



ASROCKS-hankkeen selvitys Pirkanmaan kallioperän arseenipitoisuuksista kalliokiviaineksen tuotantoon kaavailluilla alueilla

**Tarja Hatakka, Heikki Nurmi, Timo Tarvainen, Birgitta Backman, Jouko
Vuokko ja Paavo Härmä**



LIFE10 ENV/FI/000062 ASROCKS
*With the contribution of the LIFE Financial
Instrument of the European Community*



30.10.2014



GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS

KUVAILULEHTI

Päivämäärä / Dnro

30.10.2014

Tekijät Tarja Hatakka, Heikki Nurmi, Timo Tarvainen, Birgitta Backman, Jouko Vuokko ja Paavo Härmä		Raportin laji Arkistoraportti	
		Toimeksiantaja	
Raportin nimi ASROCKS-hankkeen selvitys Pirkanmaan kallioperän arseenipitoisuuksista kalliokiviaineksen tuotantoon kaavailluilla alueilla			
Tiivistelmä ASROCKS-hankkeessa selvitetään arseenin mahdollisesti aiheuttamaa riskiä Pirkanmaan ja Kanta-Hämeen alueella sijaitsevilla kalliokiviaineksen, soran ja hiekan tuotantopaikoilla 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-hankkeessa tutkittiin 60 mahdollisen tulevan kalliokiviaineksen tuotantoalueen arseenipitoisuutta 180 kivinäytteenä laboratorioissa tehdyillä kuningasvesiliuotukseen perustuvilla analyyseillä. Eteläisen Pirkanmaan alueelta otettujen 180 kallioperänäytteen kuningasvesiliukoiset arseenipitoisuudet vaihtelivat 0,80 mg/kg ja 115,6 mg/kg välillä. Kallioperän arseenipitoisuuksien mediaaniarvo oli 3,1 mg/kg. Suurimmat arseenipitoisuudet eteläisen Pirkanmaan kallioperässä tämän aineiston mukaan ovat siellä, missä kallioperä on gabroa. Kaikkiaan POSKI-projektissa otetuista näytteistä vertailuarvosta riippuen 1 – 24 kivinäytteen arseenipitoisuus on suurempi kuin maaperän tai kallioperän taustapitoisuus eteläisellä Pirkanmaalla. Nämä näytteet on otettu 1 – 19 POSKI-projektin tutkimuskohteesta, joka on 1,7 – 31,7 % tutkituista maa- ja kalliokiviainestuotantoon kaavailluista eteläisen Pirkanmaan EO-alueista.			
Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) Ympäristögeologia, kallioperä, geokemialliset tutkimukset, kiviaines, arseeni, Pirkanmaa, Kanta-Häme			
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Suomi, Pirkanmaa, Kanta-Häme			
Karttalehdet			
Muut tiedot			
Arkistosarjan nimi		Arkistotunnus 93/2014	
Kokonaissivumäärä 21	Kieli suomi	Hinta	Julkinuus julkinen
Yksikkö ja vastuualue Etelä-Suomen yksikkö, VA 211, 212		Hanketunnus 3263000 LIFE 10ENV/FI/000062 ASROCKS	
Allekirjoitus/nimen selvennys		Allekirjoitus/nimen selvennys	



GTK

30.10.2014



GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND

DOCUMENTATION PAGE

Date / Rec. no.

30.10.2014

Authors Tarja Hatakka, Heikki Nurmi, Timo Tarvainen, Birgitta Backman, Jouko Vuokko ja Paavo Härmä		Type of report Archive Report	
		Commissioned by	
Title of report The study of the ASROCKS project on As-concentrations from the areas planned for crushed bedrock aggregate production in Tampere region			
Abstract The main objective of the EU Life+ ASROCKS project is to provide guidelines and risk management tools for the exploitation of natural aggregate resources (crushed bedrock, sand and gravel) in areas with naturally elevated arsenic concentrations in the bedrock and soil in the Tampere-Häme region in southern Finland. In addition, guidelines are also developed for the re-use of aggregates in construction areas with elevated arsenic concentration. The guidelines and tools produced during the project are targeted both for the aggregate producers and environment authorities. Project partners are Geological Survey of Finland, Finnish Environment Institute and Tampere University of Technology. ASROCKS-project analysed <i>aqua regia</i> -leachable arsenic concentrations in 180 rock sample from 60 areas planned for rock aggregate production in Tampere region.. The arsenic concentrations are 0.80 – 115.6 mg/kg. The median value is 3.1 mg/kg. The highest arsenic concentrations are in bedrock which consists of gabbro. In 1 – 24 rock samples the arsenic concentrations were higher than the baseline values for arsenic in bedrock and soil in southern Pirkanmaa area. These samples were taken from 1 – 19 different study areas which is 1.7 – 31,7 % of the planned rock aggregate production sites studied in the project.			
Keywords environmental geology, bedrock, geochemical surveys, aggregate, arsenic, Tampere region, Kanta-Häme			
Geographical area Finland, Tampere region, Kanta-Häme region			
Map sheet			
Other information			
Report serial		Archive code 93/2014	
Total pages 21	Language Finnish	Price	Confidentiality Public
Unit and section Southern Finland Unit		Project code 3263000 LIFE 10ENV/FI/000062 ASROCKS	
Signature/name		Signature/name	



30.10.2014



Sisällysluettelo

Kuvailulehti Documentation page

1	JOHDANTO	1
2	YLEISTÄ	2
3	TUTKIMUSMENETELMÄT	3
3.1	Kohteiden valinta ja näytteenotto	3
3.2	Analysointi ja kivilajin määrittäminen	3
3.3	Taustapitoisuuksien laskenta	7
4	KIVILAJIEN ARSEENIPITOISUUDET KALLIOPERÄSSÄ PIRKANMAALLA TUTKITUISSA KOHTEISSA	8
4.1	Kallioperän arseenipitoisuudet	8
4.2	Kallioperän arseenipitoisuuksien tarkastelu	10
4.3	Arsenipitoisuudet kivilajeittain	11
5	KALLIOPERÄN ARSEENIN TAUSTAPITOISUUSARVOISTA ETELÄISELLÄ PIRKANMAALLA	15
5.1	Yleistä taustapitoisuuksista	15
5.2	Eteläisen Pirkanmaan kallioperän arseenin taustapitoisuuksien tarkastelu	16
6	YHTEENVETO	19
	KIRJALLISUUS	21



1 JOHDANTO

ASROCKS-hankkeessa (<http://projects.gtk.fi/ASROCKS>) on selvitetty arseenin mahdollisesti aiheuttamia ympäristö- ja terveysriskejä Pirkanmaalla ja Kanta-Hämeessä sijaitsevissa kalliokiviainesten sekä soran ja hiekan tuotantokohteissa sekä rakennuskohteissa, ja laadittu ohjeistus arseeniriskin arvioimiseksi ja hallitsemiseksi maa- ja kiviaines-tuottajille sekä viranomaisten käyttöön. Hankkeen ovat toteuttaneet v. 2011 - 2014 Geologian tutkimuskeskus, Tampereen teknillinen yliopisto sekä Suomen ympäristökeskus yhteistyössä kivi- ja maa-ainestuottajien sekä kuntien ja ELY-keskusten kanssa. Hanketta on rahoittanut osittain EU Life+ ympäristöpolitiikka- ja ympäristöhallinto-ohjelma.

Maa- ja kalliokiviainekohteita sekä pohjavesialueita selvittävä Pirkanmaan POSKI-projekti (<http://maakuntakaava2040.pirkanmaa.fi/poski>, 22.10.2014) palvelee Pirkanmaalle laadittavana olevan kokonaismaakuntakaavan valmistelua. Projektia ovat toteuttaneet yhteistyössä Pirkanmaan liitto ja Geologian tutkimuskeskus, ja se valmistuu vuonna 2015. Maakuntakaavassa on tarkoitus osoittaa merkittävimmät käynnissä olevat ja potentiaaliset maa- ja kalliokiviainesten ottoalueet sekä tarkistaa suojelua edellyttävät harju- ja pohjavesimuodostumat. Hankkeessa tuotettavaa tietoa voidaan hyödyntää viranomaistoiminnan ohella mm. kiviaineshuollon parissa toimivissa yrityksissä. Hankkeen tavoitteena on tuottaa kokonaisvaltainen näkemys alueellisista kiviaineshuollon tarpeista ja toiminnan suuntaamisesta pitkällä aikavälillä huomioiden luonnonvarojen kestävä käyttö. Hankkeella pyritään turvaamaan laadukkaiden maa- ja kiviainesten saanti yhdyskuntarakentamista varten sekä myös edistämään arvokkaiden luonto- ja virkistyskokonaisuuksien säilymistä. Projektissa arvioidaan kiviainesten tarve pitkällä aikajän-teellä, selvitetään kiviainesta korvaavat materiaalit (esim. jättekivet, tuhkat ja kuonat) ja niiden käyttö-mahdollisuudet sekä arvioidaan nk. maapankkien tarve ja sijainti. Hankkeessa luokitellaan Pirkanmaan tutkittavat sora-, hiekka- ja kalliomuodostumat kiviaineshuoltoon soveltuviksi, osittain soveltuviksi ja kiviaineshuoltoon soveltumattomiksi (<http://maakuntakaava2040.pirkanmaa.fi/> 9.10.2014)).

Suomen kallioperässä on arseenia yleensä alle 10 mg/kg, ja vain noin 1–2 %:ssa kallioperästämme arseenia on tätä enemmän. Arseenimineraaleja voi esiintyä eri kivilajeissa tasaisesti jakaantuneena läpi koko kiven (pirote), mutta yleensä ne ovat rikastuneena kivien rakopinnoille, hiertovyöhykkeisiin tai juonien yhteyteen. ASROCKS-hankkeessa määritettiin tutkimusalueiden kallioperän arseenipitoisuuksia eri kivilajeissa, ja lisäksi koottiin tilastotietoa GTK:n litogeokemian tietokannasta eri kivilajeja edustavien näyt-teiden arseenipitoisuuksista (Lehtinen ym. 2014). ASROCKS-hankkeen tutkimusalueiksi valittiin ensi-vaiheen tutkimustulosten perusteella sellaisia kiviaineksen tuotantoalueita ja rakennusalueita, joiden maa- ja kallioperässä arseenipitoisuudet olivat luontaisesti suuret (Tarvainen ym. 2013 ja Lehtinen ym. 2014).

Pirkanmaan POSKI-projektin yhteydessä otettiin ASROCKS-projektissa kehitetyllä poravasaramenetel-mällä kallioperänäytteitä Etelä-Pirkanmaalta kallioista, jotka soveltuisivat kalliokiviaineksen tuotantoon. POSKI-projektissa näistä kivijauhenäytteistä mitattiin arseenipitoisuudet kenttä-XRF-mittarilla, mutta ASROCKS-prjektissa todettiin kenttä-XRF-mittarilla mitattujen arseenipitoisuuksien olevan selvästi kuningasvesiliuotukseen perustuvan arseenianalyysin pitoisuuksiin verrattuna pienempiä (Lehtinen ym. 2014). Geologian tutkimuskeskus luovutti POSKI-hankkeessa kerätyt 180 kallioperänäytettä ASROCKS-hankkeen käyttöön kuningasvesiliukoisten arseenipitoisuuksien määrittämistä varten. Näistä näytteistä



määritetyt kuningasvesiliukoiset arseenipitoisuudet antavat lisätietoa maakuntakaavatasoiseen suunniteluun täydentäen näin ASROCKS-hankkeen aiempia tuloksia ja laajentaen tulosten käyttömahdollisuuksia.

ASROCKS-hankkeen raportoinnin yhteydessä todettiin, että varsinaista tietoa ei ole siitä, kuinka suuri alueellinen ongelma potentiaalisten kiviainestuotantoalueiden arseenipitoisuus on Etelä-Pirkanmaalla. Nyt raportoitavan työn tarkoituksena oli kartoittaa suurten arseenipitoisuuksien esiintymislaajuutta kalliokiviainesten tuotantoon kaavailuilla kohteilla. Tässä raportissa esitetään eteläisen Pirkanmaan kallioperän kuningasvesiliukoiset arseenipitoisuudet kivilajeittain ja arvioidaan eteläisen Pirkanmaan kallioperän arseenin taustapitoisuuksia eri kivilajeissa.

2 YLEISTÄ

Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista, ns. PIMA-asetus (VNa 214/2007) määrittelee arseenille kynnys- ja ohjearvot ekologisin perustein. Mikäli maaperässä arseenipitoisuus ylittää kynnysarvon, maaperän pilaantuneisuus ja puhdistustarve on arvioitava. Alueilla, joilla arseenin taustapitoisuus maaperässä on suurempi kuin kynnysarvo, arviointikynnyksenä käytetään taustapitoisuusarvoa. Geologian tutkimuskeskus on laskenut Pirkanmaalle maaperän arseenipitoisuuksille taustapitoisuusarvot (Hatakka ym. 2010). Etelä-Pirkanmaan hiekkamaille arseenin suurin suositeltu taustapitoisuus (SSTP-arvo) on 29 mg/kg ja moreenimaille 26 mg/kg. Kallioperän arseenipitoisuudelle ei Suomessa ole annettu vastaavia ympäristön tai ihmisten terveyden huomioon ottavia ohje- tai raja-arvoja.

Vesi liuottaa arseenia maa- ja kallioperästä, ja kuljettaa arseenia mukanaan. Eri arseenimineraalien rapautumisherkyys ja ympäristön happi- ja pH-olosuhteet vaikuttavat siihen, missä määrin arseeni liukenee kallio- ja maaperästä. Eheän kallioperän alueella kalliopohjaveden määrä ja liikkuvuus on vähäistä. Tällöin myös arseenin kulkeutuminen pohjaveden mukana on vähäistä. Ruhjeytyshyökkäillä kalliopohjaveden liikkuminen on merkittävämpää.

Maa- ja kiviainestuotannossa arseeniriskin arvioinnin kannalta oleellista on arseenin liukoisuusherkyys. Toisissa esiintymissä arseenin kokonaispitoisuus voi olla suuri, mutta liukoisuus pieni, ja toisissa esiintymissä arseenin kokonaispitoisuus voi olla vain hieman kohonnut, mutta suurin osa arseenista on helppoliukoista. Arseenin liukoisuus lisääntyy olosuhteissa, joissa kiveä murskataan, ja metalleja ja puolimetalleja liuottavaa rikkiä vapautuu ja liukenee hapellisissa olosuhteissa veteen. Craw ym. (2003) tutkimusten perusteella arseenikiisu on maan pintaosissa (hapelliset olosuhteet) kuitenkin aiemmin luultua stabiilimpi. Liukoisuus on suurimmillaan tuoreessa kivipinnassa ja tutkimusten mukaan arseenin liukeneminen saavuttaa huippunsa muutaman kuukauden aikana (Craw ym. 2003). Kiven pintaan alkaa melko nopeasti muodostua oksihydroksidikerros, joka hidastaa arseenin liukenemistä. Toisaalta arseeni myös adsorboituu tehokkaasti tähän kerrokseen, esimerkiksi rautahydroksidiin.

Maaperän arseenipitoisuuksien ohje- ja raja-arvoja ei tulisi suoraan käyttää vertailuarvoina muille matriiseille ja muissa yhteyksissä kuin maaperän pilaantuneisuuden tai puhdistustarpeen arviointiin. Hiekka- ja soramuodostumien maa-aines on veden lajittelemaa, ja siten on mahdollista, että vesi on esim. jo liuottanut ja kuljettanut pois niistä helppoliukoisimman osuuden. Samoin jäätikön kuljettama ja kerrostama moreeni on käynyt läpi prosesseja, jotka voivat ja ovat voineet vaikuttaa maa-aineksen arseenikoostu-



mukseen. Suomen olosuhteista ei ole riittävästi tutkimustietoa siitä, onko mahdollista, että kalliokiviainestuotannossa juuri kalliosta irrotetusta ja murskatusta kiviaineksesta liukeneva ja veden mukana kulkeutuva arseeni aiheuttaisi ympäristölle suuremman arseeniriskin kuin maaperän vuosisatoja sitten kerrostunut maa-aines, vaikka kalliokiviaineksen arseenipitoisuus olisikin pienempi kuin hiekalle tai moreenille annetut arseenin ohjearvot.

Maakuntakaava on yleispiirteinen suunnitelma maakunnan alueiden käytöstä. Siinä esitetään maakunnan yhdyskuntarakenteen ja alueiden käytön perusratkaisut keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä. Maakuntakaavassa EO-merkinnällä osoitetaan alueita soran, turpeen tai muiden maa-ainesten ottoa varten. EO-merkinnällä osoitetaan mm. alueita, joilla aineiden ottotoiminnan edellytykset on selvitetty (<http://www.ym.fi/download/noname/%7BC9A45BA3-88A8-43F0-AD43-E81B1991168D%7D/3205615.10.2014>).

3 TUTKIMUSMENETELMÄT

3.1 Kohteiden valinta ja näytteenotto

POSKI-projektin 60 tutkimuskohdetta valittiin kallioperän kiviaineksen lujuuksien ja massamäärien perusteella Pirkanmaan maakuntakaavaan suunnitelluista EO-alueista. Lisäksi alueiden valintaan vaikuttivat luontoarvot, asutus ja kohteen sijainti Tampereen ympäristössä. Kaikki POSKI-projektin näytteet on otettu eteläisen Pirkanmaan alueelta (kuva 1).

Kultakin EO-alueelta otettiin kolme kallioperänäytettä, siten näytteiden kokonaismäärä on 180 näytettä. Näytepisteiden valinnassa ei huomioitu kallioperän rakenteita tai kivilajeja, vaan näytepisteet pyrittiin sijoittamaan tasaisesti kullekin EO-alueelle.

Pirkanmaan POSKI-projektin kallioperänäytteet otettiin touko-kesäkuussa 2014 ASROCKS-hankkeessa kehitetyllä näytteenottomenetelmällä, jossa poravasarella kustakin näytteenottopisteessä porataan noin kahdeksan senttimetrin syvyistä reikää (kuva 2). Porauksessa syntyvä kivijauhe eli soiija kerätään kertakäyttölautaselle, josta se kaadetaan näytepussiin. Näytettä saadaan kolmesta porareistä yhteensä noin 40 g. Näytteenottomenetelmä on kuvattu tarkemmin ASROCKS-projektin näytteenotto-oppaassa (Hatakka ym. 2013).

3.2 Analysointi ja kivilajin määrittäminen

Kivijauhenäytteet kuivattiin ja jauhettiin karkaistussa hiiliteräsjuuhinastiassa, ja jauhetuista näytteistä analysoitiin kuningasvesiliukoiset arseenipitoisuudet ICP-MS-tekniikalla Labtium Oy:n laboratoriossa elokuussa 2014. Kuningasvesiuutossa (AR-uutto eli *aqua regia*-uutto) liukenevat arseenipitoisuudet edustavat arseenin lähes kokonaispitoisuutta.

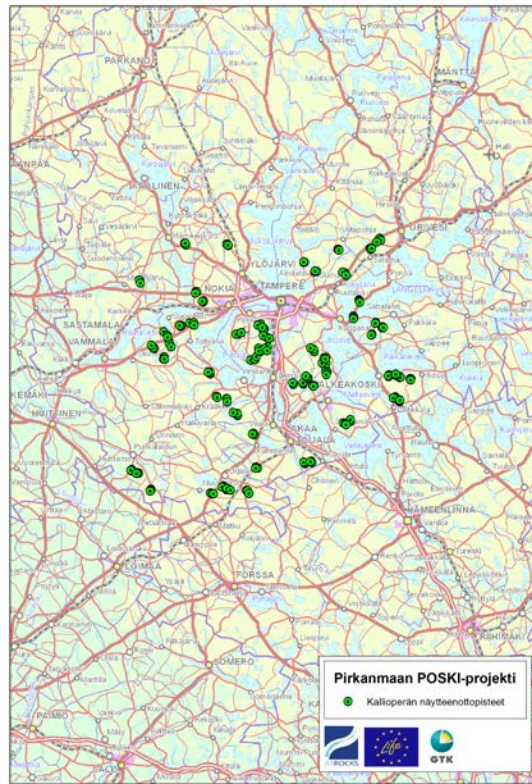
POSKI-projektin näytteenotossa ei käytetty laadunvarmistusnäytteitä. Labtium Oy noudatti omia laadunvarmistusmenettelyjään.

Kallioperänäytteenoton yhteydessä ei määritetty näytepisteiden kivilajeja. Tässä raportissa käytetyt näytepisteiden kivilajit on määritetty tulkitsemalla kivilajit Geologian tutkimuskeskuksen DigiKP-kallioperäaineistoon perustuvasta kallioperäkartasta (kuva 3). Taulukossa 1 on esitetty POSKI-projektin

kallioperänäytteiden määrät kivilajeittain. Joidenkin kivilajien alueelta on otettu näytteitä hyvin vähän, joten niiden antamat tulokset ovat vain suuntaa-antavia. Kivilajin määrittäminen kallioperäkartasta ei ole tarkkuudeltaan yhtä virheetöntä kuin näytteenoton yhteydessä geologin havainnoima kivilaji, näin joidenkin näytepisteiden sijoittuminen väärään kivilajiluokkaan on mahdollista.

Taulukko 1. Pirkanmaan POSKI-projektin kallioperänäytteiden kivilajit Geologian tutkimuskeskuksen DigiKP-kallioperäkartan mukaan määritettyinä.

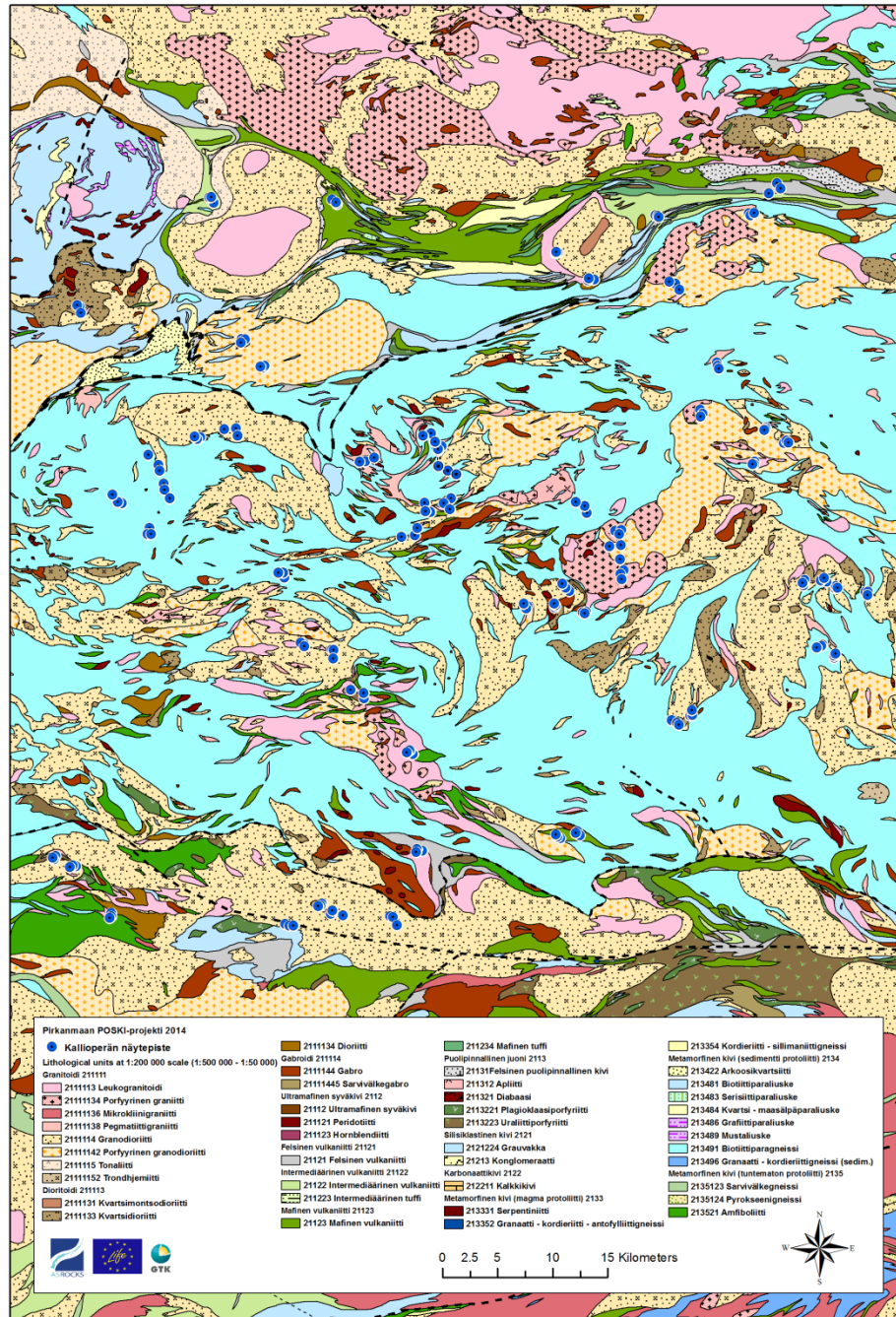
Kivilaji	Näytemäärä
Biotiittiparaliuske	44
Granodioriitti	41
Porfyyrinen granodioriitti	30
Kvartsidioriitti	6
Grauvakka	1
Pegmatiittigraniitti	2
Mafinen vulkaniitti	6
Apliitti	2
Leukogranitoidi	10
Amfiboliitti	5
Uraliittiporfyriitti	3
Porfyyrinen graniitti	6
Plagioklaasiporfyriitti	2
Gabro	14
Intermediäärinen vulkaniitti	4
Felsinen vulkaniitti	4
Koko aineisto	180



Kuva 1. Pirkanmaan POSKI-projektin kallioperänäyttepisteiden sijainti kesällä 2014. Pohjakartta © Maanmittauslaitos ja Hallinnon tietotekniikkakeskus.



Kuva 2. Pirkanmaan POSKI-projektin kallioperänäytteet otettiin ASROCKS-hankkeessa kehitetyllä poravasaramenetelmällä. Kuva: Jouko Vuokko.



Kuva 3. Pirkanmaan POSKI-projektin kallioperän näytepisteet kallioperäkartalla. Kallioperäkartta perustuu Geologian tutkimuskeskuksen DigiKp-kallioperäaineistoon.

3.3 Taustapitoisuuksien laskenta

Alueellisia suurimpia suositeltuja taustapitoisuusarvoja (SSTP-arvoja) on Suomessa laskettu maaperän alkuainepitoisuuksille maalajeittain. Suurin suositeltu taustapitoisuus (SSTP) perustuu SFS-ISO-standardin 19258 suosituksen laatikko-jana-kuvaajan (box-whisker-plot) ylemmän whisker-janan ylärajaan, kun näytejoukko on riittävän suuri (kuva 4). Tätä samaa menetelmää käytettiin taustapitoisuusarvon laskennassa tutkimusalueen kallioperän arseenille seuraavasti:

$$TP_{As} = P_{75} + 1,5 \times (P_{75} - P_{25}) \quad [1]$$

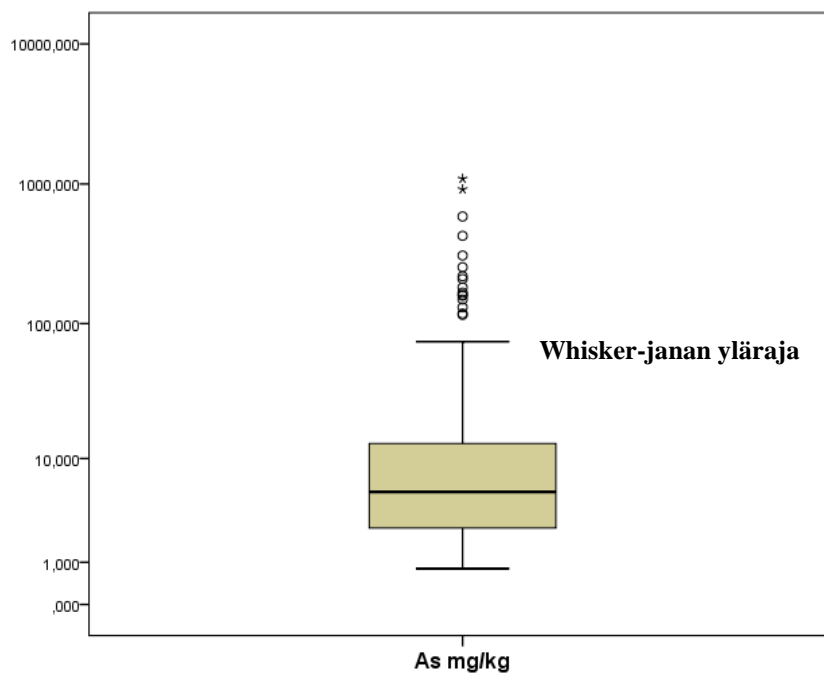
jossa

TP_{As} = arseenin taustapitoisuusarvo tutkimusalueella

P_{75} = arseenin pitoisuusjakauman 75. persenttiili

P_{25} = arseenin pitoisuusjakauman 25. persenttiili.

Kaavan [1] avulla pyritään laskemaan taustapitoisuudelle arvo, jossa huomioidaan luontaiset suuret pitoisuudet, mutta jossa poikkeukselliset arvot jätetään huomioimatta.



Kuva 4. Laatikko-jana-kuvaaja kallioperän arseenipitoisuuksista. Beigen laatikon keskellä oleva viiva on mediaaniarvo, ja kaikista havainnoista 25 % on pienempiä kuin laatikon alareuna ja 25 % suurempia kuin laatikon yläreuna. Laatikosta lähtevien ns. Whisker-janojen päät osoittavat pienimmän ja suurimman tavanomaisena pidettävän pitoisuuden. Whisker-janan yläpään arvoa voidaan pitää alueen taustapitoisuutena.

Tutkimusaineiston tilastollisessa käsittelyssä on käytetty SPSS- ja Excel-ohjelmistoja, ja karttojen valmistuksessa ArcGis-ohjelmaa.

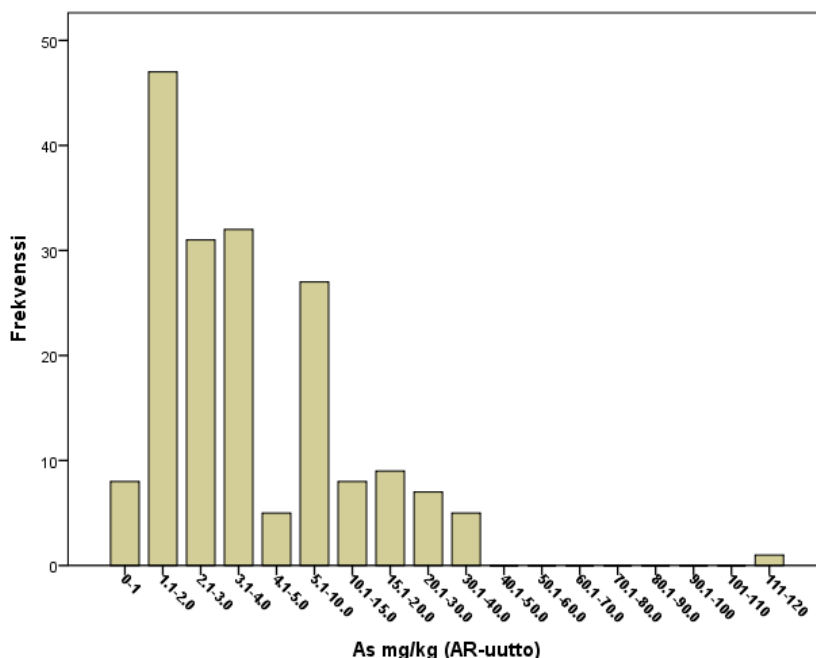
4 KIVILAJIEN ARSEENIPITOISUUDET KALLIOPERÄSSÄ PIRKANMAALLA TUTKITUISSA KOHTEISSA

4.1 Kallioperän arseenipitoisuudet

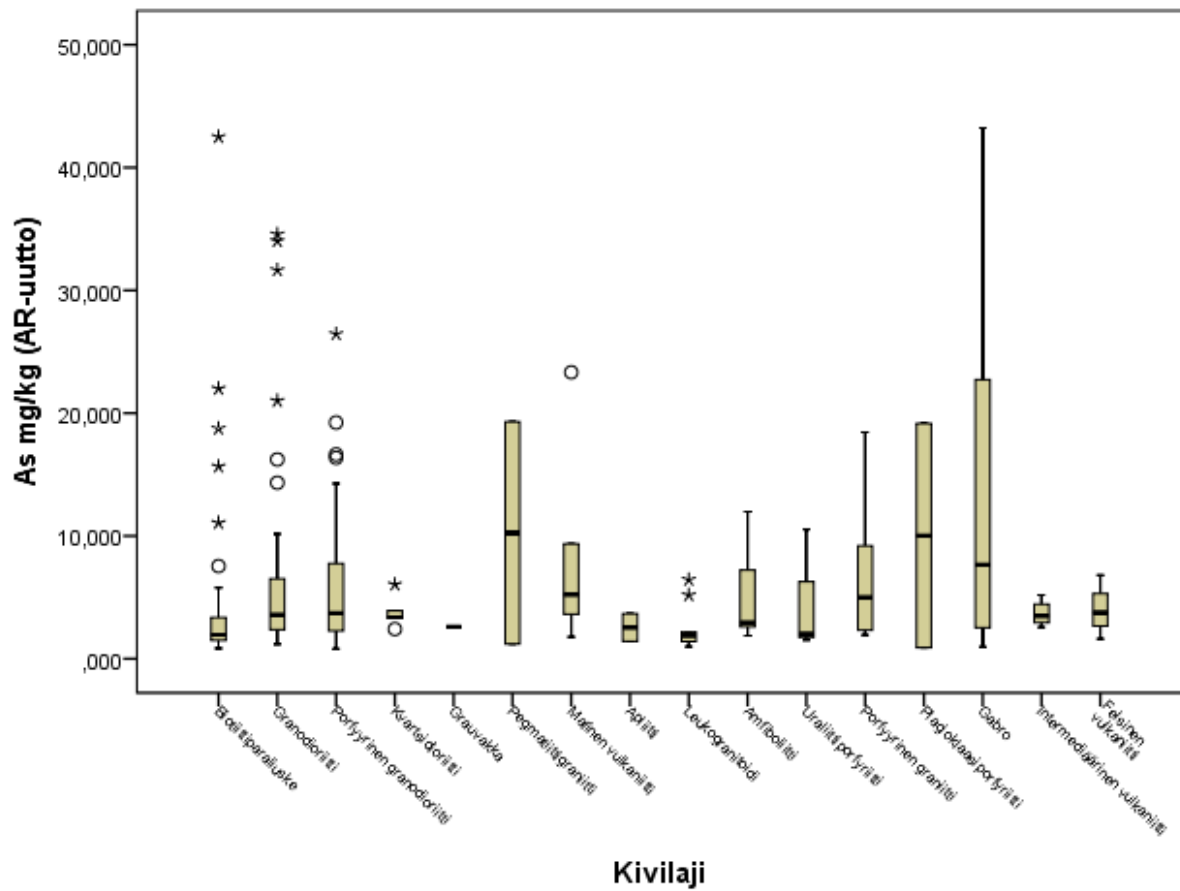
Pirkanmaan POSKI-projektissa Eteläisen Pirkanmaan alueelta otettujen 180 kallioperänäytteen kuningasvesiliukoiset arseenipitoisuudet olivat 0,80 – 115,6 mg/kg. Kallioperän keskimääräinen arseenipitoisuus oli 3,1 mg/kg (mediaaniarvo). Arseenipitoisuuksien jakauma on esitetty kuvassa 5.

Kullekin kallioperänäytteelle määritettiin kivilaji Geologian tutkimuskeskuksen DigiKP-kallioperäaineistoon perustuvasta kallioperäkartasta (kuva 3). Kallioperän arseenipitoisuudet eri kivilajeissa on esitetty taulukossa 2 ja kuvissa 5, 6 ja 7. Joidenkin kivilajien alueelta on tässä projektissa otettu vain yksi tai muutama kiviäyte, siten niiden tulokset ovat vain suuntaa-antavia.

Keskimäärin eniten arseenia on tämän aineiston mukaan gabroissa. Pegmatiittigraniitin ja plagioklaasiporfyyriitin arseenipitoisuudet ovat tässä aineistossa myös suuret, mutta molempia kivilajeja edustaa vain kaksi näytettä. Suurimmat yksittäiset arseenipitoisuudet ovat gabroissa, biotiittiparaliuskeessa ja graniidiriiteissa (taulukko 2).



Kuva 5. Pirkanmaan kallioperän kuningasvesiliukoisten arseenipitoisuuksien jakauma kalliokiviaineksen tuotantoon kaavailuilla alueilla kesäkuussa 2014.



Kuva 6. Kallioperän arseenipitoisuudet Pirkanmaan POSKI-projektin näytteissä kivilajeittain luokiteltuna. Näytepisteiden kivilajit on määritetty Geologian tutkimuskeskuksen DigiKP-kallioperäaineistoon perustuvasta kallioperäkartasta. Kaavion aineistosta on poistettu kivilajiltaan gabroa oleva näyte, jonka arseenipitoisuus on 115,6 mg/kg.

Taulukko 2. Pirkanmaan kallioperän kuningasvesiliukoiset arseenipitoisuudet kivilajeittain luokiteltuna. Näytteet otettiin kesäkuussa 2014 Pirkanmaan POSKI-projektissa kalliokiviainestuotantoon kaavailuilta alueilta eteläiseltä Pirkanmaalta. Näytepisteiden kivilajit on määritetty Geologian tutkimuskeskuksen Di-giKP-kallioperäaineistoon perustuvasta kallioperäkartasta.

Kivilaji	Arseenipitoisuus (AR-uutto)				Näytemäärä
	Minimi mg/kg	Mediaani mg/kg	Keskiarvo mg/kg	Maksimi mg/kg	
Biotiittiparaliuske	0,84	1,9	4,6	42,5	44
Granodioriitti	1,2	3,6	6,7	34,6	41
Porfyriinen granodioriitti	0,80	3,7	6,5	26,5	30
Kvartsidioriitti	2,4	3,4	3,7	6,1	6
Grauvakka	2,6	2,6	2,6	2,6	1
Pegmatiittigraniitti	1,2	10,2	10,2	19,3	2
Mafinen vulkaniitti	1,8	5,2	8,1	23,3	6
Apliitti	1,4	2,5	2,5	3,7	2
Leukogranitoidi	0,99	1,9	2,5	6,4	10
Amfiboliitti	1,9	2,9	5,3	12,0	5
Uraliittiporfyriitti	1,5	2,0	4,7	10,5	3
Porfyriinen graniitti	1,9	5,0	7,0	18,5	6
Plagioklaasiporfyriitti	0,90	10,0	10,0	19,2	2
Gabro	0,97	7,7	19,0	115,6	14
Intermediäärinen vulkaniitti	2,6	3,5	3,7	5,2	4
Felsinen vulkaniitti	1,6	3,7	4,0	6,8	4
Koko aineisto	0,80	3,1	6,6	116	180

4.2 Kallioperän arseenipitoisuuksien tarkastelu

Taulukossa 3 on vertailtu eteläisen Pirkanmaan kallioperän kuningasvesiliukoisten arseenipitoisuuksien mediaani-arvoja ASROCKS-hankkeessa määritettyjen kivilajinäytteiden sekä Geologian tutkimuskeskuksen litogeokemian tietokannasta (2014) poimittujen ASROCKS-hankkeen tutkimusalueen (eteläinen Pirkanmaa ja pohjoinen Kanta-Häme) sekä koko Suomen kallioperänäytteiden vastaaviin arseenipitoisuuksiin. Geologian tutkimuskeskuksen litogeokemian tietokannassa olevien kallioperänäytteiden arseenipitoisuudet on määritetty kuningasvesiutosta atomiabsorptiospektrometria-menetelmällä (GFAAS), jossa arseenin määrittämissä, 3,0 mg/kg, on huomattavasti suurempi kuin nykyisin arseenimäärittämissä käytettävässä ICP-MS-menetelmässä. Litogeokemian aineiston perusteella koko Suomen kallioperän arseenipitoisuus on keskimäärin kivilajista riippumatta <3,0 mg/kg (taulukko 3). ASROCKS-tutkimusalueelta eteläiseltä Pirkanmaalta ja pohjoisesta Kanta-Hämeestä litogeokemian tietokannasta poimittujen kallioperänäytteiden keskimääräinen arseenipitoisuus on samoin <3,0 mg/kg lukuun ottamatta intermediäärisiä vulkaniitteja, joissa keskimääräinen arseenipitoisuus on 4,8 mg/kg, tosin tässä luokassa on vain seitsemän näytettä (taulukko 3).

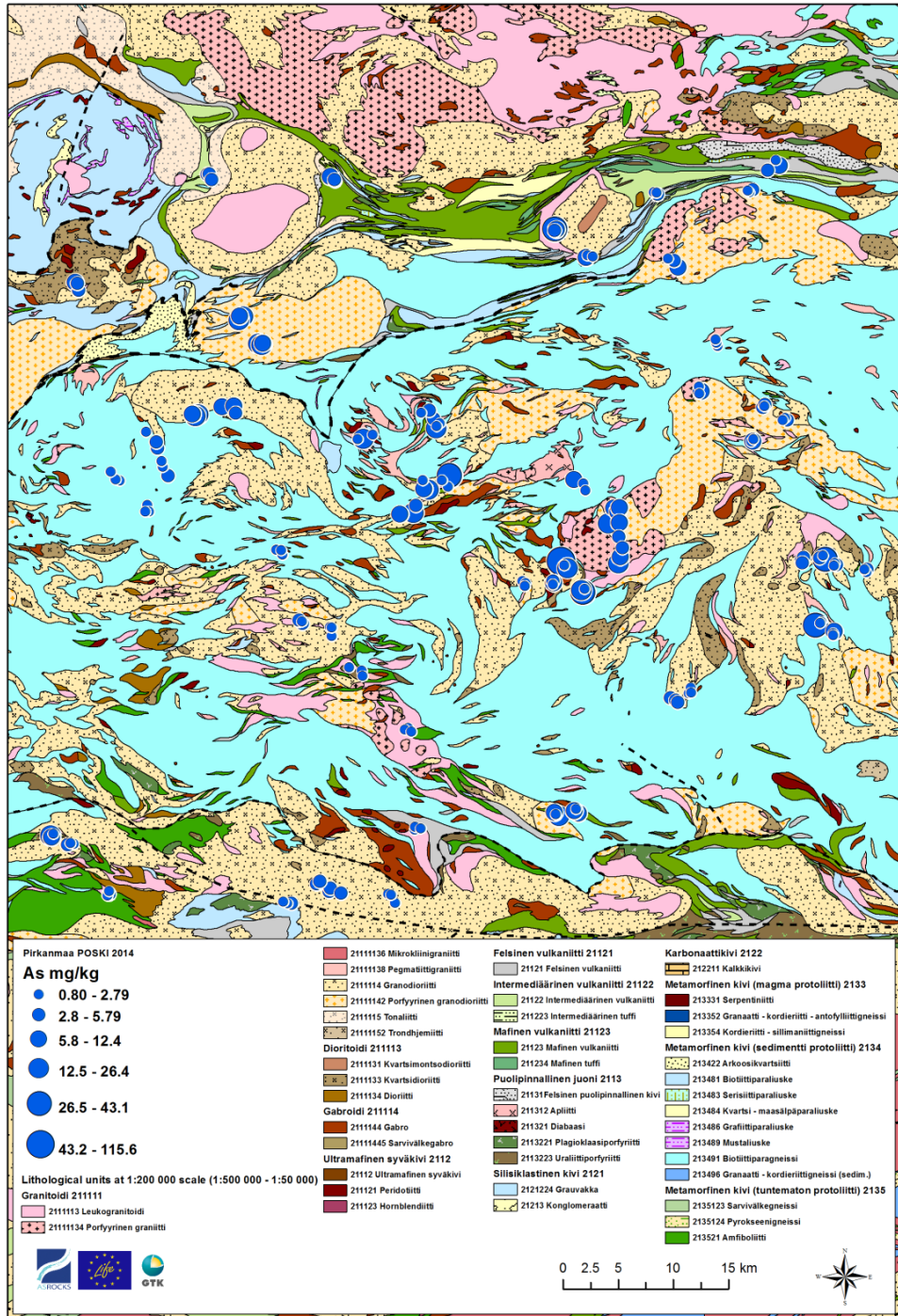
Vertailtaessa POSKI- ja ASROCKS-projektin kallioperänäytteiden 75. persentiilejä ja koko maan litogekemian aineiston vastaavia pitoisuuksia (taulukko 4), voidaan todeta, että kivilajista riippumatta kallioperän arseenipitoisuudet ovat eteläisellä Pirkanmaalla pääsääntöisesti suuremmat. Näytemäärät tosin ovat pieniä useimmissa POSKI-projektin näytteiden kivilajiluokissa, ja analyysitekniikat poikkeavat toisistaan, joten tulokset ovat vain suuntaa-antavia.

4.3 Arseenipitoisuudet kivilajeittain

Arseenipitoisuudet vaihtelevat eri kivilajeissa, ja eteläisen Pirkanmaan kallioperän kivilajeista biotiittiparaliuskeen, granodioriitin ja porfyyrisen granodioriitin arseenipitoisuudet ovat pääsääntöisesti varsin pienet. Näissä kivilajeissa mahdollisesti esiintyvät suuret arseenipitoisuudet liittyvät todennäköisesti arseenin esiintymiseen sulkeumissa tai arseenin rikastumiseen kivien rakopinnoille tai hiertovyöhykkeisiin. ASROCKS-hankkeen kallioperänäytteissä arseenipitoisuudet ovat suuria gabroissa (taulukot 3 ja 4), ja vaikka kaikki tutkitut gabronäytteet on otettu varsin pienalaisista tutkimuskohteista Pirkkalan ja Lempäälän kuntien alueelta, myös POSKI-projektin tulokset tukevat sitä, että gabroa olevilla kallioalueilla maa- ja kalliokiviainestuotannossa sekä rakentamisessa tulisi kiinnittää erityistä huomiota arseeniriskiin. Toisaalta litogekemian aineistossa koko Suomen gabrojen keskimääräinen arseenipitoisuus ei ole suurempi kuin muiden kivilajien arseenipitoisuus, joten osa gabroista sisältää vain vähän arseenia.

Eteläisellä Pirkanmaalla kallioperän arseenipitoisuudet ovat pieniä myös kvartsidioriiteissa, grauvakoissa, graniiteissa ja intermediäärisissä ja felsisissä vulkaniiteissa (taulukot 3 ja 4), mutta näissä kivilajiluokissa on niin vähän näytteitä, että tulokset eivät ole tilastollisesti merkitseviä, ja siten vain suuntaa-antavia.

Ainoastaan kivilajimäärityksen perusteella kalliokiviaineksen tuotantoalueen tai rakentamisalueen arseeniriskiä ei voida arvioida, koska myös niissä kivilajeissa, joissa arseenipitoisuuksien yleisesti tiedetään olevan pieniä, saattaa arseenia esiintyä esim. sulkeumissa tai rikastuneena kallion rakopinnoille, juonien yhteyteen tai hiertovyöhykkeisiin.



Kuva 7. Kallioperän kuningasvesiliukoiset arseenipitoisuudet eteläisellä Pirkanmaalla kesäkuussa 2014. Kallioperäkarta perustuu Geologian tutkimuskeskuksen DigiKP-kallioperäaineistoon.

Taulukko 3. Kallioperän keskimääräiset kuningasvesiliukoiset arseenipitoisuudet Pirkanmaan POSKI-projektin, ASROCKS-hankkeen sekä koko Suomen käsittävän Geologian tutkimuskeskuksen litogeokemian tietokannan (v. 2014) kivilajeittain luokiteltuna. POSKI-projektin näytteet otettiin touko-kesäkuussa 2014 kalliokiviainestuotantoon kaavailluilta alueilta eteläiseltä Pirkanmaalta. Näytenäytteiden kivilajit on määritetty Geologian tutkimuskeskuksen DigiKP-kallioperäaineistoon perustuvasta kallioperäkartasta. Näytemäärät suluissa.

Kivilaji	Arseenipitoisuus (AR-uutto)			
	Pirkanmaan POSKI Mediaani mg/kg	ASROCKS ^{*)} Mediaani mg/kg	Litogeokemian aineisto ASROCKS-tutkimusalue Mediaani mg/kg	Litogeokemian aineisto koko Suomi Mediaani mg/kg
Biotiittiparaliuske	1,9 (44)	5,7 (13)	<3,0 (8)	<3,0 (222)
Granodioriitti	3,6 (41)	9,1 (7)	<3,0 (17)	<3,0 (642)
Porfyrynen granodioriitti	3,7 (30)	13,9 (28)	-	-
Kvartsidioriitti	3,4 (6)	6,6 (12)	<3,0 (14)	<3,0 (221)
Grauvakka	2,6 (1)	-	<3,0 (5)	<3,0 (61)
Pegmatiittigraniitti	10,2 (2)	7,5 (2)	<3,0 (1)	<3,0 (13)
Mafinen vulkaniitti	5,2 (6)	20,8 (5)	<3,0 (20)	<3,0 (378)
Apliitti	2,5 (2)	-	-	-
Leukogranitoidi	1,9 (10)	6,9 (6)	<3,0 (19)	<3,0 (1053)
Amfiboliitti	2,9 (5)	6,0 (5)	<3,0 (8)	<3,0 (308)
Uraliittiporfyriitti	2,0 (3)	11,5 (9)	<3,0 (4)	<3,0 (31)
Porfyrynen graniitti	5,0 (6)	6,4 (1)	-	-
Plagioklaasiporfyriitti	10,0 (2)	-	-	<3,0 (11)
Gabro	7,7 (14)	167 (17)	<3,0 (17)	<3,0 (217)
Intermediäärinen vulkaniitti	3,5 (4)	10,5 (18)	4,8 (7)	<3,0 (89)
Felsinen vulkaniitti	3,7 (4)	21,7 (8)	< 3,0 (4)	< 3,0 (42)
Koko aineisto	3,1 (180)	10,4 (131)	<3,0 (124)	<3,0 (3288)

*)ASROCKS-hankkeessa pyrittiin löytämään alueita, joissa kallioperän luontaiset arseenipitoisuudet olivat suuria, siten aineiston arseenipitoisuuksien jakauma on vino.



Taulukko 4. Eteläisen Pirkanmaan, ASROCKS-projektin ja koko Suomen kallioperänäytteiden (Geologian tutkimuskeskus, litogeokemian tietokanta 2014) kuningasvesiliukoisten arseenipitoisuuksien 75. persentti-lit kivilajeittain luokiteltuna. Eteläisen Pirkanmaan näytteet otettiin touko-kesäkuussa 2014 Pirkanmaan POSKI-projektissa kalliokiviainestuotantoon kaavailluilta alueilta, ja näiden näytepisteiden kivilajit on määritetty Geologian tutkimuskeskuksen DigiKP-kallioperäaineistoon perustuvasta kallioperäkartasta. Näytemäärät suluissa.

Kivilaji	Arseenipitoisuus (AR-uutto)		
	Pirkanmaan POSKI	ASROCKS ^{*)}	Litogeokemian aineisto koko Suomi
	P75 mg/kg	P75 mg/kg	P75 mg/kg
Biotiittiparaliuske	3,4 (44)	9,1 (13)	3,6 (222)
Granodioriitti	6,5 (41)	12,8 (7)	<3,0 (642)
Porfyriinen granodioriitti	8,1 (30)	18,1(28)	-
Kvartsidioriitti	4,4 (6)	9,7(12)	<3,0 (221)
Grauvakka	2,6 (1)	-	3,5 (61)
Pegmatiittigraniitti	- (2)	- (2)	6,2 (13)
Mafinen vulkaniitti	12,8 (6)	76,7 (5)	<3,0 (378)
Apliitti	-(2)	-	-
Leukogranitoidi	2,9 (10)	12,8 (6)	<3,0 (1053)
Amfiboliitti	9,6 (5)	10,7 (5)	<3,0 (308)
Uraliittiporfyriitti	- (3)	18,3 (9)	3,7 (31)
Porfyriinen graniitti	11,5 (6)	6,4 (1)	-
Plagioklaasiporfyriitti	- (2)	-	3,2 (11)
Gabro	23,2 (14)	367 (17)	<3,0 (217)
Intermediäärinen vulkaniitti	4,8 (4)	16,7 (18)	3,3 (89)
Felsinen vulkaniitti	6,1 (4)	118 (8)	< 3,0 (42)
Koko aineisto	6,5 (180)	20,7 (131)	<3,0 (3288)

*)ASROCKS-hankkeessa pyrittiin löytämään alueita, joissa kallioperän luontaiset arseenipitoisuudet olivat suuria, siten aineiston arseenipitoisuuksien jakauma on vino.



5 KALLIOPERÄN ARSEENIN TAUSTAPITOISUUSARVOISTA ETELÄISELLÄ PIRKANMAALLA

5.1 Yleistä taustapitoisuuksista

Kallioperän arseenipitoisuudelle ei Suomessa ole annettu ympäristön tai ihmisten terveyden huomioon ottavia ohje- tai raja-arvoja. Rakennustuoteasetukseen perustuva kiviainestuotteiden CE-merkintä sisältää tietoja myös mahdollisista vaarallisista aineista. Tällä hetkellä ei ole vielä yhtenäisiä eurooppalaisia nettelytapoja vaarallisten aineiden pitoisuuden tai liukoisuuden osoittamiseen, mutta periaatteena tulee kuitenkin olemaan se, että kaikkien niiden rakennustuotteiden, jotka voivat aiheuttaa päästöjä maaperään tai pinta- ja pohjaveteen, kokonaispitoisuus ja mahdollisesti myös liukoisuus on testattava osana CE-merkintään liittyvää prosessia. Raja-arvot vaarallisten aineiden pitoisuuksille tullaan määrittelemään kansallisesti (Lehtinen ym. 2014).

Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista, ns. PIMA-asetus (VNa 214/2007) määrittelee maaperän arseenille kynnys- ja ohjearvot ekologisiin perustein. Mikäli maaperässä arseenipitoisuus ylittää kynnysarvon, maaperän pilaantuneisuus ja puhdistustarve on arvioitava. Alueilla, joilla arseenin taustapitoisuus maaperässä on suurempi kuin kynnysarvo, arviointikynnyksenä käytetään taustapitoisuusarvoa. Asetuksessa maaperän arseenipitoisuuden kynnysarvo on 5 mg/kg, mutta eteläisellä Pirkanmaalla käytetään kynnysarvon tilalla Geologian tutkimuskeskuksen laskemia taustapitoisuusarvoja, jotka ovat hiekalle 29 mg/kg ja moreenille 26 mg/kg (Hatakka ym. 2010). ASROCKS-hankkeen yhteydessä keskusteltiin viranomaisten ja maa- ja kalliokiviainestuottajien kanssa sopivista arseeninvertailuarvoista käytettäväksi kalliokiviaineksen tuotantoalueilla ja rakennusalueilla. Suomen olosuhteista ei ole riittävästi tutkimustietoa siitä, onko mahdollista, että kalliokiviainestuotannossa juuri kalliosta irrotetusta ja murskatusta kiviaineksesta liukeneva ja veden mukana kulkeutuva arseeni aiheuttaisi ympäristölle suuremman arseeniriskin kuin maaperän vuosisatoja sitten kerrostunut maa-aines, vaikka kalliokiviaineksen arseenipitoisuus olisikin pienempi kuin hiekalle tai moreenille annetut arseenin ohjearvot.

Maaperän suurimman suositellun taustapitoisuuden laskentaan tarvitaan vähintään 30 näytettä, joista on määritetty arvioitavan haitta-aineen taustapitoisuus. Luvussa 3 esitettyä kaavaa [1] sovellettiin Pirkanmaan POSKI-hankkeessa otetuille kallioperänäytteille, ja laskettiin niiden arseenipitoisuuksista eteläiselle Pirkanmaalle kallioperän arseenin kivilajien tavanomaiset arseenipitoisuusjakauman ylärajat eli taustapitoisuusarvot. Ainoastaan biotiittiparaliuskesta, granodioriitista ja porfyirisestä granodioriitista oli otettu vähintään 30 näytettä. ASROCKS-hankkeen näytteet on valikoitu otettavaksi sellaisilta tuotantoalueilta tai rakennuskohteilta, joissa tiedettiin olevan tavanomaista enemmän arseenia. Siksi ASROCKS-hankkeen näytteitä ei käytetty kallioperän taustapitoisuuden arviointiin.

Koko Suomea koskevan kallioperän litogeokemian aineistossa (Geologian tutkimuskeskus, litogeokemian tietokanta 2014) näytemäärät olisivat useassakin Pirkanmaan alueen kivilajiluokassa olleet riittävät tilastolliseen tarkasteluun, mutta kivilajien arseenipitoisuuksien määrittämiseen käytetyn atomiabsorptiospektrometria-mentelmän (GFAAS) varsin korkea arseenin määrittäysraja, 3,0 mg/kg, rajoitti taustapitoisuusarvojen laskentaa koskemaan vain neljää kivilajiluokkaa: biotiittiparaliuskeita, grauvakoita, uraliittiporfy-

riittejä ja intermediäärisiä vulkaniitteja. Näiden laskennassa on arseenipitoisuuden 25. persentiilin (P25) lukuarvona käytetty analyysimenetelmän määrittäjärajan puolikasta (1,5 mg/kg). Kaikki lasketut eteläisen Pirkanmaan kallioperän taustapitoisuusarvot on esitetty taulukossa 5, mutta vain niitä taustapitoisuusarvoja, joiden näytemäärät ovat yli 30, voidaan pitää tilastollisesti merkitsevinä.

5.2 Eteläisen Pirkanmaan kallioperän arseenin taustapitoisuuksien tarkastelu

Koska kallioperän arseenipitoisuudelle ei Suomessa ole annettu ympäristön tai ihmisten terveyden huomioon ottavia ohje- tai raja-arvoja, POSKI-projektin näytteiden arseenipitoisuuksia tarkasteltiin suhteessa taulukon 5 tilastollisesti merkitseviin eteläisen Pirkanmaan kallioperän arseenin taustapitoisuusarvoihin, PIMA-asetuksen (VNa 214/2007) maaperän arseenin kynnys- ja ohjearvoihin sekä eteläisen Pirkanmaan maaperän arseenin SSTP-arvoihin (Hatakka ym.).

Biotiittiparaliuske-luokassa POSKI-projektiin perustuvan arseenin taustapitoisuusarvon, (6,3 mg/kg) ylittää kuusi näytettä (taulukko 6), joka on 13,6 % tämän kivilajiluokan näytteistä. Nämä näytteet on otettu viidestä eri tutkimuskohteesta, joka on prosentuaalisesti 8,3 % kaikista 60 eteläisen Pirkanmaan tutkimuskohteesta. Karkeasti arvioituna moreenin hienoaines olisi koostumukseltaan lähimpänä tätä kivilajia. Moreenin SSTP-arvo tällä alueella on 26 mg/kg (Hatakka ym. 2010). Sen ylittäisi POSKI-projektin aineistosta biotiittiparaliuske-luokan yksi näyte (1,7 % tutkimuskohteista). Myös granodioriittien luokassa POSKI-projektin näytteistä kuudessa on arseenia enemmän kuin taustapitoisuusarvo, 12,9 mg/kg (taulukko 6). Prosentuaalisesti tämä on 14,6 % granodioriitti-luokan näytteistä. Suurten arseenipitoisuuksien granodioriittinäytteet olivat viidestä eri tutkimuskohteesta (8,3 % kaikista tutkimuskohteista). Porfyyrisen granodioriitin luokan kahdessa näytteessä arseenipitoisuudet olivat suuremmat kuin eteläiselle Pirkanmaalle laskettu kallioperän arseenin taustapitoisuus, 16,9 mg/kg. Tämä on 6,7 % kyseisen kivilajiluokan näytteistä, ja 3,3 % kaikista POSKI-projektin tutkimuskohteista.

Kaikkiaan POSKI-projektissa otetuista näytteistä 1 – 57 kivilajinäytteessä arseenipitoisuus on suurempi kuin vertailuarvo (taulukko 6). Nämä näytteet on otettu 1 – 36 POSKI-projektin tutkimuskohteesta, joka on 1,7 – 60 % tutkituista maa- ja kalliokiviainestuotantoon kaavailluista eteläisen Pirkanmaan EO-alueista. Eteläisen Pirkanmaan kallioperän tai maaperän arseenin taustapitoisuus ylittyi 1 – 24 POSKI-projektin näytteessä 1 – 19 tutkimuskohteessa, joka on 1,7 – 31,7 % kaikista tutkituista alueista.

Taulukko 5. Eteläisen Pirkanmaan ja koko Suomen alueelle lasketut kallioperän kuningasvesiliukoisen arseenin taustapitoisuusarvot kivilajeittain. Punaisella merkityt taustapitoisuusarvot ovat tilastollisesti merkitseviä. Pirkanmaan POSKI = eteläinen Pirkanmaa, POSKI-projektin aineisto; Litogeokemia koko Suomi = Geologian tutkimuskeskuksen litogeokemian aineisto koko Suomesta, arseenipitoisuuden 25. persentiilin (P25) lukuarvona käytetty analyysimenetelmän määrittämissä rajan puolikasta (1,5 mg/kg). Näyttemäärät suluissa.

Kivilaji	Taustapitoisuusarvot arseenille	
	Pirkanmaan POSKI Taustapitoisuus mg/kg	Litogeokemia koko Suomi Taustapitoisuus mg/kg
Biotiittiparaliuske	6,3 (44)	6,6 (222)
Granodioriitti	12,9 (41)	-
Porfyyrinen granodioriitti	16,9 (30)	-
Kvartsidioriitti	6,4 (6)	-
Grauvakka	- (1)	6,5 (61)
Pegmatiittigraniitti	- (2)	13,2 (13)
Mafinen vulkaniitti	27,4 (6)	-
Apliitti	- (2)	-
Leukogranitoidi	5,2 (10)	-
Amfiboliitti	20,6 (5)	-
Uraliittiporfyriitti	- (3)	7,0 (31)
Porfyyrinen graniitti	25,4 (6)	-
Plagioklaasiporfyriitti	- (2)	5,8 (11)
Gabro	54,3 (14)	-
Intermediäärinen vulkaniitti	7,9 (4)	6,0 (89)
Felsinen vulkaniitti	11,9 (4)	-
Koko aineisto	13,4 (180)	-

Taulukko 6. Eteläisen Pirkanmaan kallioperän arseenipitoisuus suhteessa POSKI-projektin aineistosta kivilajeittain laskettuihin kallioperän taustapitoisuusarvoihin sekä PIMA-asetuksessa annettuihin maaperän arseenin kynnys- ja ohje-arvoihin (VNa 214/2007). Eteläisen Pirkanmaan maaperän suurimmat suositellut taustapitoisuusarvot (SSTP-arvot) Geologian tutkimuskeskuksen tutkimusraportista 182 (Hatakka ym. 2010).

Vertailuarvo	As mg/kg	Vertailuarvon ylittä- vien POSKI-aineiston näytteiden lukumäärä	Vertailuarvon ylittävien POSKI- tutkimuskohteiden lu- kumäärä	Vertailuarvon ylittävien POSKI-tutkimuskohteiden lukumäärä tutkimuskohtei- den kokonaismäärästä
		kpl	kpl	%
Kallioperä: Taustapitoisuus koko POSKI-aineisto (n=180)	13,4	24	19	31,7
Kallioperä: Taustapitoisuus biotitiittiparaliuske POSKI-aineisto (n=44) / koko Suomi litogeokemian aineisto (n=222)	6,3/6,6	6	5	8,3
Kallioperä: Taustapitoisuus POSKI-aineiston granodioriitti (n=41)	12,9	6	5	8,3
Kallioperä: Taustapitoisuus POSKI-aineiston porfyyrinen granodioriitti (n=30)	16,9	2	2	3,3
Kallioperä: Taustapitoisuus koko Suomi litogeokemian aineis- ton uraliittiporfyriitti (n=31)	7,0	1	1	1,7
Maaperä: Ylempi ohjearvo (VNa 214/2007)	100	1	1	1,7
Maaperä: Alempi ohjearvo (VNa 214/2007)	50	1	1	1,7
Maaperä: Kynnysarvo (VNa 214/2007)	5	57	36	60
Maaperä: SSTP-arvo hiekalle ja soralle ete- läisellä Pirkanmaalla	29	6	6	10
Maaperä: SSTP-arvo moreenille eteläisellä Pirkanmaalla	26	7	7	11,7



6 YHTEENVETO

Geologian tutkimuskeskus luovutti ASROCKS-projektin (<http://projects.gtk.fi/ASROCKS>) käyttöön POSKI-projektissa (<http://maakuntakaava2040.pirkanmaa.fi/poski>) otetut 180 kallioperänäytettä, jotka oli otettu 60 kohteesta eteläiseltä Pirkanmaalta ASROCKS-projektissa kehitetyllä poravasaramenetelmällä (Hatakka ym. 2013).

ASROCKS-projekti määrittä näyttöistä kuningasvesiliukoiset arseenipitoisuudet täydentääkseen ASROCKS-projektin tuloksia ja laajentaakseen projektissa saatujen tulosten käyttömahdollisuuksia.

Eteläisen Pirkanmaan alueelta otettujen 180 kallioperänäytteen kuningasvesiliukoiset arseenipitoisuudet vaihtelivat 0,80 mg/kg ja 115,6 mg/kg välillä. Kallioperän arseenipitoisuuksien mediaaniarvo oli 3,1 mg/kg. Suurimmat arseenipitoisuudet eteläisen Pirkanmaan kallioperässä tämän aineiston mukaan ovat siellä, missä kallioperä on gabroa.

Vertailtaessa POSKI- ja ASROCKS-projektin kallioperänäytteiden ja koko maan litogeokemian aineiston arseenipitoisuuksia, voidaan todeta, että kivilajista riippumatta kallioperän arseenipitoisuudet ovat eteläisellä Pirkanmaalla pääsääntöisesti suuremmat kuin koko maan kallioperänäytteissä. Näytemäärät tosin ovat hyvin pieniä useimmissa POSKI-projektin näytteiden kivilajiluokissa, ja analyysitekniikat aineistoissa poikkeavat toisistaan, joten tulokset ovat vain suuntaa-antavia.

Eteläisen Pirkanmaan kallioperän kivilajeista biotiittiparaliuskeen, granodioriitin ja porfyyrin granodioriitin arseenipitoisuudet ovat pääsääntöisesti varsin pienet. Näissä kivilajeissa mahdollisesti esiintyvät suuret arseenipitoisuudet liittyvät todennäköisesti arseenin esiintymiseen sulkeumissa tai arseenin rikastumiseen kivien rakopinnoille tai hirtovyöhykkeisiin. ASROCKS-hankkeen kallioperänäytteissä arseenipitoisuudet ovat todella suuria gabroissa, ja vaikka kaikki tutkitut gabronäytteet on otettu varsin pienalaisista tutkimuskohteista Pirkkalan ja Lempäälän kuntien alueelta, myös POSKI-projektin tulokset tukevat sitä, että gabroa olevilla kallioalueilla maa- ja kalliokiviainestuotannossa sekä rakentamisessa tulisi kiinnittää erityistä huomiota arseeniriskiä. Toisaalta litogeokemian aineistossa koko Suomen gabrojen keskimääräinen arseenipitoisuus ei ole suurempi kuin muiden kivilajien arseenipitoisuus, joten osa gabroista sisältää vain vähän arseenia. Ainoastaan kivilajimäärityksen perusteella kalliokiviaineksen tuotantoalueen tai rakentamisalueen arseeniriskiä ei voida arvioida, koska myös niissä kivilajeissa, joissa arseenipitoisuuksien yleisesti tiedetään olevan pieniä, saattaa arseenia esiintyä esim. sulkeumissa tai rikastuneena kallion rakopinnoille, juonien yhteyteen tai hirtovyöhykkeisiin.

POSKI-projektin Eteläisen Pirkanmaan kallioperän kuningasvesiliukoisista arseenipitoisuuksista laskettiin kallioperän arseenille alueelliset taustapitoisuusarvot kivilajeittain. Tilastollisesti merkittäviä arvot ovat vain biotiittiparaliuske-, granodioriitti- ja porfyyrinen granodioriitti-luokissa, koska muiden luokkien näytemäärät ovat liian pieniä, ja siten vain suuntaa-antavia.

Eteläinen Pirkanmaa on ASROCKS-hankkeessa tunnistettu arseenipitoiseksi alueeksi, jossa sekä kallioperän että maaperän arseenipitoisuudet ovat usein suurempia kuin Suomessa keskimäärin. Jos POSKI-projektin kallioperänäytteiden arseenipitoisuuksia verrataan maaperän pilaantuneisuuden kynnsarvoon 5 mg/kg (VNa 214/2007), peräti 60 %:ssa tutkituista kohteista kallioperän arseenipitoisuus ylittää maaperän kynnsarvon.

Jos vertailuarvona käytetään Eteläisen Pirkanmaan kallioperän tai maaperän arseenin taustapitoisuutta tai maaperän ohjearvoja, POSKI-projektissa otetuista näytteistä 1 – 24 kiviäytteen arseenipitoisuus on suurempi kuin vertailuarvo (taulukko 6). Nämä näytteet on otettu 1 – 19 POSKI-projektin tutkimuskohteesta, joka on 1,7 – 31,7 % tutkituista maa- ja kalliokiviainestuotantoon kaavailuista eteläisen Pirkanmaan EO-alueista.



KIRJALLISUUS

Craw, D., Falconer, D., Youngson, J.H., 2003. Environmental arsenopyrite stability and dissolution: theory, experiment, and field observation. *Chemical Geology* 199. 71-82.

Hatakka, T. (toim.), Tarvainen, T., Jarva, J., Backman, B., Eklund, M., Huhta, P., Kärkkäinen, N. & Luoma, S. 2010. Pirkanmaan maaperän geokemialliset taustapitoisuudet. Summary: Geochemical baselines in Pirkanmaa area. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti 182. 104 s. Hatakka ym. 2010

Hatakka, T., Backman, B., Härmä, P., Kuula-Väisänen, P., Reinikainen, J., Tarvainen, T. & Vuokko, J. 2013. Näytteiden otto geokemiallisia analyysyjä ja liukoisuustestejä varten kalliokiviainesten sekä soran ja hiekan tuotantoalueilla ja rakennuskohteissa luontaisesti korkeiden arseenipitoisuuksien alueella. geologian tutkimuskeskus, Arkistoraportti 141/2013. 26 s.
http://projects.gtk.fi/export/sites/projects/ASROCKS/hanke/LIFE10_ENV_FI_000062_ASROCKS_Deliverable_11_Guidelines_of_Sampling_korj_fin_31_05_2013.pdf

Lehtinen, H., Härmä, P., Tarvainen, T., Hatakka, T., Sorvari, J., Backman, B., Kuula, P., Ketola, T., Vuokko, J., Pyy, O., Reinikainen, J., Loukola-Ruskeeniemi, K. 2014. Kiviainesten otto arseenialueilla – ohjeistus kiviainesten tuottajille, maarakentajille ja viranomaisille. Opas 59. Geologian tutkimuskeskus. 71 s.

Tarvainen, T., Kuula-Väisänen, P. & Härmä, P. 2013. ASROCKS-hankkeen Action 1 vaiheen tutkimuskohteet. Geologian tutkimuskeskus, Arkistoraportti 3/2013. 45 s. http://arkisto.gtk.fi/2013/3_2013.pdf

Valtioneuvoston asetus (214/2007) maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista, annettu 1.3.2007. Decree 214/2007.

