



Terhi Ketola & Pirjo Kuula

**ASROCKS-hankkeen Action 2 -vaiheen liukoisuustestien
tulokset**



Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos.
Maa- ja pohjarakenteet. Tutkimusraportti
Tampere University of Technology. Department of Civil Engineering.
Earth and Foundation Structures. Research Report

Terhi Ketola & Pirjo Kuula

ASROCKS-hankkeen Action 2 -vaiheen liukoisuustestien tulokset



With the contribution of the LIFE financial instrument of the European Union
LIFE10 ENV/FI/062 ASROCKS

Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Maa- ja pohjarakenteet
Tampere 2013

Sisältö

Tiivistelmä.....	4
Abstract	4
1 Johdanto.....	5
2 Näytteenotto ja näytteiden esikäsittely	6
2.1 Kiviainestuotteet.....	6
2.1.1 Nokian louhos.....	6
2.1.2 Marjamäen louhos	6
2.1.3 Koiviston rakennuspaikka.....	7
2.2 Maanäytteet	7
2.2.1 Nokian louhos.....	7
2.2.2 Koiviston rakennuspaikka.....	7
2.2.3 Harjuniityn rakennuspaikka	7
3 Testausmenetelmät.....	8
3.1 Läpivirtaustesti CEN/TS 14405	8
3.2 Ravistelutesti SFS-EN 12457-3.....	9
3.3 pH vaikutustesti CEN/TS 14997	10
3.4 Kiviainesten liukoisuustesti SFS-EN 1744-3.....	11
3.5 Kemialliset analyysit.....	12
3.6 Perusmääritykset.....	13
4 Tulokset	14
4.1 Nokia.....	14
4.2 Marjamäki	16
4.3 Koivisto.....	17
4.4 Harjuniitty	19
4.5 Menetelmien validointi	21
5 Tulosten tarkastelu	22
5.1 Eri liukoisuustestimenetelmien vertailu.....	22
5.1.2 Nokia.....	22
5.1.3 Marjamäki	24
5.1.4 Koivisto.....	25
5.2 Koostumuksen vaikutus liukoisuuteen	25
6 Johtopäätökset.....	29
Lähteet.....	30

Liitteet:

- 1 Liukoisuustestitulokset, kohde 507 Nokia
- 2 Liukoisuustestitulokset, kohde 505 Marjamäki
- 3 Liukoisuustestitulokset, kohde 541 Koivisto
- 4 Liukoisuustestitulokset, kohde 542 Harjuniitty
- 5 Uusintatestien tulokset, kohteet 505, 507 ja 541

Tiivistelmä

ASROCKS-hankkeessa tarkastellaan arseenin mahdollisesti aiheuttamaa riskiä Pirkanmaan ja Kanta-Hämeen alueella sijaitsevilla kivi- ja maa-ainestuotantopaikoilla sekä rakennuskohteissa ja laaditaan ohjeistus maa- ja kiviainestuottajille sekä viranomaisten käyttöön. Hankkeen toteuttavat Geologian tutkimuskeskus, Tampereen teknillinen yliopisto ja Suomen ympäristökeskus.

Hankkeen toisessa vaiheessa otettiin liukoisuuskokeita varten kiviaines- ja maanäytteitä kahdella louhoksella sekä kahdella rakennuspaikalla. Louhoksilla näytteitä otettiin erilaisista kiviainestuotteista, esimerkiksi kivituhka 0/4 mm, hiekoitussepele 4/8 mm ja kalliomurske 0/16 mm. Näytteille tehtiin neljä standardoitua liukoisuustestiä: kaksivaiheinen ravistelutesti EN 12457-3, läpivirtaustesti CEN/TS 14405, liukoisuustesti pH:n vaikutuksesta CEN/TS 14997 sekä kiviaineksille tarkoitettu liukoisuustesti EN 1744-3. Näytteistä analysoitiin kuningasvesi- ja ammoniumasetaattiliukoiset arseenipitoisuudet, K_d -arvot sekä arseenin kokonaispitoisuus. Lisäksi määritettiin näytteiden rakeisuudet.

Arsenin liukenevuus testatuista kiviainestuotteista sekä yksittäisistä maanäytteistä oli pieni, pääosin alle 0,5 mg/kg. Arseenin liukenevuuden havaittiin olevan riippuvaista pH-arvosta. Korrelaatiota liukoisuustestitulosten ja näytteiden arseenipitoisuuksien välille ei löydetty. Kiviainesten kuningasvesiliukoiset arseenipitoisuudet olivat 14 - 215 mg/kg. Ravistelu- ja läpivirtaustesteillä näistä pitoisuuksista liukeni <1 - 2 %.

Abstract

The main objective of the ASROCKS project is to provide guidelines and risk management tools for the exploitation of natural aggregate resources in areas with naturally elevated arsenic concentrations in the bedrock and soil in the Tampere-Häme region, southern Finland. The guidelines and tools are targeted for both the aggregate producers and environment authorities. Project partners are Geological Survey of Finland, Tampere University of Technology and Finnish Environment Institute.

In ASROCKS Action2 rock aggregate products and soil were sampled for leaching tests at two aggregate production sites and two construction sites. Rock aggregate products of different grain sizes were collected, e.g. 0/4 mm, 4/8 mm and 0/16 mm. Four standardised leaching tests were performed: EN 12457-3, CEN/TS 14405, CEN/TS 14997 and EN 1744-3. The total concentrations and the aqua regia and ammonium acetate extractable arsenic concentrations were measured. The values of the coefficient K_d were calculated. Also the grain size distributions were determined.

The leaching of arsenic from rock aggregate products and soil samples was mainly less than 0,5 mg/kg. The leaching of arsenic depended on the pH. No correlation between the leaching and the total amount of arsenic was found. The aqua regia soluble arsenic concentrations of the aggregate products were 14 - 215 mg/kg. In the leaching tests EN 12457-3 and CEN/TS 14405 the amount of arsenic leached was <1 - 2 % of the aqua regia soluble concentration.

1 Johdanto

ASROCKS-hankkeessa selvitetään arseenin mahdollisesti aiheuttamaa riskiä Pirkanmaan ja Kanta-Hämeen alueella sijaitsevilla kivi- ja maa-ainestuotantopaikoilla sekä rakennuskohteissa ja laaditaan ohjeistus maa- ja kiviainestuottajille sekä viranomaisten käyttöön. Hankkeen toteuttavat Geologian tutkimuskeskus, Tampereen teknillinen yliopisto ja Suomen ympäristökeskus. Hanke on osittain Euroopan Unionin Life+ ympäristöpolitiikka ja –hallinto –ohjelman rahoittama.

ASROCKS-hankkeen toisessa vaiheessa valittiin neljä tutkimuskohdetta, joista otettiin näytteitä sekä geokemiallisiin analyysihin että liukoisuustesteihin. Tutkimuskohteiksi valikoitui kaksi kalliokiviaineksen ottopaikkaa ja kaksi rakennuskohdetta Pirkanmaalta. Liukoisuustesteihin otettiin näytteitä kiviainestuotteista ja maaperästä. Liukoisuustestit tehtiin Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) Maa- ja pohjarakenteiden laboratoriossa. Testeistä saadut vesinäytteet analysoitiin Ramboll Analytics Oy:n laboratoriossa.

Näytteistä tehtiin yhteensä neljää erilaista standardoitua liukoisuustestiä. Testien avulla pyrittiin selvittämään erilaisten testimenetelmien vaikutusta tuloksiin. Liukoisuustestien tuloksiin vaikuttavat sekä materiaalin että testausympäristön olosuhteet. Liukoisuustestien toistettavuutta tarkasteltiin tekemällä useampia rinnakkaistestejä. Lisäksi saatuja liukoisuuksia verrattiin näytteiden kokonaispitoisuuksiin, näytteiden kokonaispitoisuudet määritettiin Labtium Oy:n laboratoriossa.

Arseenia (As) esiintyy luontaisesti yli 200 mineraalissa, muun muassa sulfidi- ja oksidimineraaleissa (Smedley & Kinniburgh 2002). Suomen yleisimmät arseenimineraalit ovat arseenikiisu sekä löllingiitti. Arseenimineraaleja esiintyy kallioissa piroitteena tai kallion rakopinnoilla. (Backman et al. 2007) Arseenin liukenevuuteen vaikuttavat ainakin sen esiintymismuoto, ympäristön pH ja hapetus-pelkistysolot. Arseenia voi liueta kalliosta arseenia sisältävien sulfidimineraalien hapettuessa, jolloin vapautuu myös sulfaattia. Korkeassa pH:ssa vapautuu rautaoksideihin adsorboitunut arseeni. Pelkistävässä olosuhteissa neutraalin pH:n tuntumassa voi arseeni vapautua oksideista. (Smedley & Kinniburgh 2002) Tarkemmin mineralogian vaikutusta arseenin liukenevuuteen tarkastellaan TTY:n Maa- ja pohjarakenteiden yksikössä valmistuvassa kandidaatintyössä (Hannukainen 2013).

Liukoisuustestien ja muun analyysiaineiston perusteella hankkeen seuraavassa vaiheessa tehdään arseenin aiheuttaman riskin arviointia.

Hankkeen toisen vaiheen näytteenottoihin osallistuivat Terhi Ketola, Tero Porkka ja Lari Hannukainen TTY:ltä sekä Birgitta Backman, Tarja Hatakka, Paavo Härmä, Timo Tarvainen, Arto Nyholm, Heikki Nurmi, Jouko Vuokko ja Tuure Nyholm Geologian tutkimuskeskuksesta (GTK). Näytteenoton suunnitteluun osallistuivat lisäksi Pirjo Kuula TTY:ltä sekä Outi Pyy, Jussi Reinikainen ja Sirkku Tuominen Suomen ympäristökeskuksesta. Liukoisuustestien tekemisestä vastasivat Terhi Ketola sekä Raija Vanhanen TTY:llä. Raportointivaiheessa työtä kommentoi projektin työryhmä, erityisesti Heli Lehtinen Suomen ympäristökeskuksesta sekä Timo Tarvainen ja Paavo Härmä GTK:sta.

2 Näytteenotto ja näytteiden esikäsittely

2.1 Kiviainestuotteet

Näytteenoton tavoite oli ottaa koko materiaalierää edustava, yhdistetty näyte jokaisesta testattavaksi valitusta tuotteesta. Näytteenotossa mukailtiin standardia SFS-EN 932-1 Kiviainesten yleisten ominaisuuksien testaus, osa 1: näytteenottomenetelmät (SFS 1997). Yhdistetyn näytteen massa laskettiin standardin mukaan kaavalla 1. Louhoksilla näytteet otettiin aina tuotekasoista.

$$M = 6 * \sqrt{D} * \rho b \quad (1)$$

M = näytteen massa, kg

D = suurin raekoko, mm

ρb = löyhä irtotiheys, Mg/m³

2.1.1 Nokian louhos

Tutkimuskohteen pääkivilaji on porfyyrinen granodioriitti (Tarvainen et al. 2013). Kohteessa tuotetaan erilaisia kiviainestuotteita. Syyskuussa 2012 otettiin näytteet kolmesta tuotteesta:

- kalliomurske 0/4 mm, kivituhka, JKV\$-2012-507.21
- kalliomurske 0/16 mm, JKV\$-2012-507.22
- kalliosepeli 4/8 mm, hiekoitusseppi, JKV\$-2012-507.23

Kalliomurskeesta 0/4 mm otettiin osanäytteet kuudesta pisteestä tuotekasan rinteestä eri puolilta kasaa. Osanäytteet yhdistettiin ja jaettiin jakolaatikolla kahdeksi rinnakkaiseksi näytteeksi JKV\$-2012-507.21A1 ja JKV\$-2012-507.21A2. Näytteitä ei esikäsitelty.

Kalliomurskeesta 0/16 mm näytteet otettiin kauhakuormaajan avattua kasaa ja tehtyä materiaalista kaksi rinnakkaista näytteenottomattoa. Näytteet otettiin keräämällä materiaali maton poikkileikkauksesta ja jakamalla aines jakolaatikolla sopiviksi laboratorionäytteiksi JKV\$-2012-507.22A1 ja JKV\$-2012-507.22A2. Näytteitä ei esikäsitelty.

Myös hiekoitussepeleistä 4/8 mm rinnakkaiset näytteet JKV\$-2012-507.23A1 ja JKV\$-2012-507.23A2 otettiin näytteenottomatoista. Näytteitä ei esikäsitelty.

2.1.2 Marjamäen louhos

Tutkimuskohde on kivilajien osalta vaihteleva: alueen kivilajit vaihtelevat dioriitista granodioriittiin ja gabroon. Alueelta louhitaan nyt kvartsidioriittia ja granodioriittia (Tarvainen et al. 2013). Syyskuussa 2012 otettiin näytteet kolmesta tuotteesta:

- kallioseppi 3/6 mm, hiekoitusseppi, JKV\$-2012-505.21
- kalliomurske 0/3 mm, kivituhka, JKV\$-2012-505.22
- kalliomurske 0/56 mm, JKV\$-2012-505.23

Kaikki näytteet otettiin kauhakuormaajan avattua kasaa ja tehtyä materiaalista kaksi rinnakkaista näytteenottomattoa. Matoista kerätty materiaali jaettiin jakolaatikolla tai jakavalla lapioinnilla sopiviksi laboratorionäytteiksi.

Kalliosepelin 3/6 mm näytteet ovat JKV\$-2012-505.21A1 ja JKV\$-2012-505.21A2. Näytteet jaettiin jakolaatikolla. Näytteitä ei esikäsitelty.

Kalliomurskeen 0/3 mm näytteet ovat JKV\$-2012-505.22A1 ja JKV\$-2012-505.22A2. Näytteet jaettiin jakolaatikolla. Näytteitä ei esikäsitelty.

Kalliomurskeen 0/56 mm näytteet ovat JKV\$-2012-505.23A1 ja JKV\$-2012-505.23A2. Näytteet jaettiin suuren maksimiraekoon takia jakavalla lapioinnilla. TTY:llä näytteet esikäsiteltiin katkaisemalla 16 mm seulalla. Liukoisuustesteihin ja rakeisuusmääritykseen otettiin raekooltaan alle 16 mm materiaalia.

2.1.3 Koiviston rakennuspaikka

Marraskuussa 2012 kohteessa räjäytettiin kalliota kolmesta eri näytteenottopisteestä. Kivilaji vaihteli keskirakeisesta leukogabrosta hienorakeiseen gabroon. Räjäyttämällä irrotetusta kiviaineksesta kerättiin yhdistetty näyte. TTY:llä näyte murskattiin ja jaettiin kahdeksi, yksittäiseksi tuotenäytteeksi:

- kalliomurske 0/4 mm JKV\$-2012-541.21
- kalliosepeli 4/8 mm JKV\$-2012-541.22

Valmistettuja tuotenäytteitä ei esikäsitelty ennen testaamista.

2.2 Maanäytteet

2.2.1 Nokian louhos

Maanäyte otettiin lokakuussa 2012 louhoksella kasasta, johon oli louhoksen perustamisvaiheessa kasattu alueelta kuorittuja pintamaita. Näyte otettiin kuuden osanäytteen kokoomana eri puolilta kasaa ja jaettiin laboratorionäytteeksi. Näytettä TTTA-2012-507.52 ei esikäsitelty.

2.2.2 Koiviston rakennuspaikka

Lokakuussa 2012 alueella kaivettiin koekuoppia maaperänäytteiden ottoa varten. Koekuopasta 2, syvyydeltä 1,3–1,9 metriä maanpinnasta otettiin näytelapiolla kaivamalla näyte TTTA-2012-541.53. Näyte on pohjamoreenia. Näytettä ei esikäsitelty.

2.2.3 Harjuniityn rakennuspaikka

Maanäyte otettiin lokakuussa 2012 rakennuspaikalla kasasta, johon oli läjitetty alueen ylijäämämaita. Maakasa sijaitsee alueelle olevan päiväkodin takana. Näyte otettiin kuuden osanäytteen kokoomana eri puolilta kasaa ja jaettiin laboratorionäytteeksi. Näytettä TTTA-2012-542-51 ei esikäsitelty.

3 Testausmenetelmät

3.1 Läpivirtaustesti CEN/TS 14405

CENin teknisen spesifikaation CEN/TS 14405 mukainen liukoisuustesti, läpivirtaustesti ylöspäin määritellyissä oloissa, on tarkoitettu jätteiden karakterisointiin. Testi kuuluu perusmäärittelytesteihin. Se on kehitetty rakeisten jätemateriaalien lyhyen ja pitkän ajan liukoisuuskäyttäytymisen tarkasteluun. Testillä selvitetään epäorgaanisten ainesosien liukenemistä jätteestä, kun jätteen läpi virtaa vettä yhtäjaksoisesti. Testi soveltuu materiaaleille, joiden raekoko on valmiiksi tai murskattuna alle 10 mm. (CEN/TS 2004.) Testistä käytetään myös aikaisempaa nimitystä kolonnitesti. Läpivirtaustesti CEN/TS 14405 on periaatteiltaan hyvin samanlainen kuin valmisteilla oleva CE-merkintään liittyvä rakennustuotteiden liukoisuustesti.

Testattavan näytteen massa määräytyy sen pakkautuvuuden perusteella. Kolonniin, jonka halkaisija on 10 cm ja korkeus 30 cm, pakatun näytteen tilavuuden tulee olla 2,4 litraa. Testissä näyte pakataan vähintään viidessä erässä. Jokainen materiaalierä lisätään kolonniin kolmessa erässä. Kukin erä tiivistetään kolonniin pudottamalla painoltaan 500 g punnusta näytteen päällä olevan levyn päälle 20 cm korkeudelta. Kolonnissa näytteen ala- ja yläpuolella on suodatinpaperi sekä kalvosuodatin. Eluaattina käytetään ionivaihdettua vettä, jonka johtokyky on korkeintaan 0,1 mS/m. Vettä pumpataan kolonniin letkupumpulla alhaalta ylöspäin. Pumppausnopeus on noin 42–56 ml/h. Testi tehdään huoneenlämmössä, 20 ± 5 °C. (CEN/TS 2004.) Kuvassa 1. on sepelinäyte läpivirtaustestissä.



Kuva 1. Läpivirtaustesti TTY:llä.

Testin aluksi näyte kyllästetään vedellä ja jätetään tasapainottumaan kolmeksi vuorokaudeksi. Tämän jälkeen käynnistetään pumppu, otetaan noin 15 ml näyte kolonnista ulostulevasta vedestä ja mitataan alku-pH. Vettä kerätään jatkuvatoimisesta kolonnista halutuilla neste- ja kiinteän aineen suhteilla, liquid to solid ratio (L/S). Kerättävät liuokset ovat esimerkiksi L/S 0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,5; 0,5-1; 1-2; 2-5 ja 5-10. Liuokset suodatetaan 0,45 µm kalvosuodattimella. Suodatetuista liuoksista mitataan pH, johtokyky sekä liuenneet aineet. (CEN/TS 2004.)

ASROCKS-projektin läpivirtaustesteissä kerättiin liuokset L/S 0-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10 ja uusintatesteissä L/S 0-2 ja 2-10. Näytteet jokaisesta kerätyistä liuoksesta suodatettiin 0,45 µm kalvosuodattimella. Välittömästi suodatuksen jälkeen mitattiin liuoksen pH ja sähkönjohtavuus sekä otettiin näytteet kemiallisiin analyysihin. Testauslämpötila oli noin 21 °C. Testeissä käytetyn ioninvaihdetun veden pH oli 5,3 – 6,0.

3.2 Ravistelutesti SFS-EN 12457-3

Kaksivaiheinen ravistelutesti SFS-EN 12457-3 on tarkoitettu rakeisten tai jauhemaisten jättemateriaalien testaamiseen. Testi kuuluu laadunvalvontatesteihin. Epäorgaanisten aineiden liukoisuus testataan panostyyppisesti, kahden liuotuksen sarjana L/S-suhteilla 2 ja 8. Testi soveltuu näytteille, joiden raekoko on valmiiksi tai murskattuna alle 4 mm. (SFS 2002.)

Testattavan näytteen kuiva-aineen massa on 175 g. Uuttoliuoksena käytetään tislattua tai ionivaihdettua vettä, jonka $5 < \text{pH} < 7,5$ ja johtokyky $< 0,5 \text{ mS/m}$. Liuotus tehdään kahdessa HDPE- tai PP-muovipullossa. Ravisteluun käytetään pyörittäjää, jonka pyöritysnopeus on 5-10 rpm. Liuokset suodatetaan imusuodatuslaitteistolla. Testi tehdään huoneenlämmössä, $20 \pm 5 \text{ °C}$. (SFS 2002.) Testissä käytetyt imusuodatuslaitteisto sekä 1. ja 2. vaiheen ravistelupullot esitetään kuvassa 2.



Kuva 2. Liukoisuustestien suodatuksissa käytetty imusuodatuslaitteisto sekä ravistelutestin pullot.

Ensimmäisessä vaiheessa 500 ml pulloon laitetaan näyte sekä vettä L/S-suhteessa 2, ja pulloa pyöritetään nopeudella 5-10 rpm kuuden tunnin ajan. Tämän jälkeen näytteen kiintoaineen annetaan las-

keutua, liuos otetaan talteen ja suodatetaan 0,45 µm kalvosuodattimella. Toista vaihetta varten huuhdotaan L/S-suhdetta 8 vastaavalla vesimäärällä kaikki 500 ml pulloon jäänyt aines sekä lisätään käytetyt suodatinpaperit 2 000 ml pulloon. Pulloa pyöritetään 18 h, minkä jälkeen kiintoaineksen annetaan laskeutua ja näyte suodatetaan. Suodatusten jälkeen mitataan välittömästi liuosten pH ja sähkönjohtavuus. Testistä analysoidaan kaksi liuosta L/S 2 ja L/S 8, joiden pitoisuuksien perusteella lasketaan kumulatiivinen liukoisuus L/S 10. (SFS 2002.)

Tässä projektissa standardimenetelmästä poikettiin joidenkin tuotenäytteiden raekoon suhteen, koska haluttiin testata kiviainestuotteita sellaisina kuin ne ovat. Raekooltaan 3-6 mm ja 4-8 mm sepelit testattiin murskaamatta näytettä, muutoin täysin standardia noudattaen. Raekooltaan 0-16 mm tuotteet testattiin näytettä murskaamatta niin, että näytteen kuiva-aineen massa oli 700 g ja ravistelu tehtiin ensimmäisessä vaiheessa 2 000 millilitran ja toisessa vaiheessa neljässä 2 000 millilitran pullossa. Testauslämpötila oli noin 21 °C. Testeissä käytetyn ioninvaihdetun veden pH oli 5,3 – 6,0.

3.3 pH vaikutustesti CEN/TS 14997

CENin teknisen spesifikaation CEN/TS 14997 mukainen liukoisuustesti pH:n vaikutuksesta jatkuvassa pH-valvonnassa on tarkoitettu jätteiden karakterisointiin. Testi kuuluu perusmäärittelytesteihin. Testillä tutkitaan epäorgaanisten aineiden liukenemistä näytteestä, kun jatkuvalla happo- tai emäslisäyksellä näytteen pH pidetään testin ajan halutussa arvossa ja saavutetaan liukenemisen tasapainotila. Materiaalin raekoon tulisi olla alle 1 mm. (CEN/TS 2007.)

Testinäytteen kuiva-aineen massa on noin 60 g. Uuttoliuoksena käytetään tislattua tai ionivaihdettua vettä, jonka johtokyky on alle 0,1 mS/m. Typpihappoa tai natriumhydroksidiliuosta käytetään pH:n säätämiseen. Koe tehdään yleensä kahdeksassa pH-arvossa alueella pH 4-12 tai valituissa muissa oleellisissa pH-arvoissa. Näyte testataan myös ilman happo- tai emäslisäystä. Testi kestää 48 tuntia. Materiaalin esitestauksen, happo- tai emästitraus, perusteella arvioidaan hapon tai emäksen kulutus valitussa pH:ssa. Tavoitteena on saavuttaa testin lopussa L/S-suhde 10. (CEN/TS 2007.)

Testin aluksi näyte punnitaan 1 000 ml astiaan, lisätään ionivaihdettu vesi ja mitataan alku-pH 15 minuutin sekoituksen jälkeen. Näytettä sekoitetaan magneettisekoittajalla. Tämän jälkeen näyte laitetaan 48 tunniksi titrauslaitteeseen, joka mittaa liuoksen pH:ta jatkuvasti ja lisää tarpeen mukaan happoa/emästä. Titrauslaite kirjaa ylös näytteen pH:n sekä lisätyn reagenssin määrän testin aikana. Titrauksen loputtua näytteen kiintoaineksen annetaan laskeutua, ja liuos suodatetaan 0,45 µm kalvosuodattimella. Välittömästi suodatuksen jälkeen mitataan liuoksen pH ja sähkönjohtavuus.

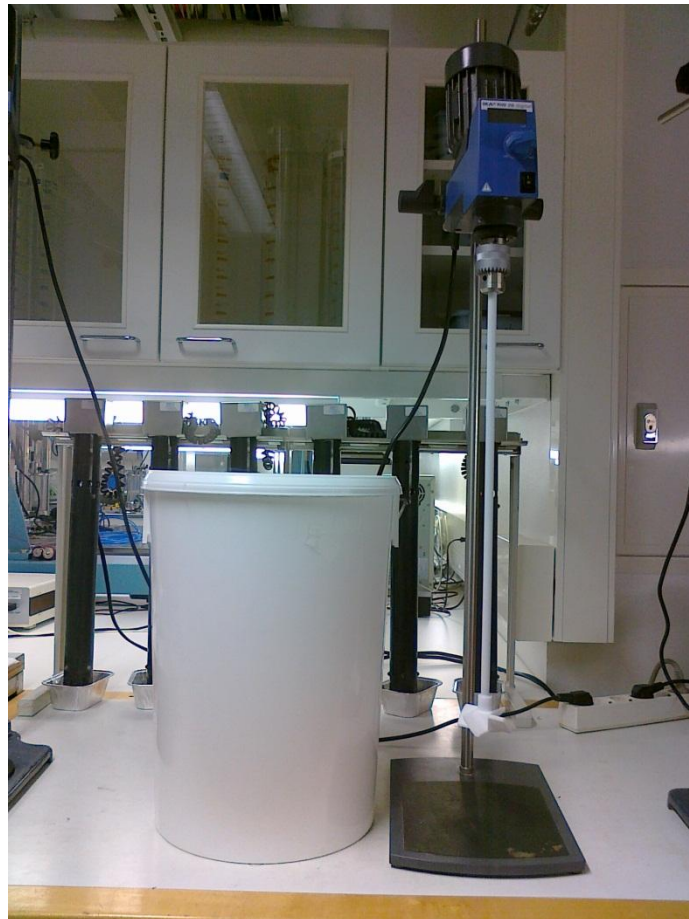
Testin katsotaan onnistuneen, mikäli L/S-suhde testin lopussa on 10 ± 1 ja liuoksen pH-arvo eroaa tavoitearvosta korkeintaan 0,3 yksikköä neljän tunnin kuluttua testin alusta. Lisäksi tarkistetaan teknisen spesifikaation tasapainoehdot: reagenssin kulutus testin viimeisten 4 tunnin aikana saa olla korkeintaan 2 % reagenssin kokonaiskulutuksesta testin aikana. (CEN/TS 2007.)

ASROCKS-projektissa pH-vaikutustestiin otettiin hienorakeisimmat kiviainestuotteet KaM 0-3 mm ja 0-4 mm sekä maanäytteet. Teknisestä spesifikaatiosta poikettiin näytteen raekoon suhteen, koska haluttiin testata kiviainestuotteita ja maanäytteitä sellaisina kuin ne ovat. Testauslämpötila oli noin 21 °C. Testeissä käytetyn ioninvaihdetun veden pH oli 5,3 – 6,0.

3.4 Kiviainesten liukoisuustesti SFS-EN 1744-3

Panostyyppinen testi SFS-EN 1744-3 on kehitetty kiviainesten CE-merkinnän vastaavuustestausta varten. Testin tarkoituksena on selvittää kiviaineksen ominaisuuksia valmistamalla uutos liuottamalla kiviainestuotetta. Testi on tarkoitettu sitomattomille materiaaleille, joiden raekoko on valmiiksi tai esikäsiteltynä alle 32 mm. (SFS 2003.)

Testinäytteen kuiva-aineen massa on noin 2 kg. Uuttoliuoksena käytetään tislattua tai ionivaihdettua vettä, jonka $5 < \text{pH} < 7,5$ ja johtokyky $< 0,5 \text{ mS/m}$. L/S-suhde on 10 ja uuttoaika 24 tuntia. Liuotustankki on korkeudeltaan noin 400 mm ja halkaisijaltaan noin 300 mm. Testin ajan näyte on verkkokorissa, joka pidetään noin 50 mm etäisyydellä tankin pohjasta. Verkon silmäkoko on 2 mm. Liuosta sekoitetaan näytteen yläpuolelta testin ajan PTFE-päällysteisellä sekoittimella nopeudella 500 rpm. Testi tehdään huoneenlämmössä, 20-25 °C. (SFS 2003.) TTY:n testilaitteisto on kuvassa 3.

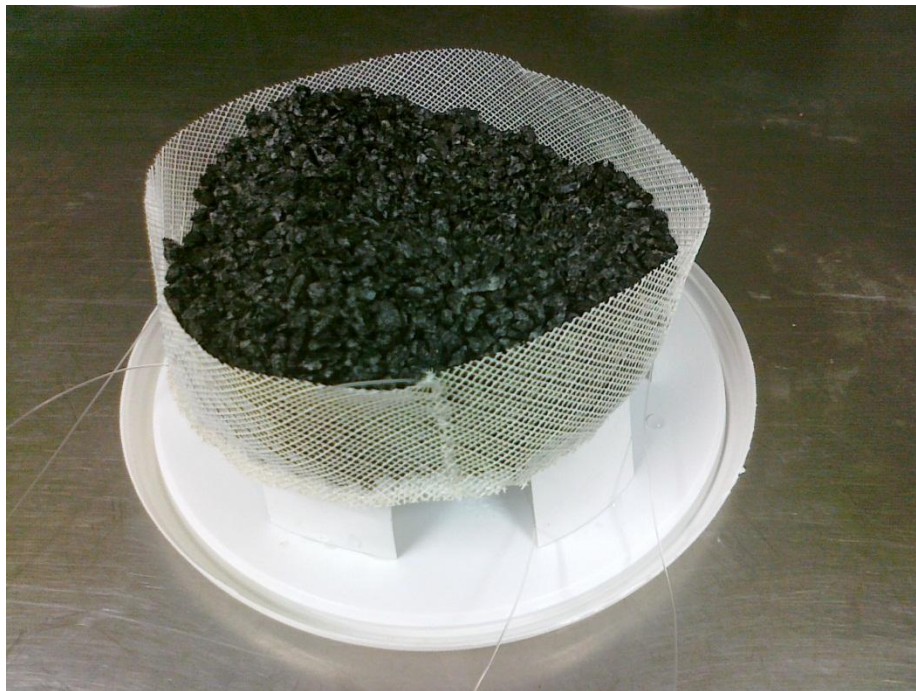


Kuva 3. Laitteisto kiviainesten liukoisuustestiin.

Testin alussa tankki täytetään L/S 10 vastaavalla vesimäärällä. Verkkokori lasketaan veden pinnan alapuolelle, näyte levitetään hitaasti ja tasaisesti koriin. Täysi kori lasketaan tankin pohjalle, tasaiselle etäisyydelle tankin reunoista. Tankki suljetaan kannella ja kannen läpi menevä sekoitin asetetaan lähelle näytettä. Moottoroitua sekoitinta pidetään käynnissä 24 tuntia, minkä jälkeen sekoitin poistetaan ja liuoksen partikkelien annetaan laskeutua 10 minuuttia. Tämän jälkeen otetaan vesinäy-

te, joka suodatetaan 0,45 µm kalvosuodattimella. Välittömästi suodatuksen jälkeen mitataan liuoksen pH ja sähkönjohtavuus. (SFS 2003.)

Testauslämpötila oli noin 21 °C. Testeissä käytetyn ioninvaihdetun veden pH oli 5,3 – 6,0. Testi ei sovellu 0-pohjaisille näytteille, esimerkiksi kalliomurske 0-4 mm, koska raekooltaan 2 mm ja hienompi aines putoaa korista tankin pohjalle. Yhtä kalliomurskenäytettä lukuun ottamatta kiviainesten liukoisuustestillä SFS-EN 1744-3 testattiin vain sepelit 3-6 mm ja 4-8 mm. Kuvassa 4 on testattu sepelinäyte verkkokorissa testin jälkeen.



Kuva 4. Testattu sepelinäyte, SFS-EN 1744-3.

3.5 Kemialliset analyysit

Jokaisesta vesinäytteestä mitattiin pH TTY:llä heti testin ja suodatuksen jälkeen Knick pH-meter 761 Calimatic -mittarilla. Mittari kalibroitiin päivittäin ennen mittauksia.

Johtokyky mitattiin TTY:llä Consort K611 –mittarilla, joka kalibroitiin päivittäin ennen mittauksia.

Vesinäytteistä analysoitiin Ramboll Analyticsin laboratoriossa FINAS-akkreditoiduin menetelmin sulfaattipitoisuus sekä veteen liuenneet metallit arseeni (As), antimoni (Sb), kadmium (Cd), koboltti (Co), kromi (Cr), kupari (Cu), lyijy (Pb), molybdeeni (Mo), nikkeli (Ni), rauta (Fe), sinkki (Zn) ja vanadiini (V). Sulfaatin määritys tehtiin menetelmällä SFS-EN ISO 10304-1 ja metallien menetelmällä ISO 17294-2.

Lisäksi tuote- ja maanäytteille tehtiin analyysijä Labtium Oy:n laboratoriossa. XRF-menetelmällä määritettiin alkuaineiden todellisia kokonaispitoisuuksia jauhetuista ja briketöidyistä näytteistä. Lähes-kokonaispitoisuuksia tutkittiin kuningasvesi- eli AR-uutolla ja helppoliukoisia pitoisuuksia happamalla ammoniumasetaatti-EDTA-uutolla (AAC-uutto). Uuttoja varten tuotenäytteet tarvittaessa hienomurskattiin raekokoon alle 2 mm. Lisäksi tuote- ja maanäytteille tehtiin maa-mavesi-

jakautumiskertoimen K_d määrittämiä. K_d -arvo kuvaa haitta-aineen sorptiota eli pidättymistä ja se määritetään adsorptoituneen ja liuenneen aineen määrän suhteena tasapainotilassa (Kuusela-Lahtinen et al. 2012). Käytännössä K_d -arvo määritettiin tuorenäytteistä, jotka laboratorioissa jaettiin kahteen osaan: ensimmäisen osan alle 2 mm ainekselle tehtiin AR-uutto ja toinen osa kyllästettiin vedellä noin vuorokauden ajaksi, vesiliuos suodatettiin ja liuoksesta analysoitiin liuenneet alkuaineet.

3.6 Perusmääritykset

Tuote- ja maanäytteiden rakeisuudet määritettiin TTY:llä pesuseulontamenetelmällä SFS-EN 933-1 (SFS 2012). Näytteiden kuiva-ainepitoisuus testattiin kunkin liukoisuuskokeen yhteydessä, jotta saatiin laskettua testeihin tarvittavat kosteiden näytteiden massat.

4 Tulokset

4.1 Nokia

Kaikki Nokian louhoksen (kohde 507) liukoisuuskoe tulokset on esitetty liitteessä 1. Nokian tuotteenäytteille sekä yhdelle maanäytteelle tehtyjen liukoisuustestien tulokset arseenin osalta L/S-suhteella 10 on esitetty taulukossa 4.1.1. Teknisen spesifikaation CEN/TS 14497 antamaa tasapainohtoa pH-vaikutustestin reagenssin kulutuksesta testin viimeisten neljän tunnin aikana ei pääosin saavutettu. Näytteiden nimissä A1 ja A2 tarkoittavat rinnakkaisnäytteitä.

Taulukko 4.1.1 Arseenin liukeneminen Nokian näytteistä eri liukoisuuskokeissa, L/S 10, mg/kg.

	507.21A1 0/4 mm	507.21A2 0/4 mm	507.22A1 0/16 mm	507.22A2 0/16 mm	507.23A1 4/8 mm	507.23A2 4/8 mm	507.52 maanäyte
2-vaih. ravistelutesti	0,13	0,14	0,14	0,15	0,05	0,05	≤ 0,01
läpivirtaustesti	0,33	0,33	0,23	0,18	0,08	0,08	≤ 0,01
pH-vaikutustesti, ilman lis.	0,28	0,24	-	-	-	-	0,01
pH-vaikutustesti, pH 4	0,19	0,36	-	-	-	-	≤ 0,01
pH-vaikutustesti, pH 7	0,02	0,02	-	-	-	-	0,05
pH-vaikutustesti, pH 9	0,45	0,35	-	-	-	-	0,21
kiviainesten liuk.testi	0,03	-	-	-	0,02	0,02	-

Liukoisuustestien lopussa, L/S-suhteella 10, mitatut pH-arvot on esitetty taulukossa 4.1.2.

Taulukko 4.1.2. Loppu-pH Nokian näytteiden liukoisuuskokeissa, L/S 10.

	507.21A1 0/4 mm	507.21A2 0/4 mm	507.22A1 0/16 mm	507.22A2 0/16 mm	507.23A1 4/8 mm	507.23A2 4/8 mm	507.52 maanäyte
2-vaih. ravistelutesti	8,7	8,6	8,9	9,0	8,4	8,6	5,8
läpivirtaustesti	7,4	7,3	7,2	7,3	6,7	6,8	6,3
pH-vaikutustesti, ilman lis.	8,5	8,3	-	-	-	-	6,5
pH-vaikutustesti, pH 4	4,0	4,0	-	-	-	-	3,9
pH-vaikutustesti, pH 7	6,8	6,8	-	-	-	-	7,1
pH-vaikutustesti, pH 9	8,2	8,3	-	-	-	-	8,3
kiviainesten liuk.testi	7,0	-	-	-	6,7	6,6	-

Liukoisuustestien lopussa mitatut sähkönjohtokyvyn arvot on esitetty taulukossa 4.1.3.

Taulukko 4.1.3 Liuosten sähkönjohtokyky testien lopussa, mS/m.

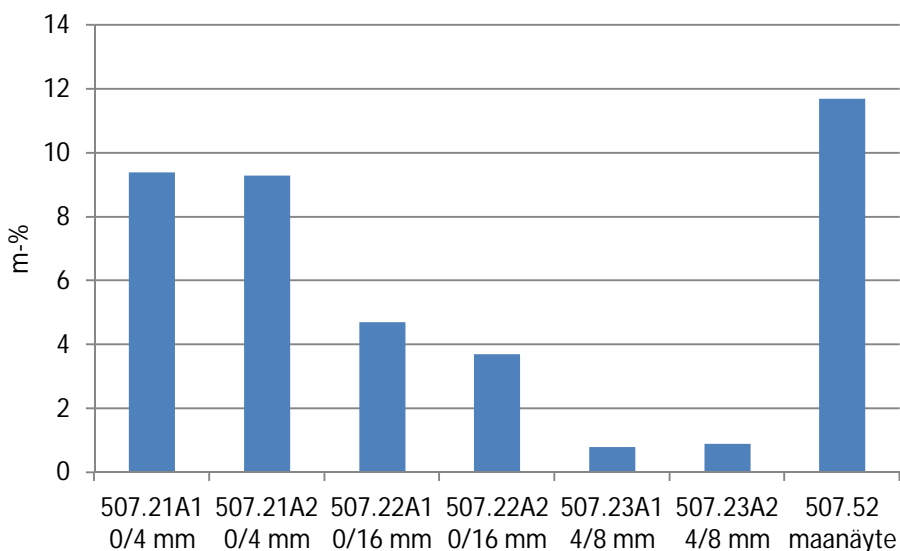
	507.21A1 0/4 mm	507.21A2 0/4 mm	507.22A1 0/16 mm	507.22A2 0/16 mm	507.23A1 4/8 mm	507.23A2 4/8 mm	507.52 maanäyte
2-vaih. ravistelutesti	5,1	4,8	5,3	5,4	2,8	3,3	0,9
läpivirtaustesti	5,8	5,6	4,3	4,2	2,5	2,5	0,6
pH-vaikutustesti, ilman lis.	15,8	16,2	-	-	-	-	4,0
pH-vaikutustesti, pH 4	125,1	142,8	-	-	-	-	54,3
pH-vaikutustesti, pH 7	42,0	44,7	-	-	-	-	7,6
pH-vaikutustesti, pH 9	25,9	23,9	-	-	-	-	25,3
kiviainesten liuk.testi	8,6	-	-	-	2,1	2,3	-

Tuotteiden kuningasvesi- ja ammoniumasetaattiutossa liuenneet arseenipitoisuudet sekä XRF- ja K_d -tulokset on esitetty taulukossa 4.1.4.

Taulukko 4.1.4. Arseenin esiintyminen Nokian näytteiden analyyseissa.

	507.21A1 0/4 mm	507.21A2 0/4 mm	507.22A1 0/16 mm	507.22A2 0/16 mm	507.23A1 4/8 mm	507.23A2 4/8 mm	507.52 maanäyte
Kuningasvesiuutto, mg/kg	14	15	18	16	16	15	< 10
Ammoniumasetaattiutto, mg/kg	1,2	1,2	0,7	0,6	0,6	< 0,5	-
XRF, mg/kg	< 20	21	< 20	23	24	< 20	-
K_d , l/kg	-	-	4866	4866	-	-	-

Näytteiden rakeisuusmäärityksissä saadut hienoaineksen (< 0,063 mm) osuudet massaprosentteina näytteissä on esitetty kuvassa 4.1.1.



Kuva 4.1.1. Nokian louhoksen näytteiden hienoaineksen < 0,063 mm pitoisuudet.

4.2 Marjamäki

Kaikki tutkimuskohteen liukoisuuskoe tulokset on esitetty liitteessä 2. Marjamäen tuotenäytteille tehtyjen liukoisuustestien tulokset arseenin osalta L/S-suhteella 10 on esitetty taulukossa 4.2.1. Liukoisuustestejä sekä raekokomääritystä varten näytteet 505.23A1 ja 505.23A2 on valmistettu katkaisemalla raekoon 0/56 mm näytteet 16 mm seulalla. Näytteiden nimissä A1 ja A2 tarkoittavat rinnakkaisnäytteitä.

Taulukko 4.2.1. Arseenin liukeneminen Marjamäen tuotenäytteistä eri liukoisuuskokeissa, L/S 10, mg/kg.

	505.21A1 3/6 mm	505.21A2 3/6 mm	505.22A1 0/3 mm	505.22A2 0/3 mm	505.23A1 0/16 mm	505.23A2 0/16 mm
2-vaih. ravistelutesti	0,11	0,11	≤ 0,004	0,04	0,12	0,14
läpivirtaustesti	0,10	0,15	≤ 0,07	≤ 0,13	0,11	0,12
pH-vaikutustesti, ilman lis.	-	-	0,02	0,07	-	-
pH-vaikutustesti, pH 4	-	-	0,11	0,14	-	-
pH-vaikutustesti, pH 7	-	-	0,01	0,01	-	-
pH-vaikutustesti, pH 9	-	-	0,13	0,12	-	-
kiviainesten liuk.testi	0,02	0,03	-	-	-	-

Liukoisuustestien lopussa, L/S-suhteella 10, mitatut pH-arvot on esitetty taulukossa 4.2.2.

Taulukko 4.2.2. Loppu-pH Marjamäen tuotenäytteiden liukoisuuskokeissa, L/S 10.

	505.21A1 3/6 mm	505.21A2 3/6 mm	505.22A1 0/3 mm	505.22A2 0/3 mm	505.23A1 0/16 mm	505.23A2 0/16 mm
2-vaih. ravistelutesti	9,1	9,1	6,4	4,8	8,7	9,3
läpivirtaustesti	7,7	7,5	4,6	3,9	6,8	6,7
pH-vaikutustesti, ilman lis.	-	-	6,1	5,2	-	-
pH-vaikutustesti, pH 4	-	-	4,1	4,0	-	-
pH-vaikutustesti, pH 7	-	-	7,3	6,8	-	-
pH-vaikutustesti, pH 9	-	-	8,6	8,7	-	-
kiviainesten liuk.testi	7,7	7,8	-	-	-	-

Liukoisuustestien lopussa mitatut sähkönjohtokyvyn arvot on esitetty taulukossa 4.2.3.

Taulukko 4.2.3. Liuosten sähkönjohtokyky testien lopussa, mS/m.

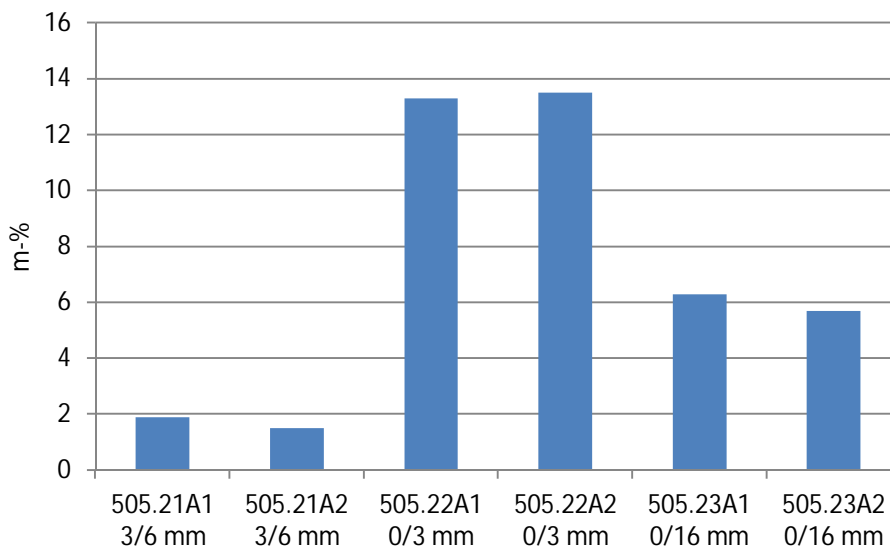
	505.21A1 3/6 mm	505.21A2 3/6 mm	505.22A1 0/3 mm	505.22A2 0/3 mm	505.23A1 0/16 mm	505.23A2 0/16 mm
2-vaih. ravistelutesti	5,1	5,1	9,7	11,1	2,9	3,8
läpivirtaustesti	2,4	2,4	4,8	9,0	1,9	1,9
pH-vaikutustesti, ilman lis.	-	-	50	57,3	-	-
pH-vaikutustesti, pH 4	-	-	102,9	88,2	-	-
pH-vaikutustesti, pH 7	-	-	59,2	65,4	-	-
pH-vaikutustesti, pH 9	-	-	54,6	65,3	-	-
kiviainesten liuk.testi	3,8	4,5	-	-	-	-

Näyttemateriaaleista kuningasvesi- ja ammoniumasetaattiutossa liuenneet arseenipitoisuudet sekä XRF- ja K_d -tulokset on esitetty taulukossa 4.2.4.

Taulukko 4.2.4. Arseenin esiintyminen Marjamäen tuotenäytteiden analyyseissa.

	505.21A1 3/6 mm	505.21A2 3/6 mm	505.22A1 0/3 mm	505.22A2 0/3 mm	505.23A1 0/56 mm	505.23A2 0/56 mm
Kuningasvesiuutto, mg/kg	25	23	30	45	46	13
Ammoniumasetaattiutto, mg/kg	1,3	1,3	4,6	5,1	1,2	1,1
XRF, mg/kg	28	< 20	32	41	47	20
K_d , l/kg	2478	2478	790	790	6154	-

Tuotenäytteiden rakeisuusmäärityksissä saadut hienoaineksen, raekooltaan alle 0,063 mm aineksen osuudet massaprosentteina näytteissä on esitetty kuvassa 4.2.1.



Kuva 4.2.1. Marjamäen tuotenäytteiden hienoaineksen <0,063 mm pitoisuudet.

4.3 Koivisto

Liitteessä 3 on esitetty kaikki Koiviston liukoisuuskoetulokset. Kohteen kahdelle TTY:llä valmistetulle kiviainestuotenäytteelle sekä yhdelle maanäytteelle tehtyjen liukoisuustestien tulokset arseenin osalta L/S-suhteella 10 on esitetty taulukossa 4.3.1.

Taulukko 4.3.1. Arseenin liukeneminen Koiviston näytteistä eri liukoisuuskokeissa, L/S 10, mg/kg.

	541.21 0/4 mm	541.22 4/8 mm	541.53 maanäyte
2-vaih. ravistelutesti	0,55	0,17	≤ 0,01
läpivirtaustesti	0,64	0,08	≤ 0,01
pH-vaikutustesti, ilman lis.	4,40	-	0,03
pH-vaikutustesti, pH 4	2,41	-	0,02
pH-vaikutustesti, pH 7	0,32	-	0,09
pH-vaikutustesti, pH 9	0,64	-	1,92
kiviainesten liuk.testi	-	0,02	-

Liukoisuustestien lopussa, L/S-suhteella 10, mitatut pH-arvot on esitetty taulukossa 4.3.2.

Taulukko 4.3.2. Loppu-pH Koiviston näytteiden liukoisuuskokeissa, L/S 10.

	541.21 0/4 mm	541.22 4/8 mm	541.53 maanäyte
2-vaih. ravistelutesti	9,2	9,2	6,0
kolonnitesti	7,4	7,1	6,1
pH-vaikutustesti, ilman lis.	9,1	-	6,1
pH-vaikutustesti, pH 4	4,0	-	4,0
pH-vaikutustesti, pH 7	7,0	-	6,6
pH-vaikutustesti, pH 9	8,8	-	8,7
kiviainesten liuk.testi	-	7,1	-

Liukoisuustestien lopussa mitatut sähkönjohtokyvyn arvot on esitetty taulukossa 4.3.3.

Taulukko 4.3.3. Liuosten sähkönjohtokyky testien lopussa, mS/m.

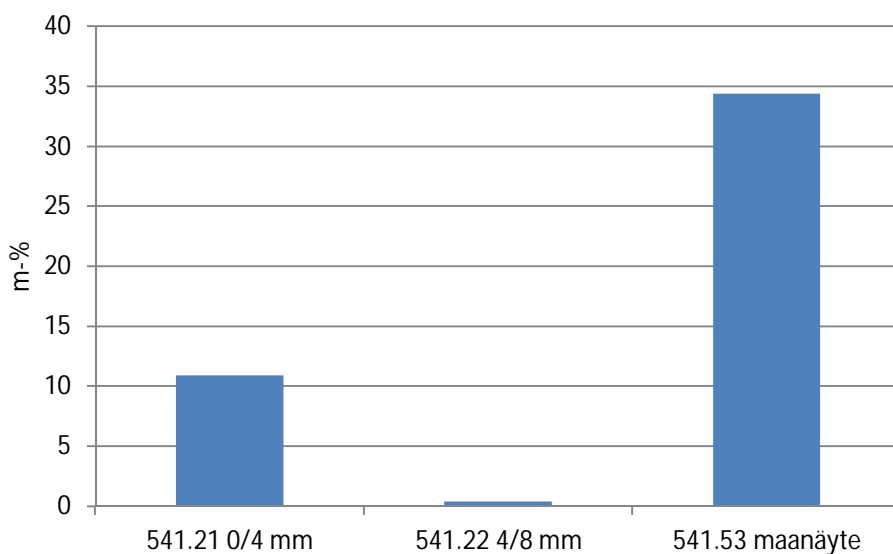
	541.21 0/4 mm	541.22 4/8 mm	541.53 maanäyte
2-vaih. ravistelutesti	5,8	4,3	1,4
kolonnitesti	3,9	2,1	1,2
pH-vaikutustesti, ilman lis.	13,3	-	3,4
pH-vaikutustesti, pH 4	140	-	61,4
pH-vaikutustesti, pH 7	45,7	-	6,7
pH-vaikutustesti, pH 9	14,0	-	21,5
kiviainesten liuk.testi	-	2,2	-

Tuotenäytteistä ja maa-aineksesta kuningasvesi- ja ammoniumasetaattiuutossa liuenneet arseenipitoisuudet sekä XRF- ja K_d -tulokset on esitetty taulukossa 4.3.4.

Taulukko 4.3.4. Arseenin esiintyminen Koiviston näytteiden analyyseissa.

	541.21 0/4 mm	541.22 4/8 mm	541.53 maanäyte
Kuningasvesiuutto, mg/kg	160	215	68
Ammoniumasetaattiuutto, mg/kg	0,6	< 0,5	1,0
XRF, mg/kg	161	133	59
K _d , l/kg	-	-	1513

Näytteiden rakeisuusmäärittelyssä saadut hienoaineksen, raekooltaan alle 0,063 mm aineksen osuudet massaprosentteina näytteissä on esitetty kuvassa 4.3.1.



Kuva 4.3.1. Koiviston näytteiden hienoaineksen < 0,063 mm pitoisuudet.

4.4 Harjuniitty

Liitteessä 4 on Harjuniityn näytteen liukoisuustestitulokset. Kohteen yhdelle maanäytteelle tehtyjen liukoisuustestien tulokset arseenin osalta L/S-suhteella 10 on esitetty taulukossa 4.4.1.

Taulukko 4.4.1. Arseenin liukeneminen Harjuniityn maanäytteestä eri liukoisuuskokeissa, L/S 10, mg/kg.

	542.51 maanäyte
2-vaih. ravistelutesti	≤ 0,01
kolonnitesti	≤ 0,01
pH-vaikutustesti, ilman lis.	0,05
pH-vaikutustesti, pH 4	0,05
pH-vaikutustesti, pH 7	0,11
pH-vaikutustesti, pH 9	1,09
kiviainesten liuk.testi	-

Liukoisuustestien lopussa mitatut pH-arvot on esitetty taulukossa 4.4.2.

Taulukko 4.4.2. Loppu-pH liukoisuuskokeissa.

	542.51 maanäyte
2-vaih. ravistelutesti	5,9
kolonnitesti	5,7
pH-vaikutustesti, ilman lis.	6,9
pH-vaikutustesti, pH 4	3,9
pH-vaikutustesti, pH 7	7,4
pH-vaikutustesti, pH 9	8,2
kiviainesten liuk.testi	-

Liukoisuustestien lopussa mitatut sähkönjohtokyvyn arvot on esitetty taulukossa 4.4.3.

Taulukko 4.4.3. Liuosten sähkönjohtokyky testien lopussa, mS/m.

	542.51 maanäyte
2-vaih. ravistelutesti	1,0
kolonnitesti	0,6
pH-vaikutustesti, ilman lis.	2,9
pH-vaikutustesti, pH 4	53,1
pH-vaikutustesti, pH 7	8,1
pH-vaikutustesti, pH 9	26,9
kiviainesten liuk.testi	-

Näytemateriaalista kuningasvesi- ja ammoniumasetaattiutossa liuenneet arseenipitoisuudet sekä XRF- ja K_d -tulokset on esitetty taulukossa 4.4.4.

Taulukko 4.4.4. Arseenin esiintyminen Harjuniityn maanäytteen analyyseissa.

	542.51 maanäyte
Kuningasvesiuutto, mg/kg	34
Ammoniumasetaattiutto, mg/kg	< 0,5
XRF, mg/kg	32
K_d , l/kg	-

Rakeisuusmäärittämisessä hienoaineksen, raekooltaan alle 0,063 mm aineksen osuus Harjuniityn maanäytteessä oli 13,5 massaprosenttia.

4.5 Menetelmien validointi

Kaksivaiheisen ravistelutestin sekä kolonnitestin toistettavuutta tarkasteltiin tekemällä samalle näytteelle rinnakkaisia testejä eri aikoina. Rinnakkaistesteissä käytettiin samoja laitteita, työtapoja, reagensseja, lämpötiloja sekä samaa liuosten analyysilaboratoriota. Liukoisuustestilaboratorio muutti TTY:llä rakennuksen sisällä kesken testauskauden. Vesijohtoveden mahdollisesta vuodenaikavaihtelusta johtuvia ioninvaihdetun veden laadunvaihteluita ei otettu huomioon. Liukoisuustestin toistettavuuteen vaikuttavat testattava materiaali ja erityisesti sen pH-redox-herkkyys, näytteen raekokojakauma sekä kolonnitestillä käytetty veden virtausnopeus (Wahlström & Laine-Ylijoki, 1996).

Liitteessä 5 on esitetty kaikki uusintatestien tulokset. Arseenin liukeneminen tuotenäytteistä uusintatesteissä on esitetty taulukossa 4.5.1.

Taulukko 4.5.1. Arseenin liukeneminen Marjamäen (505), Nokian (507) ja Koiviston (541) tuotenäytteistä uusintatesteissä, L/S 10, mg/kg.

	505.22A1 0/3 mm	505.22A2 0/3 mm	507.21A1 0/4 mm	507.21A2 0/4 mm	541.21 0/4mm	541.22 4/8mm
ravistelutesti	0,03	≤ 0,09	0,05	0,07	0,32	0,14
kolonnitesti	≤ 0,09	≤ 0,14	0,14	-	0,62	0,07

Loppu-pH uusintatesteissä on esitetty taulukossa 4.5.2 ja johtokyky taulukossa 4.5.3. Läpivirtaus-testin osalta loppu-pH ja johtokyky eivät ole suoraan verrattavissa ensimmäisten testien vastaaviin arvoihin, koska uusintatestin mittaukset on tehty liuoksesta L/S 2-10 ja ensimmäisten testien mittaukset liuoksesta L/S 8-10.

Taulukko 4.5.2. Loppu-pH tuotenäytteiden uusintatesteissä.

	505.22A1 0/3 mm	505.22A2 0/3 mm	507.21A1 0/4 mm	507.21A2 0/4 mm	541.21 0/4mm	541.22 4/8mm
ravistelutesti	4,8	4,1	6,9	7,1	8,6	8,0
kolonnitesti	4,7	3,9	7,0	-	7,6	7,2

Taulukko 4.5.3. Liuosten sähkönjohtokyky uusintatestien lopussa, mS/m.

	505.22A1 0/3 mm	505.22A2 0/3 mm	507.21A1 0/4 mm	507.21A2 0/4 mm	541.21 0/4mm	541.22 4/8mm
ravistelutesti	12,6	14,4	3,6	3,6	4,4	2,9
kolonnitesti	6,9	11,8	3,1	-	4,5	2,6

5 Tulosten tarkastelu

5.1 Eri liukoisuustestimenetelmien vertailu

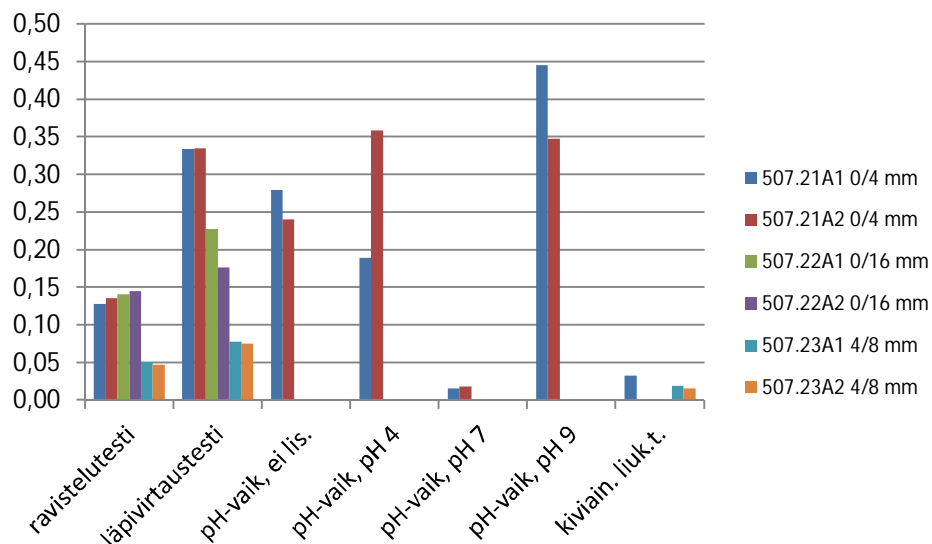
5.1.2 Nokia

Nokian (kohde 507) tuotenäytteistä eri liukoisuuskokeissa liuenneet arseenimäärät on havainnollistettu kuvassa 5.1.1. Kaikista kohteen näytteistä liukeni kaikilla testimenetelmillä arseenia alle 0,5 mg/kg. Arseenin liukoisuuden raja-arvo 0,5 mg/kg on asetettu betonimurskeen hyötykäytölle peiteytissä ja päällystetyssä rakenteessa sekä muun muassa kivihiilen ja turpeen polton tuhkien hyötykäytölle peitettyssä rakenteessa (VnA 403/2009).

Läpivirtaustestillä arseenia liukeni raekoon 0/4 mm näytteistä 507.21A1 ja 507.21A2 noin 2,5-kertaa ravistelutestissä liennut määrä.

Raekoon 0/4 mm näytteistä arseni liukeni erityisesti pH:ssa 9. Arseenia liukeni myös happamassa ympäristössä, pH-arvolla 4. Arseenin liukenemista pH-vaikutustestissä ilman happo- tai emälsisäystä selittävät testien korkeat loppu-pH-arvot 8,5 ja 8,3 (liite 1).

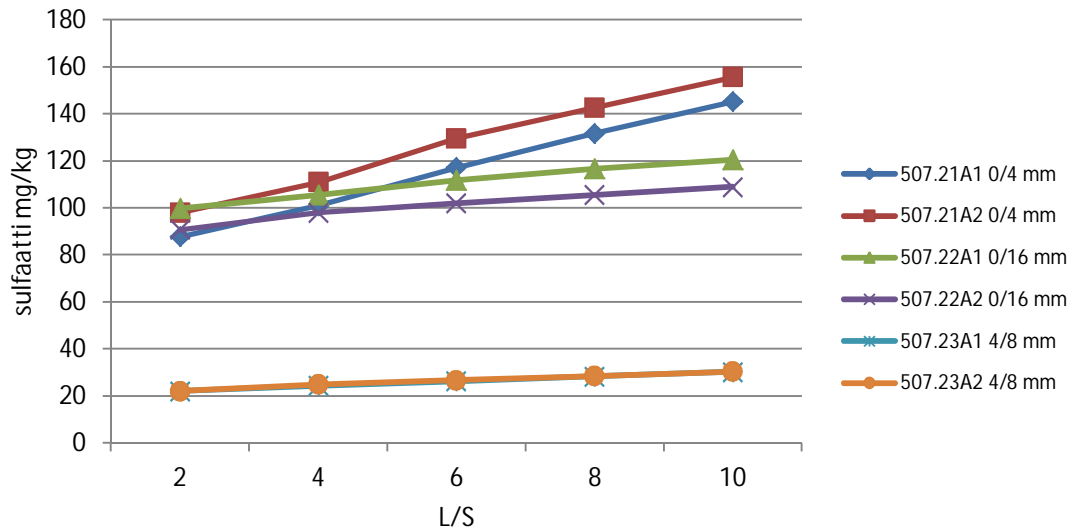
Kiviainesten liukoisuustestillä 1744-3 raekoon 4/8 mm näytteistä liukeni testausten pienimmät arseenipitoisuudet. Pieniä liukoisuuksia selittävät osaltaan muista menetelmistä poikkeavat testin lyhyt kesto ja se, että näytettä ei verkkokorissa sekoiteta, eikä sen läpi johdeta vettä. Kaikilla kohteen 507 testatuilla näytteillä testin 1744-3 loppu-pH oli noin 7, mikä yhdessä pH-vaikutustestin tulosten kanssa selittää arseenin pientä liukoisuutta kiviaineksestä.



Kuva 5.1.1. Arseenin liukeneminen Nokian tuotenäytteistä, L/S 10, mg/kg.

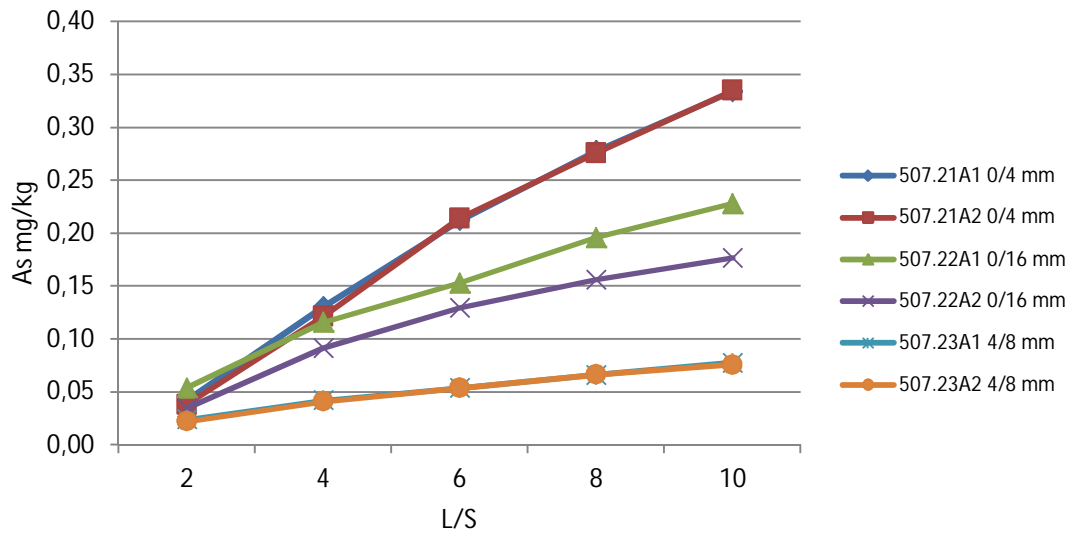
Nokian kaikkien tuotenäytteiden ravistelutestitulosten (liite 1) perusteella valtaosa tuotenäytteistä liukenevasta sulfaatista liukeni L/S-suhteella 2. Arseni puolestaan liukeni pääosin toisessa raviste-

lussa L/S-suhteella 8. Myös kolonnitestissä sulfaattia liukeni merkittävästi heti testin alussa L/S-suhteella 2 (kuva 5.1.2).



Kuva 5.1.2. Sulfaatin liukeneminen kolonnitestissä, kumulatiiviset määrät L/S 2-10, mg/kg.

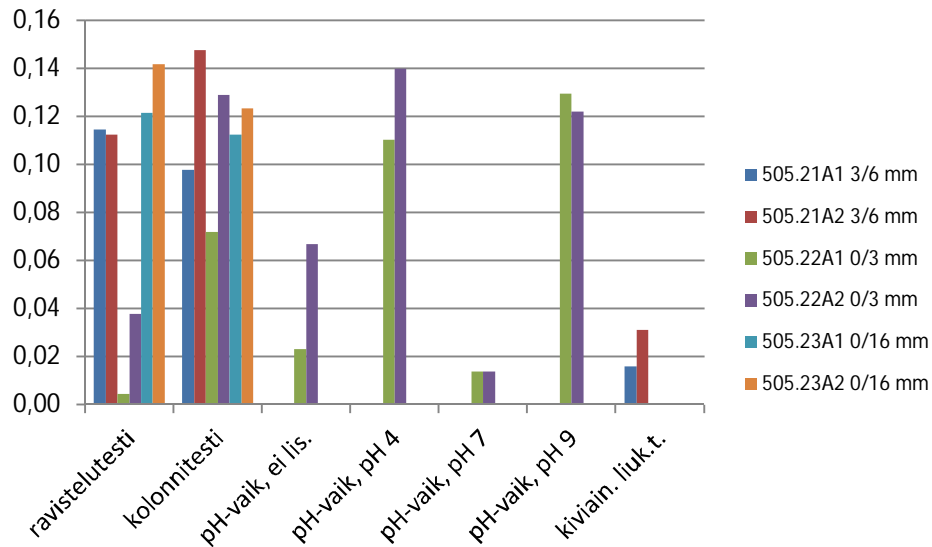
Arseenin liukeneminen Nokian tuotenäytteistä kolonnitestissä on esitetty alla kuvassa 5.1.3.



Kuva 5.1.3. Arseenin liukeneminen kolonnitestissä, kumulatiiviset määrät L/S 2-10, mg/kg.

5.1.3 Marjamäki

Marjamäen (kohde 505) tuotenäytteistä eri liukoisuuskokeissa liuenneet arseenimäärät on havainnollistettu kuvassa 5.1.4. Kaikista kohteen näytteistä liukeni kaikilla testimenetelmillä arseenia alle 0,2 mg/kg.



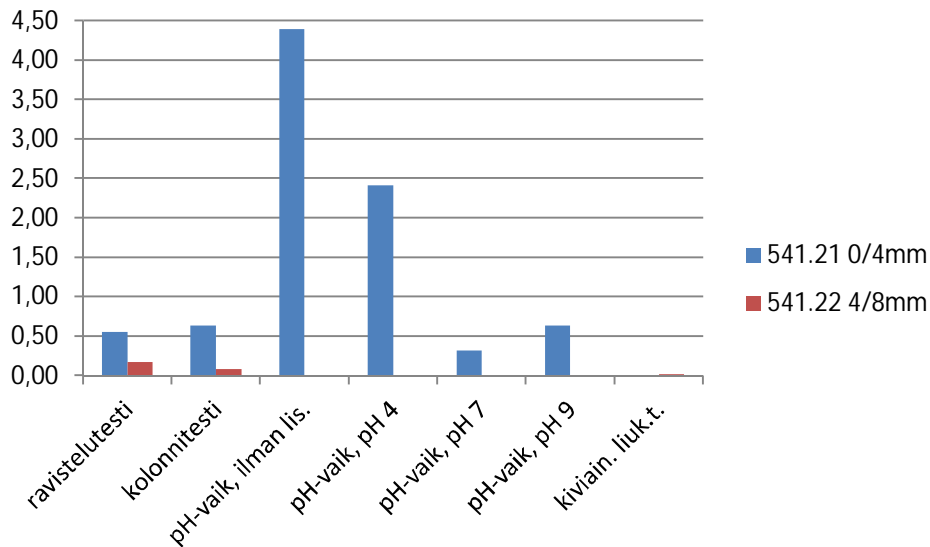
Kuva 5.1.4. Arseenin liukeneminen Marjamäen tuotenäytteistä, L/S 10, mg/kg.

Raekoon 0/3 mm tuotteista arseenia liukeni pH-vaikutustestissä eniten pH-arvoilla 4 ja 9.

Myös Marjamäen kaikkien tuotenäytteiden ravistelu- ja läpivirtaustestitulosten (liite 2) perusteella valtaosa tuotenäytteistä liukenevasta sulfaatista liukeni testien alussa L/S-suhteella 2.

5.1.4 Koivisto

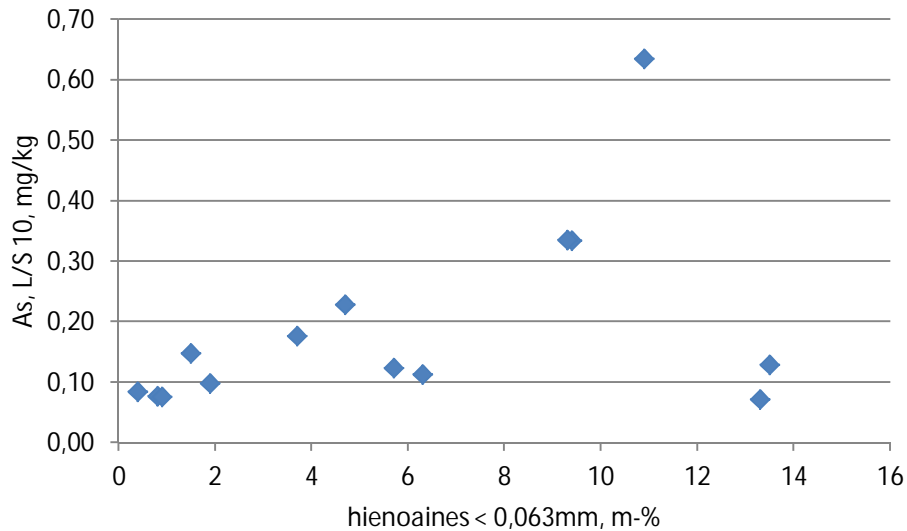
Koiviston (kohde 541) yksittäisistä tuotenäytteistä eri liukoisuuskokeissa lienneet arseenimäärät on havainnollistettu kuvassa 5.1.5. Raekoon 0/4 mm näytteestä liukeni arseenia ravistelu- ja kolonitestissä yhtä paljon, hieman yli 0,5 mg/kg. Testatusta 4/8 mm näytteestä arseenia liukeni kaikilla käytetyillä testeillä alle 0,2 mg/kg.



Kuva 5.1.5. Arseenin liukeneminen Koiviston tuotenäytteistä, L/S 10, mg/kg.

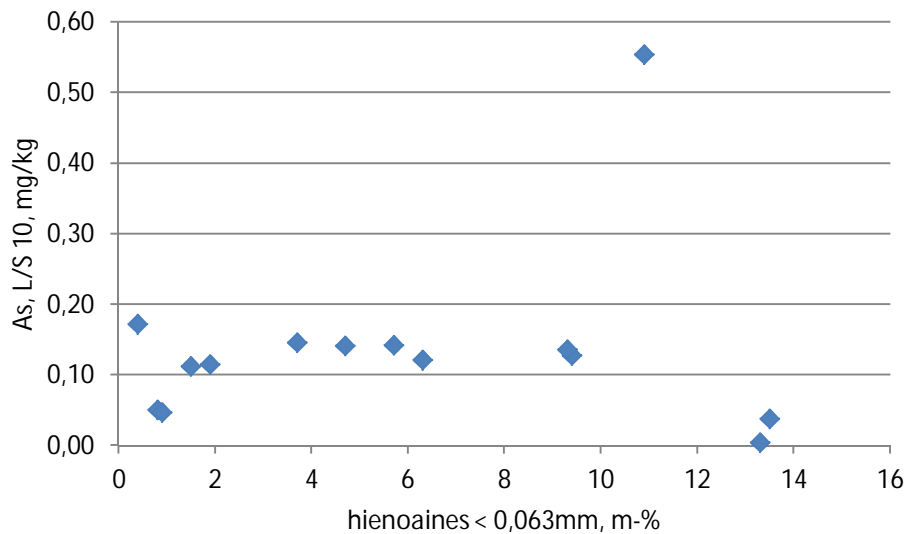
5.2 Koostumuksen vaikutus liukoisuuteen

Tutkittavan materiaalin raekokojakaumalla on yleisesti vaikutusta liukoisuustestien tuloksiin (Wahlström & Laine-Ylijoki, 1996). Tehtyjen kokeiden tuloksissa havaittiin yhteys kiviaineksen hienoainespitoisuuden sekä läpivirtaustestissä lienneen arseenin välillä (kuva 5.2.1). Hienoainespitoisuuden kasvaessa arseenia liukeni yleensä hieman enemmän. Poikkeuksen muodostivat kohteen 505 raekoon 0/3 mm näytteet, joista ei korkeasta hienoainespitoisuudesta riippumatta liennut merkittävästi arseenia.



Kuva 5.2.1. Läpivirtaustestissä liennut arseeni ja tuotenäytteiden hienoainespitoisuus.

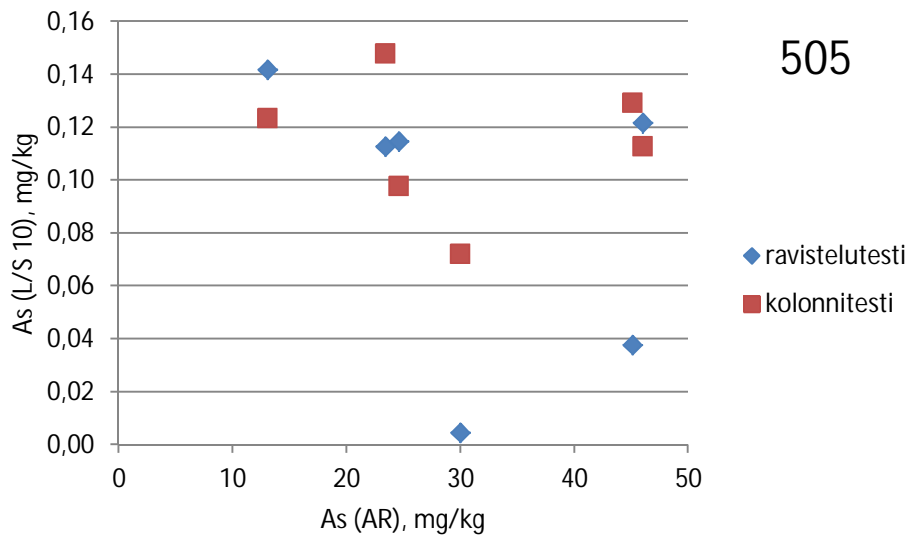
Ravistelutestissä ei tehdyillä kokeilla havaittu vastaavaa yhteyttä liuenneen arseenin ja tuotenäytteiden hienoainespitoisuuden välillä (kuva 5.2.2).



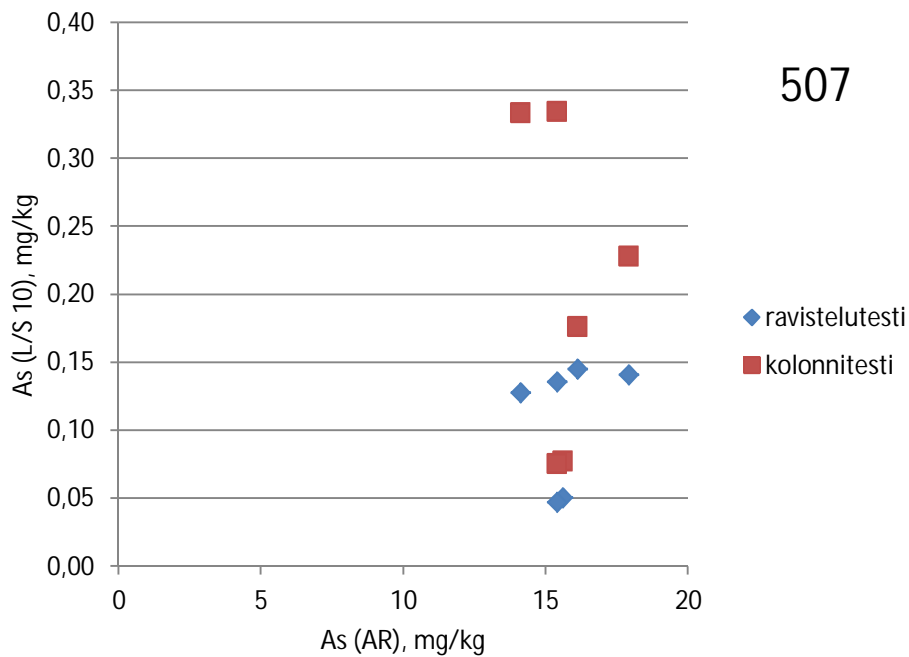
Kuva 5.2.2. 2-vaiheisessa ravistelutestissä liennut arseeni ja tuotenäytteiden hienoainespitoisuus.

Kuningasvesiuutoissa saatuihin arseenin lähes-kokonaispitoisuuksiin nähden ravistelu- ja kolonni-testissä liukeni arseenia hyvin vähän: kohteen 505 näytteistä korkeintaan noin 1 % ja kohteen 507 näytteistä korkeintaan noin 2 %. Kohteen 541 kahdesta yksittäisestä näytteestä ravistelu- ja kolonni-testeissä liukeni alle 1 % kuningasvesiuutolla määritetystä pitoisuudesta.

Korrelaatiota tuotenäytteiden arseenin liukenemisen ja AR-uuton tulosten välille ei löydetty, kuvat 5.2.3 ja kuva 5.2.4. Kohteen 505 AR-tuloksissa oli hajontaa, mitä selittää osittain materiaalin heterogeenisyys.

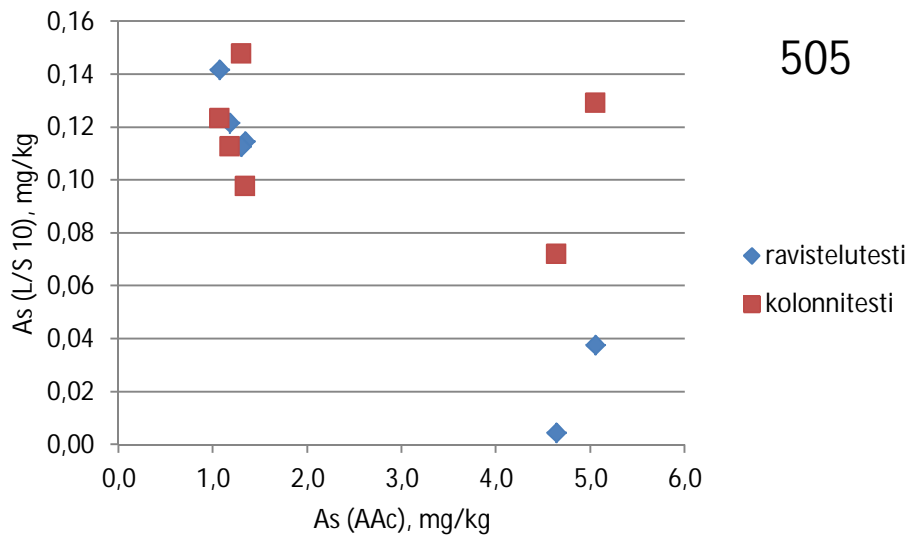


Kuva 5.2.3. Marjamäen 505 tuotenäytteiden ravistelu- ja kolonnitestitulosten sekä kuningasvesiuton vertailu.

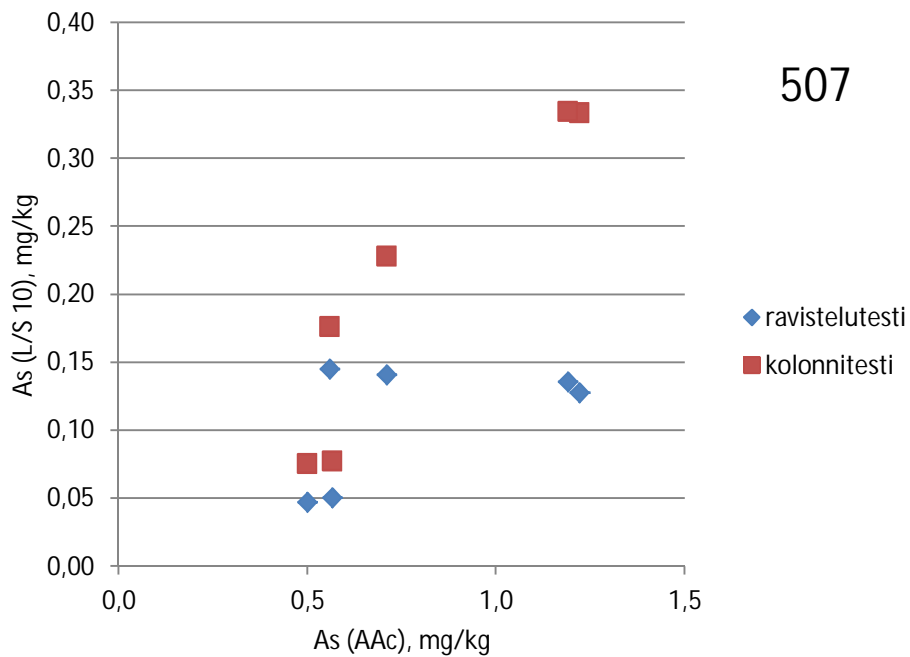


Kuva 5.2.4. Nokian 507 tuotenäytteiden ravistelu- ja kolonnitestitulosten sekä kuningasvesiuton vertailu.

Näyttemateriaaleista ravistelu- ja kolonnitestissä liuenneita arseenipitoisuuksia sekä ammoniumase-taattiuuton tuloksia verrataan kuvissa 5.2.5 ja 5.2.6.



Kuva 5.2.5. Marjamäen 505 tuotenäytteiden ravistelu- ja kolonnitestitulosten sekä AAC-uuton vertailu.



Kuva 5.2.6. Nokian 507 tuotenäytteiden ravistelu- ja kolonnitestitulosten sekä AAC-uuton vertailu.

6 Johtopäätökset

Arseenin liukenevuus testatuista kiviainestuotteista sekä yksittäisistä maanäytteistä oli pieni, pääosin alle 0,5 mg/kg. Osassa kokeista liukoisen arseenin pitoisuus testiliuoksissa oli lähellä tai alle laboratorion määrittämissä rajat. Kolmen tutkimuskohteen kiviaineksille tehdyt lukumäärältään rajalliset laboratoriotestit kuvaavat vain osittain todellisessa ympäristössä tapahtuvia liukenemisprosesseja.

Arseenin liukenevuus oli riippuvaista pH-arvosta: kahden tutkimuskohteen kivituhkanäytteistä, rae-koot 0/4 mm ja 0/3 mm, arseeni liukeni sekä happamassa ympäristössä pH-arvolla 4, että emäksisellä pH-arvolla 9. Yksittäisillä testatuilla maanäytteillä arseenin liukoisuus kasvoi vain korkeassa pH:ssa.

Korrelaatiota liukoisuustestitulosten ja näytteiden arseenipitoisuuksien välille ei löydetty. Kiviainesten kuningasvesiliukoiset arseenipitoisuudet olivat 14 - 215 mg/kg. Ravistelu- ja läpivirtaus-testeillä näistä pitoisuuksista liukeni <1 - 2 %. Mineralogian ja arseenin liukenevuuden yhteyttä tulee tarkastella yksityiskohtaisemmin.

Kiviainesten kemiallisten ominaisuuksien testaamiseen tarkoitettulla testillä SFS-EN 1744-3 saatiin jokaiselle testatulle näytteelle koesarjan pienin arseenin liukoisuustulos. Testimenetelmän käyttöä rajoittaa se, ettei se sovellu hienoainespitoisille näytteille.

Lähteet

- Backman, B., Mäkelä-Kurtto, R., Eurola, M. ja Luoma, S. 2007. Arseenin luontaiset pitoisuudet Pirkanmaalla. Arseeni Pirkanmaalla – esiintyminen, riskinarviointi ja riskinhallinta, RAMAS-hankkeen tärkeimmät tulokset. Teknillinen korkeakoulu, Espoo. 156 s.
- CEN/TS 14405. 2004. Jätteiden karakterisointi. Liukoisuustestit. Läpivirtaustesti ylöspäin (määritellyissä olosuhteissa). Suomen standardisoimisliitto SFS, Helsinki, 1+25 s.
- CEN/TS 14997. 2007. Jätteiden karakterisointi. Liukoisuustestit. Liukoisuustesti pH:n vaikutuksesta jatkuvassa pH valvonnassa. Suomen standardisoimisliitto SFS, Helsinki, 1+29 s.
- Hannukainen, L. 2013. Minerologian vaikutus arseenin liukoisuuteen. Kandidaatintyö. Tampereen teknillinen yliopisto. Julkaisematon lähde.
- Kuusela-Lahtinen, A., Tarvainen, T., Backman, B., Hänninen, P., Reinikainen, J. ja Niskala, K. 2012. Metalleilla pilaantuneiden maa-ainesten liukoisuusselvitykset. Teknologian tutkimuskeskus VTT, Espoo. 56 s.
- SFS-EN 12457-3. 2002. Jätteiden karakterisointi. Liukoisuus. Rakeisten jätemateriaalien ja lietteiden liukoisuuden laadunvalvontatesti. Osa 3: kaksivaiheinen ravistelutesti uuttoliuoksen ja kiinteän jätteen suhteessa 2 l/kg ja 8 l/kg materiaaleille, joiden kiintoaineksen osuus on suuri ja raekoko alle 4 mm. Suomen standardisoimisliitto SFS, Helsinki, 1+52 s.
- SFS-EN 1744-3. 2003. Kiviainesten kemiallisten ominaisuuksien testaus. Osa 3: uutoksen valmistaminen liuottamalla. Suomen standardisoimisliitto SFS, Helsinki, 1+9 s.
- SFS-EN 932-1. 1997. Kiviainesten yleisten ominaisuuksien testaus. Osa 1: Näytteenottomenetelmät. Suomen standardisoimisliitto SFS, Helsinki, 1+26 s.
- SFS-EN 933-1. 2012. Kiviainesten geometrinen ominaisuuksien testaus. Osa 1: Rakeisuuden määrittäminen. Seulontamenetelmä. Suomen standardisoimisliitto SFS, Helsinki, 1+16 s.
- Smedley, P.L. ja Kinniburgh, D.G. 2002. A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry* 17: 517-568.
- Tarvainen, T., Kuula-Väisänen P. ja Härmä, P. 2013. ASROCKS-hankkeen Action 1 vaiheen tutkimuskohteet, Arkistoraportti 3/2013. Geologian tutkimuskeskus, Espoo. 45 s.
- VnA 403/2009. Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa annetun valtioneuvoston asetuksen liitteiden muuttamisesta.
- Wahlström, M. ja Laine-Ylijoki, J. 1996. Standardoidut liukoisuustestimenetelmät maarakentamisessa hyötykäytettävien materiaalien ympäristötestauksessa. Valtion tieteellinen tutkimuskeskus VTT, Espoo. 44 + 16 s.

Nokia Nokia KaM 0/4mm JKV\$2013-507.21A1														
	2-vaih. Ravistelutesti 12457-3 L/S 2, mg/kg L/S 10, mg/kg		läpivirtaustesti CEN/TS 14405 L/S 0-2, mg/kg L/S 0-4, mg/kg L/S 0-6, mg/kg L/S 0-8, mg/kg L/S 0-10, mg/kg				ilman lis. L/S 10, mg/kg L/S 10, mg/kg		pH-vaikutustesti CEN/TS 14997 L/S 10, mg/kg L/S 10, mg/kg L/S 10, mg/kg L/S 10, mg/kg		pH 9		liuotustesti 1744-3 L/S 10, mg/kg	
SO4	50,4	54,4	87,8	101,1	117,2	131,8	145,2	249,5	358,5	260,0	300,101	200,0		
Sb	0,004	0,008	0,007	0,009	0,011	0,014	0,015	0,016	0,005	0,017	0,022	0,005		
As	0,024	0,128	0,042	0,130	0,212	0,278	0,334	0,279	0,189	0,016	0,445	0,033		
Cd	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,023	0,001	0,001	0,001		
Co	0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,005	0,896	0,011	0,005	0,005		
Cr	0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,010	0,019	0,010	0,015	0,010		
Cu	0,002	0,010	0,005	0,007	0,009	0,011	0,013	0,010	0,016	0,010	0,010	0,024		
Pb	0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,005	0,025	0,005	0,010	0,005		
Mo	0,009	0,016	0,014	0,018	0,022	0,026	0,029	0,041	0,010	0,052	0,054	0,010		
Ni	0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,010	0,797	0,012	0,010	0,010		
Fe	0,145	1,278	0,060	0,094	0,148	0,188	0,214	5,489	597,5	0,350	13,553	0,420		
Zn	0,010	0,050	0,010	0,020	0,030	0,040	0,050	0,050	11,0	0,050	0,062	0,050		
V	0,002	0,023	0,002	0,005	0,009	0,013	0,016	0,110	0,020	0,011	0,174	0,010		

pH	8,3	8,66	7,84	7,72	7,50	7,32	7,40	8,48	3,99	6,80	8,20	7,00		
johtok. mS/m	13,1	5,10	22,4	6,96	6,87	6,34	5,81	15,76	125,10	42,00	25,90	8,56		

näyttemäärä, g	175	175	2578	2578	2578	2578	2578	60,52	60	55,59	64,2	1800		
----------------	-----	-----	------	------	------	------	------	-------	----	-------	------	------	--	--

Nokia Nokia KaM 0/4mm JKV\$2013-507.21A2														
	2-vaih. Ravistelutesti 12457-3 L/S 2, mg/kg L/S 10, mg/kg		läpivirtaustesti CEN/TS 14405 L/S 0-2, mg/kg L/S 0-4, mg/kg L/S 0-6, mg/kg L/S 0-8, mg/kg L/S 0-10, mg/kg				ilman lis. L/S 10, mg/kg L/S 10, mg/kg		pH-vaikutustesti CEN/TS 14997 L/S 10, mg/kg L/S 10, mg/kg L/S 10, mg/kg L/S 10, mg/kg		pH 7		liuotustesti 1744-3 L/S 10, mg/kg	
SO4	54,3	57,8	98,0	111,0	129,6	142,7	155,6	260,1	439,0	309,7	299,8			
Sb	0,003	0,007	0,006	0,009	0,011	0,013	0,015	0,016	0,006	0,016	0,018			
As	0,024	0,136	0,038	0,121	0,214	0,276	0,335	0,240	0,359	0,018	0,348			
Cd	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,028	0,001	0,001			
Co	0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,005	0,988	0,009	0,005			
Cr	0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,010	0,018	0,010	0,013			
Cu	0,002	0,010	0,004	0,007	0,009	0,011	0,013	0,012	0,010	0,011	0,021			
Pb	0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,005	0,028	0,005	0,007			
Mo	0,008	0,015	0,014	0,018	0,024	0,028	0,031	0,042	0,010	0,048	0,052			
Ni	0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,010	0,858	0,012	0,010			
Fe	0,137	1,435	0,038	0,071	0,128	0,161	0,181	3,60	648,5	0,490	10,64			
Zn	0,010	0,050	0,010	0,020	0,031	0,040	0,050	0,050	11,97	0,050	0,048			
V	0,002	0,022	0,002	0,005	0,008	0,012	0,015	0,092	0,034	0,013	0,164			

pH	8,1	8,57	7,72	7,57	7,52	7,36	7,30	8,33	4,00	6,75	8,28		
johtok. mS/m	13,4	4,80	24,1	6,9	6,83	6,21	5,64	16,17	142,8	44,7	23,9		

näyttemäärä, g	175	175	2582	2582	2582	2582	2582	57,38	60,02	59,74	63		
----------------	-----	-----	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	----	--	--

alle laboratorion määritysrajan, liukoisuuden yläraja

Nokia Nokia KaM 0/16mm JKV\$2013-507.22A1													
		2-vaih. Ravistelutesti 12457-3 L/S 2, mg/kg L/S 10, mg/kg				läpivirtaustesti CEN/TS 14405 L/S 0-2, mg/kg L/S 0-4, mg/kg L/S 0-6, mg/kg L/S 0-8, mg/kg L/S 0-10, mg/kg				pH-vaikutustesti CEN/TS 14997 L/S 10, mg/kg pH 4 L/S 10, mg/kg pH 7 L/S 10, mg/kg pH 9		liuotustesti 1744-3 L/S 10, mg/kg	
SO4	80,0	83,2	99,9	105,5	111,7	116,6	120,4						
Sb	0,002	0,006	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006						
As	0,030	0,141	0,054	0,116	0,153	0,196	0,228						
Cd	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001						
Co	0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005						
Cr	0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010						
Cu	0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010						
Pb	0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005						
Mo	0,007	0,014	0,006	0,009	0,012	0,014	0,016						
Ni	0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010						
Fe	0,050	1,259	0,020	0,040	0,060	0,080	0,100						
Zn	0,010	0,050	0,010	0,020	0,030	0,040	0,050						
V	0,003	0,025	0,002	0,004	0,006	0,010	0,012						
pH	8,38	8,92	7,40	7,25	7,13	7,33	7,20						
johtok. mS/m	15,9	5,27	20,1	5,2	5,1	4,63	4,33						
näyttemäärä, g	700	700	2944	2944	2944	2944	2944						

Nokia Nokia KaM 0/16mm JKV\$2013-507.22A2													
		2-vaih. Ravistelutesti 12457-3 L/S 2, mg/kg L/S 10, mg/kg				läpivirtaustesti CEN/TS 14405 L/S 0-2, mg/kg L/S 0-4, mg/kg L/S 0-6, mg/kg L/S 0-8, mg/kg L/S 0-10, mg/kg				pH-vaikutustesti CEN/TS 14997 L/S 10, mg/kg pH 4 L/S 10, mg/kg pH 7 L/S 10, mg/kg pH 9		liuotustesti 1744-3 L/S 10, mg/kg	
SO4	76,2	78,7	90,8	98,0	102,0	105,5	108,9						
Sb	0,002	0,006	0,002	0,004	0,005	0,006	0,007						
As	0,026	0,146	0,035	0,091	0,130	0,156	0,177						
Cd	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001						
Co	0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005						
Cr	0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010						
Cu	0,002	0,010	0,002	0,014	0,017	0,019	0,021						
Pb	0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005						
Mo	0,005	0,013	0,005	0,008	0,010	0,012	0,014						
Ni	0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010						
Fe	0,042	0,662	0,017	0,029	0,049	0,069	0,088						
Zn	0,010	0,050	0,009	0,016	0,026	0,036	0,045						
V	0,003	0,024	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010						
pH	8,6	8,95	7,38	6,70	7,36	7,20	7,28						
johtok. mS/m	14,6	5,40	21	5,71	4,44	4,29	4,2						
näyttemäärä, g	700	700	2892	2892	2892	2892	2892						

alle laboratorion määritysrajan, liukoisuuden yläraja

Nokia Nokia KaS 4/8mm JKV\$2013-507-23A1												
		2-vaih. Ravistelutesti 12457-3 L/S 2, mg/kg L/S 10, mg/kg			läpivirtaustesti CEN/TS 14405 L/S 0-2, mg/kg L/S 0-4, mg/kg L/S 0-6, mg/kg L/S 0-8, mg/kg L/S 0-10, mg/kg			pH-vaikutustesti CEN/TS 14997 L/S 10, mg/kg L/S 10, mg/kg L/S 10, mg/kg L/S 10, mg/kg L/S 10, mg/kg			liuotustesti 1744-3 L/S 10, mg/kg	
SO4	10,9	14,7	22,0	24,4	26,3	28,3	30,2					19,0
Sb	0,002	0,006	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006					0,005
As	0,015	0,051	0,024	0,042	0,054	0,066	0,077					0,019
Cd	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001					0,001
Co	0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005					0,005
Cr	0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010					0,010
Cu	0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010					0,010
Pb	0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005					0,005
Mo	0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010					0,010
Ni	0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010					0,010
Fe	0,166	0,953	0,024	0,044	0,064	0,084	0,104					0,520
Zn	0,010	0,049	0,010	0,020	0,030	0,040	0,050					0,050
V	0,004	0,019	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010					0,010
pH	8,58	8,38	7,15	6,90	6,70	6,86	6,68					6,65
johtok. mS/m	5,72	2,84	6,94	3,11	2,66	2,51	2,48					2,07
näyttemäärä, g	175	175	2691	2691	2691	2691	2691					1800

Nokia Nokia KaS 4/8mm JKV\$2013-507-23A2												
		2-vaih. Ravistelutesti 12457-3 L/S 2, mg/kg L/S 10, mg/kg			läpivirtaustesti CEN/TS 14405 L/S 0-2, mg/kg L/S 0-4, mg/kg L/S 0-6, mg/kg L/S 0-8, mg/kg L/S 0-10, mg/kg			pH-vaikutustesti CEN/TS 14997 L/S 10, mg/kg L/S 10, mg/kg L/S 10, mg/kg L/S 10, mg/kg L/S 10, mg/kg			liuotustesti 1744-3 L/S 10, mg/kg	
SO4	11,0	14,6	22,0	24,9	26,7	28,5	30,3					23,0
Sb	0,002	0,006	0,002	0,003	0,004	0,004	0,006					0,005
As	0,015	0,047	0,022	0,041	0,054	0,066	0,076					0,016
Cd	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001					0,001
Co	0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005					0,005
Cr	0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010					0,010
Cu	0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010					0,010
Pb	0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005					0,005
Mo	0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010					0,010
Ni	0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010					0,010
Fe	0,178	0,949	0,028	0,048	0,067	0,086	0,119					0,470
Zn	0,010	0,050	0,010	0,020	0,029	0,039	0,049					0,050
V	0,004	0,021	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010					0,010
pH	8,68	8,57	7,13	6,86	6,94	6,80	6,76					6,60
johtok. mS/m	5,89	3,25	6,96	3,2	2,82	2,63	2,5					2,26
näyttemäärä, g	175	175	2687	2687	2687	2687	2687					1800

alle laboratorion määritysrajan, liukoisuuden yläraja

Nokia Nokia pintamaa TTTA-2012-507.52													
	2-vaih. Ravistelutesti 12457-3		läpivirtaustesti CEN/TS 14405				pH-vaikutustesti CEN/TS 14997				liuotustesti 1744-3		
	L/S 2, mg/kg	L/S 10, mg/kg	L/S 0-2, mg/kg	L/S 0-4, mg/kg	L/S 0-6, mg/kg	L/S 0-8, mg/kg	L/S 0-10, mg/kg	L/S 10, mg/kg ilman lis.	L/S 10, mg/kg pH 4	L/S 10, mg/kg pH 7	L/S 10, mg/kg pH 9	L/S 10, mg/kg	L/S 10, mg/kg
SO4	16,9	28,8	24,0	28,1	30,3	37,3	38,4	50,0	40,5	47,5	93,2		
Sb	0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,005	0,005	0,005	0,011		
As	0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,011	0,010	0,046	0,208		
Cd	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,008	0,001	0,005		
Co	0,001	0,005	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,005	0,326	0,005	0,020		
Cr	0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,010	0,010	0,022	0,068		
Cu	0,002	0,010	0,002	0,004	0,007	0,010	0,012	0,040	0,074	0,047	0,188		
Pb	0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,005	0,005	0,012	0,042		
Mo	0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,016	0,010	0,024	0,050		
Ni	0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,016	0,178	0,014	0,099		
Fe	0,040	0,433	0,172	0,293	0,405	1,016	1,211	3,30	40,5	12,6	37,7		
Zn	0,010	0,049	0,010	0,020	0,022	0,033	0,044	0,050	0,711	0,048	0,198		
V	0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,027	0,010	0,072	0,317		
pH	5,02	5,77	5,15	5,35	5,65	5,94	6,32	6,5	3,86	7,10	8,30		
johtok. mS/m	3,4	0,87	5,08	1,17	0,68	0,52	0,62	4,02	54,30	7,63	25,30		
näytelmä, g	175	175	2675	2675	2675	2675	2675	60	61,8	64,9	64,9		

alle laboratorion määritysrajan, liukoisuuden yläraja

Marjamäki KaS 3/6mm JKYS-2012.505.21A1														
		2-valh. Ravistelutesti 12457-3 L/S2, mg/kg L/S10, mg/kg				lapiivirtaustesti CEN/TS 14405 L/S0-2, mg/kg L/S0-4, mg/kg L/S0-6, mg/kg L/S0-8, mg/kg L/S0-10, mg/kg				pH-vaikutustesti CEN/TS 14997 L/S 10, mg/kg L/S 10, mg/kg L/S 10, mg/kg L/S 10, mg/kg L/S 10, mg/kg			liuotustesti 1744-3 L/S 10, mg/kg	
		L/S2, mg/kg	L/S10, mg/kg	L/S0-2, mg/kg	L/S0-4, mg/kg	L/S0-6, mg/kg	L/S0-8, mg/kg	L/S0-10, mg/kg	ilman lis.	pH 4	pH 7	pH 9		
SO4		23,5	27,0	104,1	114,5	120,3	125,1	128,8					91,0	
Sb		0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005					0,005	
As		0,019	0,115	0,008	0,023	0,041	0,079	0,098					0,016	
Cd		0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001					0,001	
Co		0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005					0,005	
Cr		0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010					0,010	
Cu		0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010					0,010	
Pb		0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005					0,005	
Mo		0,005	0,021	0,005	0,008	0,011	0,013	0,014					0,010	
Ni		0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010					0,010	
Fe		0,094	0,524	0,020	0,040	0,060	0,080	0,116					0,240	
Zn		0,010	0,050	0,010	0,020	0,030	0,040	0,048					0,050	
V		0,003	0,027	0,002	0,004	0,006	0,009	0,010					0,010	
pH		8,67	9,05	7,17	7,02	7,20	7,24	7,65					7,67	
johtok. mS/m		8,29	5,06	16,05	3,99	2,84	2,42	2,4					3,82	
näytämäärä, g		175	175	2534	2534	2534	2534	2534					1800	

Marjamäki KaS 3/6mm JKYS-2012.505.21A2														
		2-valh. Ravistelutesti 12457-3 L/S2, mg/kg L/S10, mg/kg				lapiivirtaustesti CEN/TS 14405 L/S0-2, mg/kg L/S0-4, mg/kg L/S0-6, mg/kg L/S0-8, mg/kg L/S0-10, mg/kg				pH-vaikutustesti CEN/TS 14997 L/S 10, mg/kg L/S 10, mg/kg L/S 10, mg/kg L/S 10, mg/kg L/S 10, mg/kg			liuotustesti 1744-3 L/S 10, mg/kg	
		L/S2, mg/kg	L/S10, mg/kg	L/S0-2, mg/kg	L/S0-4, mg/kg	L/S0-6, mg/kg	L/S0-8, mg/kg	L/S0-10, mg/kg	ilman lis.	pH 4	pH 7	pH 9		
SO4		19,6	22,6	88,0	92,8	96,4	99,2	101,6					97,0	
Sb		0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005					0,005	
As		0,025	0,113	0,016	0,056	0,099	0,120	0,148					0,031	
Cd		0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001					0,001	
Co		0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005					0,005	
Cr		0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010					0,010	
Cu		0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010					0,010	
Pb		0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005					0,005	
Mo		0,005	0,021	0,006	0,009	0,012	0,014	0,016					0,010	
Ni		0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010					0,010	
Fe		0,104	0,436	0,020	0,040	0,061	0,081	0,097					0,160	
Zn		0,010	0,050	0,010	0,020	0,030	0,041	0,048					0,050	
V		0,004	0,030	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010					0,010	
pH		8,64	9,10	7,25	7,26	7,49	7,35	7,46					7,81	
johtok. mS/m		7,96	5,09	14,46	3,66	2,62	2,4	2,4					4,51	
näytämäärä, g		175	175	2519	2519	2519	2519	2519					1800	

alle laboratorion määritysrajan, liukoisuuden yläraja

Marjamäki KaM 0/3mm JKV§-2012.505.22A1												
2-valh. Ravistelutesti 12457-3		lapiivirtaustesti CEN/TS 14405				lapiivirtaustesti CEN/TS 14997				liuotustesti 1744-3		
L/S2, mg/kg	L/S10, mg/kg	L/S0-2, mg/kg	L/S0-4, mg/kg	L/S0-6, mg/kg	L/S0-8, mg/kg	L/S0-10, mg/kg	L/S10, mg/kg ilman lis.	pH4	pH7	pH9		
SO4	1108	2208,2	2278,0	2328,8	2379,5	2416,9	2099	2107	2260	2092		
Sb	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005		
As	0,004	0,064	0,066	0,068	0,070	0,072	0,023	0,110	0,014	0,130		
Cd	0,028	0,058	0,059	0,060	0,061	0,062	0,009	0,064	0,001	0,001		
Co	0,927	2,409	2,445	2,479	2,513	2,537	0,540	2,709	0,017	0,005		
Cr	0,002	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010		
Cu	0,002	0,341	0,351	0,360	0,372	0,381	0,010	0,044	0,010	0,010		
Pb	0,001	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,005	0,009	0,005	0,005		
Mo	0,002	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,010	0,010	0,031	0,077		
Ni	4,03	9,034	9,161	9,281	9,411	9,497	3,20	9,73	0,118	0,010		
Fe	0,050	0,050	0,070	0,089	0,109	0,128	0,990	371,2	0,098	0,917		
Zn	1,69	10,037	10,215	10,378	10,561	10,688	0,220	12,0	0,049	0,050		
V	0,002	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,010	0,010	0,010	0,027		
pH	5,77	4,36	4,48	4,51	4,55	4,64	6,14	4,05	7,30	8,56		
johtok. mS/m	114,2	154,7	8,11	7,41	5,94	4,75	50	102,9	59,2	54,6		
näyttemäärä, g	175	2416	2416	2416	2416	2416	60,42	64,82	65,41	65,8		

Marjamäki KaM 0/3mm JKV§-2012.505.22A2												
2-valh. Ravistelutesti 12457-3		lapiivirtaustesti CEN/TS 14405				lapiivirtaustesti CEN/TS 14997				liuotustesti 1744-3		
L/S2, mg/kg	L/S10, mg/kg	L/S0-2, mg/kg	L/S0-4, mg/kg	L/S0-6, mg/kg	L/S0-8, mg/kg	L/S0-10, mg/kg	L/S10, mg/kg ilman lis.	pH4	pH7	pH9		
SO4	947	3031	3155	3252	3349	3427	2000	3098	2669	2847		
Sb	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005		
As	0,028	0,121	0,123	0,125	0,127	0,129	0,067	0,140	0,014	0,122		
Cd	0,032	0,069	0,071	0,073	0,074	0,075	0,019	0,070	0,001	0,001		
Co	1,290	2,424	2,476	2,500	2,519	2,531	1,500	2,698	0,016	0,005		
Cr	0,002	0,005	0,007	0,009	0,011	0,013	0,010	0,010	0,010	0,010		
Cu	0,030	0,131	0,139	0,152	0,170	0,188	0,010	0,093	0,010	0,010		
Pb	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005		
Mo	0,002	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,010	0,010	0,010	0,102		
Ni	5,44	11,7	12,0	12,1	12,1	12,2	7,10	12,99	0,178	0,021		
Fe	16,3	0,808	0,973	0,997	1,017	1,037	5,001	249,8	0,1	0,7		
Zn	5,24	10,5	10,9	11,1	11,3	11,4	0,860	11,99	0,049	0,051		
V	0,002	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010		
pH	4,06	3,66	3,78	3,79	3,88	3,91	5,18	3,95	6,81	8,65		
johtok. mS/m	95,5	173,6	13,21	12,82	10,44	9,04	57,3	88,2	65,4	65,3		
näyttemäärä, g	175	2356	2356	2356	2356	2356	60,39	64,82	65,11	65,7		

alle laboratorion määritysrajan, liukoisuuden yläraja

Marjamäki KaM 0/56mm, liukoisuustesteihin <16mm, JKV\$-2012.505.23A1											
2-valh. Ravistelutesti 12457-3		lapiivirtaustesti CEN/TS 14405						pH-vaikutustesti CEN/TS 14997			liuotustesti 1744-3
L/S2, mg/kg	L/S10, mg/kg	L/S0-2, mg/kg	L/S0-4, mg/kg	L/S0-6, mg/kg	L/S0-8, mg/kg	L/S0-10, mg/kg	L/S10, mg/kg	pH 4	pH 7	pH 9	L/S 10, mg/kg
SO4	130	140,1	145,4	147,9	151,2	153,7					
Sb	0,001	0,001	0,003	0,004	0,005	0,006					
As	0,017	0,020	0,049	0,074	0,094	0,113					
Cd	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001					
Co	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005					
Cr	0,002	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010					
Cu	0,002	0,002	0,004	0,006	0,012	0,014					
Pb	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005					
Mo	0,018	0,018	0,019	0,023	0,026	0,029					
Ni	0,002	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010					
Fe	0,034	0,020	0,110	0,217	0,321	0,378					
Zn	0,010	0,010	0,020	0,030	0,077	0,087					
V	0,002	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010					
pH	8,36	7,61	7,22	7,26	7,07	6,75					
johtok. mS/m	17,1	23,4	3,58	2,66	2,41	1,86					
näyttemäärä, g	700	2679	2679	2679	2679	2679					

Marjamäki KaM 0/56mm, liukoisuustesteihin <16mm, JKV\$-2012.505.23A2											
2-valh. Ravistelutesti 12457-3		lapiivirtaustesti CEN/TS 14405						pH-vaikutustesti CEN/TS 14997			liuotustesti 1744-3
L/S2, mg/kg	L/S10, mg/kg	L/S0-2, mg/kg	L/S0-4, mg/kg	L/S0-6, mg/kg	L/S0-8, mg/kg	L/S0-10, mg/kg	L/S10, mg/kg	pH 4	pH 7	pH 9	L/S 10, mg/kg
SO4	134	142,1	146,5	148,9	151,3	153,7					
Sb	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005					
As	0,022	0,024	0,054	0,082	0,104	0,123					
Cd	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001					
Co	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005					
Cr	0,002	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010					
Cu	0,002	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010					
Pb	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005					
Mo	0,026	0,034	0,045	0,052	0,058	0,063					
Ni	0,002	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010					
Fe	0,038	0,020	0,066	0,130	0,214	0,256					
Zn	0,010	0,010	0,020	0,030	0,040	0,050					
V	0,003	0,002	0,005	0,007	0,009	0,011					
pH	8,41	7,83	7,27	7,10	7,32	6,72					
johtok. mS/m	20	24,2	3,63	2,95	2,58	1,9					
näyttemäärä, g	700	2733	2733	2733	2733	2733					

alle laboratorion määritysrajan, liukoisuuden yläraja

Koivisto pohjamoreeni ITTA-2012-541.53														
	2-vaih. Ravistelutesti 12457-3			läpivirtaustesti CEM/TS 14405				L/S 0-10, mg/kg			pH-vaikutustesti CEN/TS 14997			
	L/S 2, mg/kg	L/S 10, mg/kg	L/S 0-2, mg/kg	L/S 0-4, mg/kg	L/S 0-6, mg/kg	L/S 0-8, mg/kg	L/S 0-10, mg/kg	L/S 10, mg/kg ilman lis.	pH 4	pH 7	pH 9	L/S 10, mg/kg	L/S 10, mg/kg	L/S 10, mg/kg
SO4	21,8	45,9	32,3	52,9	57,9	60,6	65,4	110,0	128,5	140,9	151,6			
Sb	0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
As	0,002	0,010	0,002	0,006	0,007	0,009	0,011	0,028	0,018	0,086	1,921			
Cd	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Co	0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,001	0,840	0,005	0,012			
Cr	0,002	0,010	0,002	0,005	0,006	0,008	0,010	0,001	0,010	0,017	0,075			
Cu	0,002	0,010	0,002	0,005	0,006	0,008	0,010	0,016	0,045	0,023	0,121			
Pb	0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,005	0,005	0,007	0,019			
Mo	0,002	0,010	0,002	0,005	0,006	0,008	0,010	0,01	0,010	0,064	0,202			
Ni	0,002	0,010	0,003	0,006	0,007	0,009	0,011	0,01	0,316	0,011	0,031			
Fe	0,101	1,062	0,574	1,648	2,016	2,179	2,650	4,3	1,5	19,1	51,6			
Zn	0,010	0,049	0,009	0,024	0,030	0,040	0,049	0,05	0,178	0,050	0,051			
V	0,002	0,010	0,002	0,005	0,006	0,008	0,010	0,014	0,010	0,039	0,273			
pH	5,14	5,95	5,38	4,54	5,74	5,95	6,08	6,06	3,98	6,62	8,70			
johtok. mS/m	3,97	1,43	6,3	2,71	1,9	1,33	1,22	3,37	61,4	6,74	21,5			
näytemäärä, g	175	175	2319	2319	2319	2319	2319	64,3	64,2	64,7	64,4			

alle laboratorion määritysrajan, liukoisuuden yläraja

	2-vaih. Ravistelutesti 12457-3 L/S 2, mg/kg				Koivisto KaM 0/4mm 541.21				läpivirtaustesti CEM/TS 14405				pH-vaikutustesti CEN/TS 14997			
	L/S 2, mg/kg	L/S 10, mg/kg	L/S 0-2, mg/kg	L/S 0-4, mg/kg	L/S 0-6, mg/kg	L/S 0-8, mg/kg	L/S 0-10, mg/kg	L/S 0-10, mg/kg	L/S 10, mg/kg ilman lis.	pH 4 L/S 10, mg/kg	pH 7 L/S 10, mg/kg	L/S 10, mg/kg pH 9	L/S 10, mg/kg pH 7	L/S 10, mg/kg pH 9		
SO4	2,4	6,3	9,1	12,2	14,8	18,0	21,4	26,0	251,3	13,1	11,0					
Sb	0,007	0,013	0,008	0,011	0,013	0,015	0,017	0,028	0,005	0,011	0,032					
As	0,240	0,555	0,218	0,372	0,476	0,566	0,636	4,400	2,412	0,321	0,639					
Cd	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001					
Co	0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,005	1,809	0,014	0,005					
Cr	0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,010	0,030	0,010	0,010					
Cu	0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010					
Pb	0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005					
Mo	0,002	0,010	0,004	0,006	0,009	0,011	0,013	0,014	0,010	0,015	0,001					
Ni	0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,010	2,312	0,031	0,010					
Fe	0,540	1,556	0,020	0,040	0,060	0,080	0,100	6,0	1508	0,171	1,90					
Zn	0,010	0,050	0,010	0,020	0,030	0,040	0,050	0,050	1,206	0,050	0,050					
V	0,030	0,086	0,019	0,032	0,042	0,054	0,065	0,470	0,010	0,012	0,160					
pH	9,29	9,23	7,44	7,54	7,72	7,39	7,42	9,10	4,00	6,99	8,76					
johtok. mS/m	8,46	5,77	9,19	5,23	5,04	4,76	3,90	13,26	140	45,7	13,95					
näytemäärä, g	175	175	3368	3368	3368	3368	3368	63,96	65	65,1	64,15					

alle laboratorion määritysrajan, liukoisuuden yläraja

		Koivisto KaS 4/8 mm 541.22																
		2-vaih. Ravistelutesti 12457-3 L/S 2, mg/kg L/S 10, mg/kg			läpivirtaustesti CEM/TS 14405 L/S 0-2, mg/kg L/S 0-4, mg/kg L/S 0-6, mg/kg L/S 0-8, mg/kg			L/S 0-10, mg/kg			pH-vaikutustesti CEM/TS 14997 L/S 10, mg/kg pH 4 L/S 10, mg/kg pH 7 L/S 10, mg/kg pH 9			liuotustesti 1744-3 L/S 10, mg/kg				
SO4		1,0	5,0	3,0	4,0	6,1	7,8	9,5										
Sb		0,002	0,006	0,006	0,008	0,009	0,010	0,011										
As		0,036	0,172	0,028	0,045	0,059	0,072	0,085										
Cd		0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001										
Co		0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005										
Cr		0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010										
Cu		0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010										
Pb		0,001	0,005	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005										
Mo		0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010										
Ni		0,002	0,010	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010										
Fe		0,080	0,877	0,020	0,040	0,061	0,080	0,100										
Zn		0,010	0,050	0,010	0,020	0,031	0,040	0,050										
V		0,009	0,054	0,009	0,014	0,016	0,019	0,021										
pH		9,43	9,20	7,65	7,66	6,98	7,18	7,07										
johtok. mS/m		5,51	4,30	3,17	3,52	2,87	2,85	2,08										
näyttemäärä. g		175	175	2650	2650	2650	2650	2650										1800

alle laboratorion määritysrajan, liukoisuuden yläraja

		Harjuniitty pintamaa TTTA-2012-542.51											
		2-vaih. Ravistelutesti 12457-3				läpivirtaustesti CEN/TS 14405				pH-vaikutustesti CEN/TS 14997			
	L/S 2, mg/kg	L/S 0-2, mg/kg	L/S 0-4, mg/kg	L/S 0-6, mg/kg	L/S 0-8, mg/kg	L/S 0-10, mg/kg	L/S 10, mg/kg	L/S 10, mg/kg ilman lis.	pH 4	pH 7	L/S 10, mg/kg	pH 9	L/S 10, mg/kg
SO4	14,5	18,1	20,3	26,3	28,1	29,6	30,6	40,0	75,1	38,9	47,8		
Sb	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,007		
As	0,002	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,010	0,047	0,049	0,110	1,095		
Cd	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,006	0,001	0,001		
Co	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,006	0,005	0,593	0,006	0,026		
Cr	0,002	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,010	0,01	0,010	0,012	0,065		
Cu	0,002	0,003	0,005	0,008	0,010	0,012	0,012	0,04	0,158	0,090	0,488		
Pb	0,001	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,005	0,005	0,005	0,007	0,041		
Mo	0,002	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,010	0,012	0,010	0,023	0,039		
Ni	0,002	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,010	0,01	0,178	0,010	0,027		
Fe	0,020	0,020	0,051	0,075	0,168	0,240	0,240	6,5	118,5	7,8	40,8		
Zn	0,010	0,010	0,019	0,030	0,040	0,050	0,050	0,05	0,889	0,050	0,092		
V	0,002	0,002	0,004	0,006	0,008	0,010	0,010	0,03	0,010	0,064	0,438		
pH	5,01	4,90	5,40	5,86	5,65	5,70	5,70	6,92	3,91	7,37	8,20		
johtok. mS/m	3,02	4,93	1,13	0,61	0,67	0,55	0,55	2,91	53,10	8,05	26,90		
näytemäärä, g	175	2760	2760	2760	2760	2760	2760	65	63	64	65		

alle laboratorion määrittysrajan, liukoisuuden yläraja

	Marjamäki 505 KaM 0/3mm JKV\$-2012.505.22A1		Marjamäki 505 KaM 0/3mm JKV\$-2012.505.22A2	
	2-vaih. Ravistelutesti 12457-3 L/S 2, mg/kg	läpivirtaustesti CEN/TS 14405 L/S 0-2, mg/kg	2-vaih. Ravistelutesti 12457-3 L/S 2, mg/kg	läpivirtaustesti CEN/TS 14405 L/S 0-2, mg/kg
SO4	2217	2385	3422	3499
Sb	0,001	0,005	0,00	0,001
As	0,028	0,032	0,097	0,136
Cd	0,046	0,046	0,070	0,081
Co	2,015	2,042	2,013	2,578
Cr	0,002	0,010	0,005	0,008
Cu	0,343	0,300	0,195	0,221
Pb	0,003	0,006	0,001	0,001
Mn	0,002	0,010	0,002	0,002
Ni	7,7	7,7	10,7	13,4
Fe	1,834	5,408	2,617	1,068
Zn	9,3	9,1	9,7	11,0
V	0,002	0,010	0,002	0,002
pH	4,38	4,83	3,68	3,57
johtok. mS/m	142,5	12,57	161,7	188,4
näytemäärä, g	175	175	175	2346

alle laboratorion määrittäysrajan, liukoisuuden yläraja

	Nokia Nokia KaM 0/4mm JKV\$2013-507.21A1		Nokia Nokia KaM 0/4mm JKV\$2013-507.21A2	
	2-vaih. Ravistelutesti 12457-3 L/S 2, mg/kg	L/S 10, mg/kg	2-vaih. Ravistelutesti 12457-3 L/S 2, mg/kg	L/S 10, mg/kg
	läpivirtaustesti CEN/TS 14405 L/S 0-2, mg/kg		läpivirtaustesti CEN/TS 14405 L/S 0-2, mg/kg	
	L/S 0-10, mg/kg		L/S 0-10, mg/kg	
SO4	322	340	403	403
Sb	0,001	0,005	0,001	0,005
As	0,005	0,052	0,007	0,074
Cd	0,000	0,001	0,000	0,001
Co	0,001	0,005	0,001	0,005
Cr	0,002	0,010	0,002	0,010
Cu	0,002	0,010	0,002	0,010
Pb	0,002	0,007	0,001	0,006
Mn	0,017	0,034	0,024	0,044
Ni	0,002	0,010	0,002	0,010
Fe	0,026	5,2	0,020	4,4
Zn	0,010	0,062	0,010	0,049
V	0,002	0,014	0,002	0,015
pH	6,3	6,9	6,63	7,12
johtok. mS/m	33,5	3,56	40	3,6
näyttemäärä, g	175	175	175	175

alle laboratorion määrittäysrajan, liukoisuuden yläraja

	Koivisto KaM 0/4mm 541.21				Koivisto KaS 4/8mm 541.22			
	2-vaih. Ravistelutesti 12457-3		läpivirtaustesti CEN/TS 14405		2-vaih. Ravistelutesti 12457-3		läpivirtaustesti CEN/TS 14405	
	L/S 2, mg/kg	L/S 10, mg/kg	L/S 0-2, mg/kg	L/S 0-10, mg/kg	L/S 2, mg/kg	L/S 10, mg/kg	L/S 0-2, mg/kg	L/S 0-10, mg/kg
SO4	5,4	8,8	10,3	21,8	2,0	5,9	4,1	8,1
Sb	0,01	0,012	0,008	0,016	0,00	0,006	0,007	0,011
As	0,080	0,317	0,220	0,615	0,020	0,140	0,025	0,070
Cd	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001	0,000	0,001
Co	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005
Cr	0,002	0,010	0,002	0,010	0,002	0,010	0,002	0,010
Cu	0,002	0,010	0,002	0,010	0,003	0,011	0,002	0,010
Pb	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005
Mn	0,002	0,010	0,004	0,012	0,002	0,010	0,002	0,010
Ni	0,002	0,010	0,002	0,010	0,002	0,010	0,002	0,010
Fe	0,560	2,054	0,018	0,101	0,240	1,200	0,021	0,100
Zn	0,010	0,050	0,009	0,050	0,010	0,050	0,010	0,050
V	0,016	0,057	0,017	0,056	0,007	0,040	0,009	0,019
pH	9,22	8,57	7,71	7,61	9,24	8,01	7,70	7,17
johtok. mS/m	6,87	4,35	8,21	4,5	4,35	2,92	4,42	2,56
näytemäärä, g	175	175	3360	3360	175	175	2704	2704

alle laboratorion määrittäysrajan, liukoisuuden yläraja



Tampereen teknillinen yliopisto
PL 527
33101 Tampere

Tampere University of Technology
P.O.B. 527
FI-33101 Tampere, Finland

