
Ammonium	*	0,19	0,35	mgNH ₄ /l	Fotom., SFS 3032:1976
Ammonium- (GF/C 1,2 µm)		0,07	0,38	mgNH ₄ /l	Fotom., SFS 3032:1976

Arv. arvio, < pienempi kuin, > suurempi kuin

* FINAS-akkreditoitu menetelmä

Riikka Pöntinen
Kemisti (FM)

ASIAKAS

Nimi PÖYRY FINLAND OY
Yhteyshenkilö Pekka Keränen
Osoite PL 20
90571 OULU

Projekti - -
Asiakkaan viite 101003524-200
Näytteiden lkm 2

NÄYTE

SGS Refno KE17-00108 R0
Raportointi pvm 26.01.2017
Saapumis pvm 12.01.2017
Aloituspvm 12.01.2017
Valmistumis pvm 26.01.2017

KOMMENTIT

Kloridin ja fluoridin määritysrajoja jouduttu nostamaan näytteiden sisältämän korkean sulfaattipitoisuuden vuoksi.

Liitteenä tutkimustodistus 2017-175.

Nitraatti ja ammonium -analyysit teetetty alihankintana Kymen Ympäristölaboratorio Oy:n FINAS-akkreditoitussa laboratoriossa.

Näytteenottaja ja aika: Tuomas Lahti (TerraFame Oy) 10.1.2017

ALLEKIRJOITUKSET



Heidi Leppänen
Laboratoriokemisti

ALAVIITTEET JA HUOMAUTUKSET

- * Tämä analyysi ei ole akkreditoitu
DL Määritysraja
- Ei analysoitu
Laboratorio toimittaa analyysien mittausepävarmuusarviot pyydettyäessä.

Yritys on antanut tämän raportin SGS Palvelujen Yleisten Toimitusehtojensa (SGS General Conditions of Services) mukaisesti, jotka ovat saatavilla osoitteessa www.sgs.com/terms_and_conditions.htm. Toimitusehdot sisältävät rajoituksia yrityksen vahingonkorvausvastuuseen, hyvityksiin ja lain valintaan. Tämän dokumentin haltijan tulee huomioida, että informaatio tässä dokumentissa kuvaa tilanteen sellaisena kuin yhtiö on sen työsuorituksensa aikana todennut asiakkaan mahdollisten ohjeiden mukaisesti. Yrityksen vastuu rajoittuu yrityksen asiakkaaseen eikä tämä dokumentti estä kaupan osapuolia käyttämästä kaupan asiakirjojen mukaisia oikeuksia ja velvoitteita. Tämän dokumentin sisällön tai ulkomuodon luvaton muuttaminen, väärentäminen tai vääristely on lainvastaista ja tekijä voidaan asettaa syytteeseen lain ankarimman tulkinnan mukaisesti. Ellei erikseen ole mainittu: (a) tässä dokumentissa esitetyt tulokset koskevat vain testattuja näytteitä ja (b) näytteitä säilytetään korkeintaan 2 viikkoa. Tämän dokumentin saa kopioida vain kokonaan, ellei yritys ole antanut kirjallista lupaa osittaiseen kopiointiin.

Analyysi	Yksikkö	DL	Näyttenumero Näytteen nimi	KE17-00108.001 TF1	KE17-00108.002 TF2

Liukoiset metallit vesinäytteestä, ICP-MS Menetelmä: EN ISO 17294-2

Arseeni	µg/l	0.4	99	3.3
Kadmium	µg/l	0.1	1000	6.3
Koboltti	µg/l	0.2	5700	330
Kromi	µg/l	0.3	100	1.4
Kupari	µg/l	1	9200	56
Nikkeli	µg/l	1	170000	7700
Lyijy	µg/l	0.5	3.4	<0.5
Vanadiini *	µg/l	1	21	<1.0
Sinkki	µg/l	5	320000	13000
Antimoni	µg/l	1	<1.0	<1.0
Alumiini	µg/l	3	960000	4700
Kalium *	µg/l	500	33000	13000
Kalsium *	µg/l	200	170000	120000
Natrium *	µg/l	300	16000	12000
Rauta *	µg/l	10	63000	120000
Uraani *	µg/l	0.5	1000	1.1

Elohopea vesinäytteestä Menetelmä: Kumottu SFS-EN 1483

Elohopea	µg/l	0.2	<0.2	<0.2
----------	------	-----	------	------

pH vedestä Menetelmä: ISO 10523:2008

pH	pH-yksikkö	2	3.5	4.6
----	------------	---	-----	-----

Sähkönjohtavuus vesinäytteestä Menetelmä: SFS-EN 27888

Sähkönjohtavuus	mS/m	0.5	980	196
-----------------	------	-----	-----	-----

Sameus vedestä Menetelmä: SFS-EN ISO 7027

Sameus	FNU	0.2	9.8	300
--------	-----	-----	-----	-----

Alkaliteetti vesinäytteestä Menetelmä: SFS 3005

Alkaliteetti	mmol/l	0.02	<0.02	0.36
--------------	--------	------	-------	------

Anionit vedestä, IC Menetelmä: SFS-EN ISO 10304-1:2009

Fluoridi	mg/l	0.2	24	<2.0
Kloridi	mg/l	0.3	<30	8.4
Sulfaatti	mg/l	0.3	14000	1400

Liite 3 Pohjavesiputkien sijainti

Liite 3 Pohjavesiputkien sijainti

Putket

Tyyppi

-  kallio
-  maa
-  Kaivot

