

Eeva-Liisa Hallanaro & Kirsti Loukola-Ruskeeniemi

Arseenia kalliossa!

ja mitä siitä sitten seuraa...



LIFE10ENV/FI/00062 ASROCKS
With the contribution of the
LIFE Financial Instrument
of the European Union

Eeva-Liisa Hallanaro & Kirsti Loukola-Ruskeeniemi

Arseenia kalliiossa!

ja mitä siitä sitten seuraa...

GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS

Espoo, 2014

Hallanaro, E-L. & Loukola-Ruskeeniemi, K. 2014. Arseenia kalliiossa!: ja mitä siitä sitten seuraa... .
English Abstract: Arsenic in Bedrock!: and Then What Happens... .
Geologian tutkimuskeskus, Erikaisjulkaisut. 107 s.

Asiasanat (Geosanasto, GTK): ympäristögeologia, arseeni, taustapitoisuus, kallioperä, maaperä, pohjavesi, pintavesi, kasvillisuus, ihmisen toiminta, riskin arviointi, riskinhallinta, Pirkanmaa, Suomi

Keywords (GeoRef Thesaurus, AGI): environmental geology, arsenic, background level, bedrock, soils, ground water, surface water, vegetation, human activity, risk assessment, risk management, Pirkanmaa, Finland



Geologian tutkimuskeskuksen julkaisut löytyvät Hakku-palvelun kautta <http://hakku.gtk.fi>
All GTK's publications online at hakku.gtk.fi

www.gtk.fi

Copyright © kirjoittajat ja Geologian tutkimuskeskus
Kannen valokuva: Geologian tutkimuskeskus
Takakannen pieni valokuva: Jari Väätäinen, GTK
Kirjan muut valokuvat: ks. s. 107

Toimittaja: Sini Autio
Ulkoasu ja taitto: Elvi Turtiainen Oy
Painopaikka: Otavan Kirjapaino Oy, Helsinki

ISBN 978-952-217-301-0 (sid. – hardcover)
ISBN 978-952-217-300-3 (PDF)

Tiivistelmä

Arseeni on myrkyllinen ja syöpävaarallinen aine. Haitallisimpia ovat epäorgaaniset arseeniyhdisteet. Arseenivalmisteita on aiemmin käytetty väriaineina ja lääkkeinä. Aineen myrkyllisyyttä on hyödynnetty myös kasvinsuojelussa ja puun kyllästämässä. Nyttämmin näistä käyttötavoista on luovuttu. Metallija elektroniikkateollisuudessa arseenin käyttö sen sijaan jatkuu.

Käytön vähennyttä arseenipäästöt ovat pienentyneet. Suomessa päästötilanne on eurooppalaisittain hyvä. Huomattavia arseenimääriä voi olla edelleen erityisesti vanhojen puunkyllästämöjen maaperässä.

Arseenia esiintyy luontaisesti Suomen kallioperässä. Laajin arseenialue on Tampereen–Hämeenlinnan seudulla. Kallio- ja maaperästä arseenia voi liueta pohjaveteen. Arseenialueilla asuvista porakaivovesien käyttäjistä yli kymmenesosa voi altistua haitalliselle määrälle arseenia. Keskimäärin suomalaisten arseenialtistus on kansainvälisesti verrattuna hyvin vähäistä.

Kiviainestuotanto ja maarakennus voivat lisätä paikallista arseenialtistusta niillä alueilla, missä kallio- ja maaperässä on paljon arseenia. Mahdollisia altistusreittejä on useita: ilmaan nouseva pöly, arseenipitoisen maan paljastuminen ja arseenin liukeneminen pinta- tai pohjavesiin. Riskejä arvioitaessa otetaan huomioon eri työvaiheet, toiminnan laajuus, luonnonolot ja seudun maankäyttö.

Haitat voi torjua hyvällä riskinhallinnalla ja käyttämällä parasta käyttökelpoista tekniikkaa. Useat lait, kuten ympäristönsuojelulaki, maa-aineslaki, terveydensuojelulaki ja maankäyttö- ja rakennuslaki, säätelevät kiviainestuotantoa ja maarakennusta. Isoihin hankkeisiin sovelletaan ympäristövaikutusten arviointimenettelyä.

Asrocks-tutkimushanke selvitti arseeniriskiä ja sen hallintaa. Hankkeessa tutkittiin Tampereen–Hämeenlinnan seudun kiviainestuotannosta ja maarakentamisesta syntyvää arseeniriskiä. Tulokset osoittavat, ettei arseeni aiheuta riskiä alueen ihmisille ja ekosysteemeille.

Suomessa arseenia on vähän verrattuna moneen muuhun maahan. Keski- ja Etelä-Euroopan maaperässä on keskimäärin paljon enemmän arseenia kuin Pohjoismaissa. Asrocks-hankkeessa selvitettiin tiettävästi ensimmäisenä maailmassa, miten arseeni liukenee ja kulkeutuu kiviainestuotannossa ja maarakentamisessa. Tuloksia ja niiden pohjalta luotua ohjeistusta voidaan soveltaa muissa maissa, joissa arseeniriski on suurempi kuin Suomessa.

Abstract

Arsenic is a toxic and carcinogenic substance with inorganic compounds being most hazardous. Arsenic products were formerly used as colouring agents or as medicine and more recently in pest control and wood preservation. These uses have ceased but arsenic compounds are still used in metals and electronic industries.

Decreasing usage has been followed by less arsenic ending up in the environment. In Finland, anthropogenic arsenic emissions and leaches are small compared to other European countries. Nevertheless, considerable amounts of arsenic can still be found in the soils of former wood preservation plants.

Arsenic occurs naturally in Finnish bedrock. The largest area with higher than average arsenic concentrations is in southern Finland, around Tampere and Hämeenlinna. From soil and rock, arsenic may leach into ground water. More than 10 percent of those living in this region and using potable water from drilled bedrock wells are potentially exposed to deleterious amounts of arsenic. The mean exposure of Finnish inhabitants to arsenic is, however, diminutive in international comparison.

In areas with high arsenic concentrations in soil and bedrock, human exposure to arsenic can be locally increased by rock aggregate production and by construction activities. Possible routes of exposure include atmospheric dust, exposed earth, and leaching into ground or surface water. Risk assessment covers all steps of production while it also considers the extent of activity as well as natural conditions and local land-use.

Adverse effects can be prevented by applying good risk management practices and best available technologies. Several acts, such as Environmental Protection Act, Land Extraction Act, Health Protection Act, and Land Use and Building Act, regulate rock aggregate production and construction. Large schemes are subject to environmental impact assessment.

ASROCKS Research Project studied arsenic risks and their management in rock aggregate production and in construction sites in Tampere–Hämeenlinna region. According to the results, arsenic does not pose any risk to local people, nor to ecosystems.

In Finland and in other Nordic countries, natural environment contains only small average amounts of arsenic compared to many other regions, such as Middle and South Europe. As far as we know, ASROCKS is the first research project in the world which studied and found out how arsenic is leached and transported from rock aggregate production and from construction sites. The results of ASROCKS, and the guidelines that have been drawn from these results, can be applied in other countries where arsenic risks are more severe.

Sisällys

Saatteeksi	7
Pahamaineinen arseeni	10
Mistä arseenia voi saada?	24
Arseeni luonnossa	40
Arseeni lähtee liikkeelle	56
Tieto riskinhallinnan perustana	68
Yhteiskunta ohjaa ja säätelee	80
Haittojen vähentämiskeinoja	92
Onko arseenista Suomessa vaaraa?	102
Kirjallisuus	106
Valokuvien lähteet	107
Tietolaatikat:	
Arseenitutkimuksen kaksi kärkihanketta: Ramas ja Asrocks	9
Puunkyllästämöjä Pirkanmaalla	22
Porakaivoveden arseenipitoisuus Pirkanmaalla	31
Pullotetut mineraalivedet voivat sisältää arseenia	35
Uutta tietoa eri kivilajien arseenipitoisuuksista Tampereen–Hämeenlinnan alueella	44
Pirkanmaan peltojen arseenipitoisuus	50
Tutkimus arseenin altistusreiteistä Nokialla	62
Arvioitu ja mitattu arseenikuormitus	75
Arseeni ja ympäristövaikutusten arviointi Pirkanmaalla	89
Arseeni kaavamääräyksissä	90

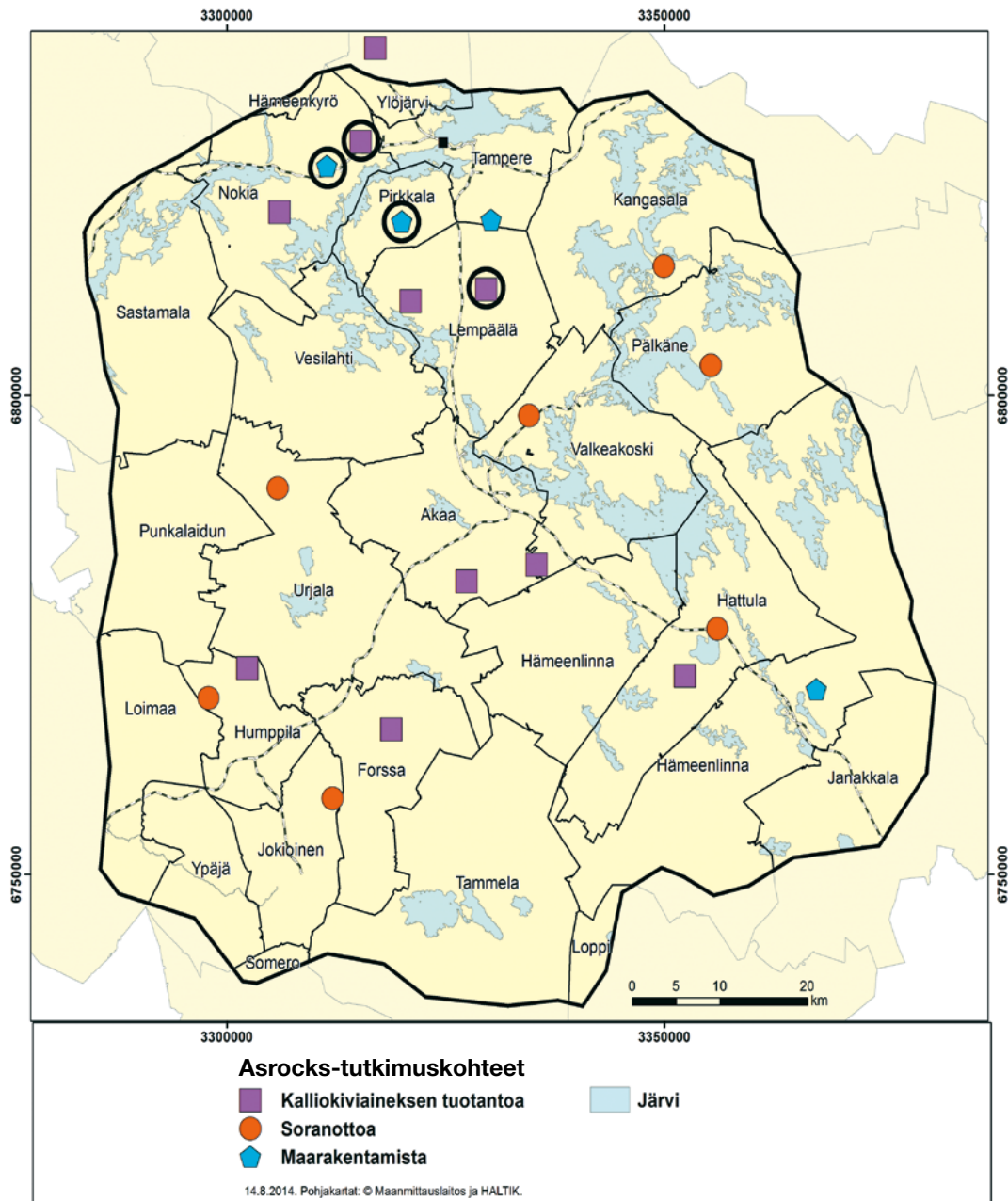
Saatteeksi

Maailma havahtui arseeniongelmaan 1990-luvun alussa, kun tutkijat löysivät yhteyden eräiden syöpälajien ja runsaasti arseenia sisältävän juomaveden välillä. Suomessa toimittiin nopeasti: arseenipitoista vettä sisältävät porakaivot suljettiin 1990-luvulla. Ennen sulkemistaan ne ehtivät olla käytössä alle kymmenen vuotta, sillä porakaivot yleistyivät Suomessa vasta 1980-luvulla.

Kalliopohjaveden lisäksi arseenia on luontaisesti myös maaperässä. Entä jos arseenia sisältävillä alueilla tehdään maansiirtotöitä ja murskataan kallioita? Kulkeutuuko arseenia pohja- ja pintavesiin?

Asrocks-niminen EU-hanke selvitti asian Tampereen–Hämeenlinnan alueella vuosina 2011–2014. Tässä kirjassa kerrotaan Asrocks-hankkeen tärkeimmät tulokset ja lisäksi taustatietoja arseenista jäämies Ötzistä alkaen.

Suomi on edelläkävijä: juomaveden arseeniongelman nopean hoitamisen lisäksi olemme nyt ensimmäisinä antamassa ohjeita siitä, miten arseeniriski pitää ottaa huomioon kiviainestuotannossa. Esimerkiksi Keski- ja Etelä-Euroopassa arseenia on maaperässä keskimäärin enemmän kuin Suomessa. Suomessa laadittua ohjeistusta voidaan soveltaa muualla maailmassa, jossa ei vielä ole edes herätty tähän uuteen arseenin aiheuttamaan ongelmaan.



Asrocks-hankkeen tutkimuskohteet. Neljä tarkempaan tutkimukseen valittua kohdetta on ympyröity.

Sisältää Maanmittauslaitoksen Maastotietokannan 03/2013 aineistoa.

Contains data from the National Land Survey of Finland Topographic Database 03/2013.

ARSEENITUTKIMUKSEN KAKSI KÄRKIHKANKETTA: RAMAS JA ASROCKS

Ramas oli vuosina 2005–2007 toteutettu kolmivuotinen arseenitutkimushanke, johon osallistui tutkimuslaitoksia ja yrityksiä. Nimi "Ramas" tulee hankkeen englanninkielisestä nimestä (*Risk Management Procedure for Arsenic in the Tampere Region*). Hanke selvitti arseenin esiintymistä ja arvioi siitä mahdollisesti koituvaa terveys- ja ympäristöriskiä Pirkanmaan alueella. Hanke sai rahoitustukea EU:n Life Environment -ohjelmasta.

Niin ikään kolmivuotinen Asrocks-hanke toteutettiin vuosina 2011–2014. Geologian tutkimuskeskuksen koordinoimaan hankkeeseen osallistuivat Geologian tutkimuskeskuksen lisäksi Tampereen teknillinen yliopisto ja Suomen ympäristökeskus sekä seitsemän muuta osarahoittajaa. Osa rahoituksesta saatiin EU:n Life+ympäristöpolitiikka ja -hallinto -ohjelmasta.

Asrocks-hanke keskittyi Tampereen ja Hämeenlinnan seudulle. Siinä arvioitiin kiviainestuotannon, soranoton ja maarakennuksen mahdollisesti aiheuttamia arseeniriskejä kyseisellä alueella, missä arseenia esiintyy paikoitellen luontaisesti maa- ja kallioperässä. Hankkeessa tarkasteltiin myös riskinhallintaa ja sen kehittämistarpeita sekä laadittiin ohjeistus viranomaisia ja toiminnanharjoittajia varten.



Pahamaineinen arseeni





Arseeni voi herättää monenlaisia mielikuvia, mutta useimmille tulee ensimmäiseksi mieleen arsenikki ja vanhat salapoliisiromaanit. Murhien ja arseenin liittäminen toisiinsa ei ole aivan tuulesta temmattua. Arsenikkia eli arseenitrioksidia käytettiin pitkään myrkytysmurhissa, koska siitä ei yleensä jäänyt kiinni. Arseenia ei näet pystytty jäljittämään vainajasta, joten kuolinsyy jäi arvailujen varaan. Tilanne tosin muuttui jo vuonna 1836, kun brittikemisti James Marsh julkaisi menetelmän, jolla kudoksista voitiin löytää vähäisetkin arseenimäärät. Dekkarikirjailijoiden suosiossa arseeni säilyi silti pitkään.

Arsenikin valmistaminen arseenia sisältävistä mineraaleista on melko helppoa ja se osattiin jo 4000 vuotta sitten. Menetelmä perustuu yksinkertaisesti polttamiseen. Puhtaan arseenialkuaineen eristäminen on sen sijaan hankalampaa. Saksalainen dominikaanimunkki ja skolastikko Albert Suuri (Albertus Magnus) onnistui tiettävästi ensimmäisenä eristämään arseenin vuonna 1250. Ainakin hän oli ensimmäinen, joka kirjasi saavutuksensa muistiin.

Arseeni on niin sanottu puolimetalli eli metalloidi, jolla on joitakin muttei kaikkia metallin piirteitä. Kemiallisilta ominaisuuksiltaan se muistuttaa eniten fosforia, jonka kanssa se kuuluukin samaan alkuaineryhmään. Muutama vuosi sitten tiedemaailmaa kohahdutti uutinen, jonka mukaan eräistä erittäin arseenipitoisista järvistä löydetty bakteerit pystyisivät korvaamaan DNA-

ketjunsä fosforin arseenilla. Väite jäi näyttämättä toteen, mutta uutisesta kävi hyvin jo se, että jotkin eliöt pystyvät ylipäättään elämään niinkin arseenipitoisessa vedessä. Ovathan arseeni ja monet sen yhdisteet – muutkin kuin arsenikki – tunnetusti myrkyllisiä sekä ihmiselle että monille eliöille.

Monenlaisia terveyshaittoja

Arseenin myrkyvaikutus perustuu pääosin siihen, että aine estää soluhengityksen. Jos annos on tarpeeksi suuri, seuraa välitön kuolema, mutta pienetkin määrät ovat haitallisia, jos niitä saadaan jatkuvasti. Arseeniyhdisteet lisäävät myös muun muassa myrkyllisen vetyperoksidin tuotantoa, mikä voi ennen pitkää johtaa solukuolemiin ja elinvaurioihin. Arseenin tiedetään aiheuttavan syöpää. Kansainvälinen syöväntutkimuskeskus IARC luokittelee arseenin ja sen yhdisteet ensimmäisen luokan karsinogeeneiksi.

Arseenin muut terveysvaikutukset voivat ilmetä hyvin moninlaisina. Ne voivat kohdistua ruoansulatuskanavaan, verenkiertoon, maksaan, munuaisiin, hermostoon ja muihin herkkiin kudoksiin sekä sydämeen.

Vaikutukset näkyvät yleensä ensimmäisenä ihossa, joka voi sarveistua liikaa tai johon voi syntyä pigmenttihäiriöitä. Viktoriaanisella ajalla arseenia käytettiin ihon vaalentamiseen. Altistumisen kasvaessa on todettu ääreisverenkierron häiriöitä, kuten raajojen kärkiosien sinerrystä eli akrosyanoosia, sekä sormien valkoisuutta eli Raynaudin syndroomaa. Arseeni voi myös kohottaa verenpainetta ja aiheuttaa lihaskrampeja. Lievä altistuminen arseenille saattaa vahvistaa immuunipuolustusta, mutta suuret annokset heikentävät sitä. Arseenilla on arveltu olevan yhteyttä lisääntymishäiriöihin, mutta näistä vaikutuksista ei ole selvää näyttöä.



Jo vähäisenkin juomaveden arseenipitoisuuden, 10–100 mikrogrammaa litrassa, on todettu lisäävän kuolleisuutta sydän- ja verisuonitauteihin, diabetekseen ja munuaissairauksiin. Ihomuutoksia on havaittu, kun jatkuvasti käytetyn juomaveden pitoisuus on 50 mikrogrammaa litrassa tai enemmän. Useimmat tutkimuksien todettut terveyshaitat liittyvät selvästi suurempiin juomaveden arseenipitoisuuksiin (yli 200 mikrogrammaa litrassa). Hengitysteitse saadun arseenin ei ole havaittu aiheuttavan ihosairauksia mutta kylläkin ääreishermoston häiriöitä.

Myös eläimet ja kasvit kärsivät

Arseeni on myrkyllistä myös monille eläimille ja kasveille. Sen haitallisuutta eliöille, eliöyhteisöille ja ekosysteemeille – eli niin sanottua ekotoksisuutta – on tutkittu käyttäen koe-eliöinä mikrobeja, kasveja ja eläimiä. Tulokset vaihtelevat sen mukaan, mitä vaikutusta on tarkasteltu. Vähäisemmät pitoisuudet voivat heikentää eliöiden kasvua, elintoimintoja ja lisääntymistä, suuremmat johtavat jo kuolemaan. Näiden kahden vaikutuksen välinen pitoisuusero voi olla alle kolminkertainen tai yli kymmenkertainen, eliöstä riippuen.



Herkkyyks arseenille vaihtelee suuresti lajista toiseen. Parhaiten arseenia sietävät jotkin bakteerit, joista osa jopa käyttää arseenia aineenvaihdunnassaan. Myös eräät muut eliöt saattavat vähitellen sopeutua elämään arseenipitoisessa ympäristössä. Tällaista sopeutumista on havaittu ainakin lieroilla ja joillakin planktonlevillä. Vesieliöissä on toisaalta myös lajeja, jotka ovat hyvin herkkiä pienillekin arseenipitoisuuksille. Ne alkavat nopeasti kärsiä, jos veden arseenipitoisuus kasvaa edes vähän.

Arseenin myrkyllisyys on kiinni myös ympäristöoloista. Siihen voivat vaikuttaa lämpötila, veden happamuus, maaperän rae-
koko, humuksen määrä ja fosfaattipitoisuus. Jälkimmäinen selittyy sillä, että fosfaatit kilpailevat menestyksekkäästi arseenin ja sen yhdisteiden kanssa sitoutumispaikoista maassa ja kasvien juurissa. Jos fosfaatteja on niukasti, arseenille jää tilaa ja se pääsee näin tunkeutumaan eliöihin.

Karkearakeisissa maalajeissa sitoutumispaikkoja on vähemmän kuin hienorakeisissa maissa. Karkeissa maalajeissa arseeni on toisaalta helpommin kasvien saatavissa ja siten vahingollisempaa. Jos kasvi saa liikaa arseenia, sen lehtiin tulee punaruskeita pilkkuja, juuret kellastuvat tai ruskettuvat ja uudet lehdet lakastuvat. Myrkyllisiä ovat jo pitoisuudet 5–20 mg/kg, mikä tarkoittaa, että arseenin osuus kasvin painosta on 0,05–0,2 promillea. Arseenia saattaa olla enemmän juurissa kuin kasvin muissa osissa, sillä vain osa juurten ottamasta arseenista kulkeutuu varteen ja lehtiin.

Arseeni ei sanottavasti kerry kasveihin tai eläimiin – toisin kuin esimerkiksi elohopea ja eräät muut ympäristömyrkyt. Esimerkiksi lieroissa ja simpukoissa, jotka nielevät tai suodattavat sisäänsä arseenipitoista maata tai sedimenttiä, on kuitenkin havaittu elinympäristöään suurempia arseenipitoisuuksia. Niiden kudoksista voi löytää melko isojakin määriä arseenia.

Yhdisteiden myrkyllisyys vaihtelee

Arseenin myrkyllisyyden arviointia mutkistaa entisestään se, että aineella on luonnossa monia esiintymismuotoja, joista toiset ovat myrkyllisempiä kuin toiset. Maassa tai vedessä tapahtuvat muutokset ja reaktiot, kuten happamoituminen, saostuminen ja liukeneminen, voivat muuttaa arseenin muodosta toiseen.

Arseenin yhdisteistä myrkyllisimpiä ovat sellaiset epäorgaaniset yhdisteet, kuten juuri arsenikki, joissa on hapetusasteeltaan kolmen arvoista arseenia (As^{3+}). Arseenia esiintyy yleisesti myös viiden arvoisena (As^{5+}). Tässä muodossa arseeni ei ole yhtä haitallisia kuin kolmen arvoisena, joskin myös viiden arvoiset arseeniyhdisteet luokitellaan syöpävaarallisiksi. Joidenkin mikrobien on havaittu sietävän viiden arvoista arseenia sata kertaa suurempina annoksina kuin kolmen arvoista arseenia.

Arseenia tavataan lisäksi orgaanisina yhdisteinä – eli sitoutuneena hiilivetyihin, joita elollinen luonto on pullollaan. Nämä yhdisteet ovat selvästi haitattomampia kuin epäorgaaniset arseeniyhdisteet. Ne muuntuvat elimistössä epäorgaanisia yhdisteitä vähemmän ja myös poistuvat sieltä nopeammin. Osa ruoan sisältämästä arseenista on juuri orgaanisessa muodossa. Esimerkiksi merikaloissa on pääosin orgaanista eli haitattomampaa arseenia.

Sen sijaan juomaveden arseeni on lähes pelkästään epäorgaanista ja siten haitallista. Kaivovedessä arseeni voi olla hapetusasteeltaan kolmen tai viiden arvoisena.

Epäorgaanisen arseenin myrkyllisyyttä eläimille ja ihmisille vähentää huomattavasti se, että kehoon päädyttyään aineenvaihdunta muuttaa sen vähemmän myrkylliseksi orgaaniseksi yhdisteiksi. Arseenia ei liioin kerry erityisen paljon ihmisen elimistöön.

Terveysvaikutusten suuruuteen vaikuttavat myös ihmisten henkilökohtaiset ominaisuudet kuten ikä, sukupuoli, aineenvaihdunta ja elintavat.

Arseenin haitallisuuden arviointi on siis kaiken kaikkiaan varsin mutkikasta, mikä on osaltaan vaikuttanut siihen, ettei arseenin saantirajoista ole päästy kansainväliseen yksimielisyyteen. Joitakin raja-arvoja on sentään asetettu. Maailman terveysjärjestö WHO suosittaa juomaveden arseenipitoisuudeksi enintään kymmenen mikrogrammaa litrassa. Suositus on otettu käyttöön Suomessa; terveydensuojelulain perusteella on määritelty, että litrassa talousvettä saisi olla enimmillään 10 µg arseenia.

Arseeni kelpaa moneen

Jos arseeni on tunnettu jo vuosituhansien ajan, niin epäilemättä aineella on ollut myös käyttöä – muussakin kuin vihamiesten eliminoinnissa. Tärkein varhainen käyttömuoto liittyy metallien valmistukseen. Varhaispronssikaudella, joka alkoi Balkanilla lähes 4000 vuotta ennen ajanlaskun alkua, arseenia lisättiin kupariin, jotta metallista tulisi kovempaa. Näin saatiin niin sanottua arseenipronssia. Sitä saattoi tosin syntyä myös vahingossa, koska kuparimalmissa on usein epäpuhtautena arseenikiisua. Tinaa sisältävää ”oikeaa pronssia” alettiin valmistaa vasta myöhemmin pronssikaudella.

Arseenin myrkyllisyys tunnettiin varhain. Monilla myrkyllisillä aineilla on ollut ihmiskunnan historiassa lääkinnällistä käyttöä, niin myös arseenin yhdisteillä. Antiikin Kreikassa arseenivalmisteilla hoidettiin haavoja, syyhyä ja muita ihotauteja sekä hädettiin satiaisia. Sitä käytettiin myös kasvaimien, syylien ja ihokarvojen poistoon. Pihkan kanssa poltetulla arseenisavulla lääkittiin yskää, ja hunajaan lisätyn arseenin väitettiin auttavan äänen käheyteen.

Kreikkalaisen lääketieteen periaatteet olivat lääkityksen ohje-
nuorana koko keskiajan ja osittain 1800-luvulle asti. Myös arsee-
nivalmisteet säilyttivät pitkään asemansa eräänlaisina yleisroh-
toina, joita suositeltiin melkein tautiin kuin tautiin. Brittikeksijä
Thomas Fowler kehitti vuonna 1786 lääkeliuoksen, joka sisälsi
noin prosentin verran arsenikkia. Fowlerin liuoksella hoidettiin
1800-luvulla muun muassa astmaa, ihottumia, psoriasista, ane-
miaa, epilepsiaa, melankoliaa, malariaa, leukemiaa ja muita
syöpätauteja. Arseenivalmisteiden käyttö leukemialääkkeenä
keksittiin uudelleen 1930-luvun alussa, ja käyttö jatkui 1950-
luvun alkuvuosiin asti.

Arseenilääkitystä käytettiin 1900-luvun alkupuolella myös kup-
pataudin hoitoon. Vuosisadan alussa kehitetyt arseenin johdan-
naiset, arsfenamiini ja neoarsfenamiini, olivat monin verroin
tehokkaampia kuppalääkkeitä kuin siihen asti käytetty eloho-
pea. Sivuvaikutuksia tietysti oli, ja arseenijohdannaisista luovut-
tiinkin kupan hoidossa pian sen jälkeen, kun penisilliini saatiin
yleiseen käyttöön toisen maailmansodan jälkeen.

Arseenin myrkyllisyyttä hyödynnettiin pitkään tuhoeläinten ja
kasvitautien torjunnassa. Hedelmäpuutarhoissa torjuttiin hedel-
mäkärpäsiä lyijyarsenaatilla, ja viininviljelijät ruiskuttivat viljel-
milleen säännöllisesti kupariarsenaatin ja kalkin seosta estääk-
seen homeen kasvua. Arsenikilla tapettiin hiiriä ja rottia, ja sitä
lisättiin kärpässyötteihin. Eläintentäyttäjät käsittelivät eläinten
nahat arsenikilla suojatakseen niitä tuhohyönteisiltä.

Arseenista valmistettiin myös väriaineita: scheelenvihreää eli
kupariarsenaattia ja pariisinvihreää (keisarinvihreää) eli kupa-
riasetoarsenaattia. Molemmat olivat hyvin myrkyllisiä, mistä
juontuu edelleen käytössä oleva käsite ”myrkynvihreä”.

Vaikka väriaineiden myrkyllisyys tiedettiin, niitä käytettiin su-
rutta maaleissa ja tapeteissa sekä olkihattujen olkien värjäämi-
seen. Scheelenvihreää ja pariisinvihreää käyttivät käytännössä





kaikki tapetinvalmistajat, koska ne olivat ainoita todella vihreitä pigmenttejä ja kaiken lisäksi halpoja. Paperitapeteista tuli niiden ansiosta iso bisnes. 1800-luvun lopussa selvisi, että kosteiden huoneiden tapettiin pesiytynyt homesieni hajotti arseenipitoista väriä, jolloin huoneilmaan joutui arseeniyhdisteitä. Asuinhuoneiden ilma siis kirjaimellisesti myrkyttyi.

Huoneilmasta saatua arseenimyrkytystä on epäilty myös Napoleonin kuolinsyyksi. Kun hallitsijan hiustenäytteistä analysoitiin tavanomaista suurempia arseenipitoisuuksia, arveltiin hänen joko joutuneen salamurhan uhriksi tai luultavammin kärsineen tapetin aiheuttamasta arseenimyrkytyksestä. Teoria on sittemmin kumottu. Napoleonin aikoihin arseenia käytettiin niin yleisesti ja moniin tarkoituksiin, että ihmiset saivat sitä kaikkialta ympäristöstä. Euroopan asukkaiden kudosten arseenipitoisuus saattoi tuolloin olla satakertainen nykypäivään verrattuna.

Käyttö jatkuu mutta vähenee

Arseenin käyttöä alettiin säädellä oikeastaan vasta 1900-luvun jälkipuoliskolla. Tosin scheelenvihreän käyttö väriaineena kiellettiin Saksan Preussissa jo vuonna 1815. Suomessakin annettiin vuonna 1888 asetus "Myrkkyjen kaupitsemisesta sekä mitä muutoin on otettava huomioon koskien myrkyllisiä aineita ja tavaroita". Sen yhtenä pontimena oli *Collegium medicum*in lausunto, jossa kehoitettiin kieltämään arseenia sisältävien myrkyllisten väriaineiden käyttö muun muassa seinäpapereissa, rullakaihtimissa ja leikkikalussa. Näin tapahtuikin.

Asetus ei sen sijaan puuttunut arseenin käyttöön maatalouden torjunta-aineena. Vaaraa ei pidetty suurena ulkotiloissa, missä tuuli puhalsi arseenihöyryt pois ja sade huuhtoi peltoja. Suomessa arseenivalmisteiden käyttö torjunta-aineena jäi tosin lyhyeksi. Se alkoi toden teolla vasta 1920-luvulla ja hiipui vuosisadan puoliväliin mennessä. Hedelmätarhoissa käyttö jatkui pidempään. Vielä vuonna 1949 julkaistussa teoksessa *Omenanviljely* (kirj. Väinö Lehtonen) annetaan yksityiskohtaisia ohjeita lyijyarsenaatin – tai vaihtoehtoisesti sinkkiarsenaatin – käytöstä omenapuiden ruiskutuksissa.

Arseenipitoisten ”myrkkymaalien” valmistus päättyi lopullisesti 1950-luvulla, mutta samaan aikaan puutavaraa alettiin kyllästä arseenia, kuparia ja kromia sisältävillä suolakyllästeillä eli CCA-kyllästeaineilla. CCA-kyllästeiden suosio kasvoi nopeasti,




PUUNKYLLÄSTÄMÖJÄ PIRKANMAALLA

Puunkyllästämöt, joissa on käytetty CCA-kyllästeitä ovat osoittautuneet arseenin päästölähteeksi myös Pirkanmaalla. Ongelma on suurin vanhoilla kyllästämöalueilla. Niissä CCA-käsiteltyä puuta saatiin varastoida suoraan maan päälle, jolloin kyllästettä pääsi imeytymään maahan. Maaperän arseenipitoisuudeksi on tälläisellä alueella mitattu jopa 6,7 grammaa kilossa maata.

Pirkanmaan alueella on tiedossa parikymmentä aluetta, joissa on ollut puunkyllästystoimintaa ja joiden maaperä on pilaantunut. Niiden maaperässä on arseenin ohella myös kromia ja kuparia. Kaksi kyllästämöistä on toiminut vedenhankintaan tärkeällä pohjavesialueella.

Ruoveden Kautun kyllästämö sijaitti paitsi ykkösluokan pohjavesialueella, myös lähellä asutusta ja vedenottamoita. Se oli toiminnassa vuosina 1960–1968. Alueen maaperän arseenipitoisuudet vaihtelevat. Enimmillään maa-kilosta on löydetty 4,2 grammaa arseenia, vähimmillään 0,066 grammaa. Moreenimaan luontaiseksi arseenipitoisuudeksi on Pirkanmaalla määritetty keskimäärin 0,026 grammaa kilossa.





ja niitä käytettiin ylivoimaisesti eniten, kun tarvittiin kosteudenkestävää puuta – olipa kyseessä puhelinpylväs, terassilauta tai laituritolppa. Kyllästeessä oli arseenia enimmillään 45 prosenttia, ja kyllästetyn puun painosta jopa kymmenesosa saattoi muodostua kyllästeaineista.

CCA-kyllästeiden käyttöä rajoitettiin Suomessa vuonna 1996, mutta kokonaan niistä luovuttiin vasta vuonna 2007. Käyttökielto perustuu EU-direktiiviin. CCA-kyllästeet on korvattu pelkkää kuparia sisältävillä C-kyllästeillä tai kuparia ja kromia sisältävillä CC-kyllästeillä.

Suomessa toimi 1900-luvulla lukuisia CCA-puunkyllästäjä ympäri maata. Kyllästysaineen haitallisuutta ei aiemmin tunnettu kunnolla, eikä aineen käsittelyssä osattu noudattaa varovaisuutta. Niinpä kyllästysaineita pääsi usein valumaan tai tipumaan märistä tukeista maahan. Kyllästettyä puuta käsiteltiin niin ikään huolimattomasti. Hylätty puutavara saatettiin jättää lahoamaan paikoilleen tai polttaa, jolloin arseenia joutui maahan tai ilmaan.

Suomessa arvioidaan olevan lähes 200 suolakyllästeiden pilaamaa maa-aluetta. Niistä joitakin on ryhdytty puhdistamaan, mutta moni odottaa vielä tarkempaa tutkimusta ja puhdistustoi-
mien aloittamista.

Arseenia käytetään edelleen metalliteollisuudessa, kun valmistetaan tiettyjä erikoismetalliseosteita, varsinkin lyijy- ja kupariseosteita. Sitä on viime vuosikymmeninä käytetty – ja osin käytetään yhä – myös elektroniikkakomponenteissa, kuten puolijohteissa, arseeniseostetuissa piikiekoissa ja aurinkokennoissa. Pieniä määriä arseenia kuluu laboratorioissa sekä metallien pintakäsittelyssä.

Mistä arseenia voi saada?





Itävallan Tirolista löydettiin syyskuussa 1991 muumioitunut vainaja, jonka iäksi määritettiin noin 5300 vuotta. Löytöpaikkansa Ötztalin mukaan Ötziksi ristitty ”jäämies” oli siis elänyt vuoden 3300 tienoilla ennen ajanlaskumme alkua. Mies kuoli luultavasti selkään ammuttuun nuoleen, joka upposi syväälle lihaan ja aiheutti ehkä verenmyrkytyksen tai verenhukan.

Kun Ötziä tutkittiin tarkemmin, selvisi, että hänen hiuksensa sisälsivät poikkeuksellisen paljon kuparia ja arseenia. Ötziin oli siis täytynyt altistua näille alkuaineille, ja altistuminen oli luultavasti kestänyt pitkiä aikoja. Johtopäätös oli selvä: mies oli mitä ilmeisimmin kupariseppä. Mikään muu ei voisi selittää sitä, että tuhansia vuosia sitten elänyt ihminen oli saanut kehoonsa niin paljon kuparia ja lisäksi myös arseenia, jota on kuparimalmissa usein epäpuhtautena.

Varsinainen uutinen tutkijoille oli, että kuparin työstäminen hallittiin noilla seuduilla jo 5300 vuotta sitten. Se tarkoitti, että pronssikausi oli alkanut siellä aiemmin kuin luultiin. Mitään kiistaa asiasta ei syntynyt, sillä Ötzillä oli mukanaan vakuuttava todiste kuparin käsittelytaidosta: hyvin säilynyt kuparikirves.

Parituhatta työntekijää altistuu arseenille

Ötzin hiuksia analysoineiden tutkijoiden oli helppo tehdä päätelmänsä miehen ammatista. Onhan jo pitkään tiedetty, että kupariteollisuudessa – samoin kuin sinkin ja nikkelin parissa – työskennelleet ovat kautta historian altistuneet arseenille. Ongelma ei ole poistunut vieläkään ja tulee vastaan myös Suomessa. Tästä kertoo se, että suurin työntekijäryhmä, joka Suomessa altistuu arseenille, ovat juuri kupariteollisuuden työntekijät.

Toiseksi suurimman ryhmän muodostivat vielä 2000-luvun alussa painekyllästämöissä työskentelevät, mutta heidän osaltaan tilanne on muuttunut, kun CCA-kyllästeistä on luovuttu. Mukaan on toisaalta tullut uusia työntekijöitä, kuten elektroniikkateollisuudessa työskentelevät. Elektroniikan komponenttien valmistuksessa käytetään nimittäin galliumarsenidia, joka kilpailee puolijohdeena piipohjaisten materiaalien kanssa. Galliumarsenidipuolijohteita käytetään erityisesti matkapuhelimissa, infrapuna-LEDeissä ja aurinkokennoissa.

Muita työntekijäryhmiä, jotka voivat altistua arseenille, ovat muun muassa nuohoojat, turvetuotannossa työskentelevät sekä arseenipitoisten jätteiden käsittelijät. Niin sanottuun Asa-rekisteriin eli ammatissaan altistuvien rekisteriin oli Suomessa ilmoitettu 2010-luvun alussa runsaat 2000 arseeniyhdisteille mahdollisesti altistuvaa työntekijää.

Työssä arsenia saadaan lähinnä hengittämällä, jolloin keuhkot altistuvat. Ulkomaisten kokemusten perusteella on päätelty, että keuhkosyövän riski alkaa kasvaa, jos ihminen työskentelee 40 vuotta paikassa, jonka ilman arseenipitoisuus on 20 mikrogrammaa kuutiometrissä. Niinpä arseenin ohjearvoksi työpaikan ilmassa on Suomessa määritetty puolta pienempi pitoisuus eli kymmenen mikrogrammaa kuutiometrissä. Se on pienin epäpuhtauden pitoisuus, jonka sosiaali- ja terveysministeriö arvioi voivan vahingoittaa työntekijää.



Työssään arseenille altistuvilla keskimääräinen altistuminen jää yleensä ohjearvoa pienemmäksi. Kuparintuotannossa työskentelevillä hengitysilman keskimääräiseksi arseenipitoisuudeksi on mitattu 6–19 mikrogrammaa kuutiossa. Kuparisulaton ilmassa on toisaalta myös muita haitallisia aineita, kuten rikkidioksidia, lyijyä ja kadmiumia. Ne voivat osaltaan lisätä sairastumisriskiä.



Arseenipäästöt vähenevät

Teollisesta toiminnasta pääsee jonkin verran arseenia myös vesistöihin ja ilmaan. Tyypillisiä päästölähteitä ovat kaivostoiminta ja metalliteollisuus, viime vuosina myös puunjalostusteollisuus. Päästöt ovat kuitenkin vähäisiä ja peräisin vain muutamasta harvasta laitoksesta.

Vesistöihin voi valua arseenia myös kaatopaikoilta ja pilaantuneilta maa-alueilta. Ilmaan sitä pääsee ennen muuta energiantuotannosta, sillä kivihiili sisältää usein epäpuhtautena arseenia. Luontaisesti arseenia tulee ilmaan pieninä hiukkasina tulivuorten purkauksista.

Koko Suomen arseenipäästöt vesistöihin ja ilmaan ovat pienentyneet murto-osaan parin vuosikymmenen takaisista määristä. Nyt puhutaan vain muutamista tonneista, kun vielä 1990-luvun alussa ilmaan joutui yli 30 tonnia ja vesistöihinkin noin seitsemän tonnia arseenia vuodessa.

Päästötilanne on hyvä verrattuna useimpiin muihin Euroopan maihin. Samoin on laita arseenilaskeuman, joka on Suomessa

hyvin pieni ja sitä paitsi vähenee koko ajan. Ilmasta tulevaa laskeumaa on seurattu analysoimalla sammalten arseenipitoisuuksia; ne ovat pienentyneet alle puoleen viidessätoista vuodessa.

Eniten huolta aiheuttavat ”vanhat synnit”, kuten kaatopaikoille aikoinaan käärtäyt arseenipitoiset jätteet ja puunkyllästämöiltä maahan imeytynyt arseeni. Myös ampumaratojen, hylättyjen kaivosten ja vanhojen puutarhojen maaperässä voi olla arseenijäämiä. Tällainen paikallinen pilaantuminen voi aiheuttaa terveysvaaran, jos saastunutta maata käsitellään tai alueelle rakennetaan kaivoja, asuntoja, työpaikkoja, leikkipaikkoja tai puutarhoja. Siksi on tärkeää kartoittaa ja tutkia sellaiset paikat, joihin on vuosien saatossa voinut joutua arseenia tai muita haitallisia aineita.

Arseenia juomavedestä

Pilaantuminen ja päästöt eivät kuitenkaan ole Suomessa ainoa – eivätkä koko väestön kannalta edes olennaisin – arseeniin liittyvä kysymys. Suomen maa- ja kallioperässä on nimittäin arseenia aivan luonnostaan, ja suomalaiset saavat sitä ennen muuta juomavedestä. Kaivovesien arseenipitoisuudet ovat yleensä pieniä, mutta paikoin voi luontainen arseenipitoisuus ylittää sallitut rajat.

Eniten arseenia on porakaivojen vedessä. Porakaivoista nostettu vesi on yleensä ollut pitkään maan uumenissa ja vuorovaikutuksessa alueen kallioperän kanssa. Jos kallioperä sisältää arseenia, saattaa ainetta siirtyä veteen. Paljon on kiinni kallioperän laadusta, ei yksin sen arseenipitoisuudesta, vaan myös kallion ruhjeisuudesta ja muiden metallien, esimerkiksi raudan, läsnäolosta. Koska nämä ominaisuudet voivat vaihdella hyvinkin suppealla alueella, voi naapurusten porakaivoista löytää aivan erilaisia arseenipitoisuuksia.

Rengaskaivoissa arseenia on selvästi vähemmän. Varsinkin hiekkakerrostumiin kaivetuissa kaivoissa sitä on tuskin nimeksikään. Hieman suurempia pitoisuuksia voi löytää moreenialueilta sekä niistä savimaiden kaivoista, jotka saavat vetensä savikerroksen alapuolelta. Niissäkin jäädään yleensä selvästi jälkeen porakaivovesien arseenipitoisuuksista.

Vuonna 1999 tehtiin Suomessa laaja tutkimus, jossa otettiin näytteet tuhannesta kaivosta ympäri maan. Sen mukaan 0,3 prosentissa rengaskaivovesistä ja 3,0 prosentissa porakaivovesistä arseenipitoisuus ylitti arvon kymmenen mikrogrammaa litrassa, joka on talousvedelle asetettu raja-arvo. Porakaivojen arseenipitoisuus oli tuon tutkimuksen mukaan keskimäärin kolminkertainen rengaskaivoihin verrattuna.

Vaikka tuhat kaivoa kuulostaa suurelta määrältä, se ei kuitenkaan riitä antamaan kattavaa kuvaa Suomen kaivovesistä. Näytepisteiden väliin jää herkästi alueita, joissa pohjaveden arseenipitoisuus on poikkeuksellisen suuri.

Kunnallisten vesilaitosten jakamassa vedessä arseenipitoisuus jää yleensä selvästi alle ohjearvon.

Pahempia ongelmia muissa maissa

Arseenia sisältävä juomavesi ei ole suomalainen erikoisuus. Maailmalta löytyy alueita, joissa arseenia on juomavedessä paljon enemmänkin ja joissa se aiheuttaa isoja ongelmia kansanterveydelle.

Tunnetuin esimerkki on Bangladesh. Bangladeshiin rakennettiin 1900-luvun loppupuolella noin kahdeksan miljoonaa syvää kaivoa Unicefin ja Maailmanpankin tuella. Ajatuksena oli saada väestölle puhdasta vettä ja vähentää lapsikuolleisuutta, missä myös onnistuttiin. Sittemmin kävi ilmi, että noin joka viidennessä kaivossa arseenipitoisuus ylitti raja-arvot. Arseni oli

PORAKAIVOVEDEN ARSEENIPITOISUUS PIRKANMAALLA

Maailman terveysjärjestö WHO julkisti 1990-luvun alussa hälyttäviä tuloksia Taiwanin ja Bangladeshin kaivovesien arseenipitoisuuksista ja niiden yhteydestä eräiden syöpien esiintymiseen. Suomen sosiaali- ja terveysministeriö teetti sen vuoksi tutkimuksen Etelä-Suomen kaivovesien arseenipitoisuudesta. Useat kunnat seurasivat esimerkkiä ja teettivät tarkempia selvityksiä oman kuntansa alueelta. Muun muassa Etelä-Pirkanmaalta ja Oriveden Eräjärveltä löytyi paikoitellen suuria pitoisuuksia.

Pohjaveden arseenitutkimuksia jatkettiin Pirkanmaalla Ramas-nimisessä EU-hankkeessa vuosina 2004–2007. Eniten vesinäytteitä valittiin alueilta, joiden maaperässä on keskimääräistä enemmän arseenia. Noin tuhannen näytteen perusteella havaittiin, että porakaivovesinäytteistä 22,5 prosentissa arseenipitoisuus oli suurempi kuin raja-arvoksi määritetty kymmenen mikrogrammaa litrassa. Näytteet eivät kuitenkaan jakautuneet tasaisesti ympäri Pirkanmaata vaan painottuivat niille alueille, joiden kalliopohjavedessä oli aiemmin havaittu paljon arseenia. Jos kaivot olisi valittu tasaisesti ympäri Pirkanmaata, raja-arvon ylittäviä pitoisuuksia olisi löytynyt suhteellisesti vähemmän. Enimmillään arseenia löydettiin 2230 mikrogrammaa litrassa, mutta tämä kaivo oli käytössä vain vähän aikaa.

Suomessa toimittiin nopeasti verrattuna moneen muuhun maahan. Porakaivot yleistyivät 1980-luvulla, ja arseenipitoista vettä sisältävät kaivot suljettiin 1990-luvulla. Niitä ehdittiin siis käyttää alle kymmenen vuotta.

Porakaivoveden arseenipitoisuus kannattaa analysoida, mikäli kaivo sijaitsee alueella, jossa maaperän arseenipitoisuus on tavanomaista suurempi. Suomen maaperän arseenipitoisuuksiin voi tutustua Geologian tutkimuskeskuksen avoimissa ja maksuttomissa tietokannoissa (www.gtk.fi).



lisäksi enimmäkseen kolmen arvoista eli terveydelle haitallisinta muotoa.

Kaivovettä käytetään Bangladeshissa sekä juomavetenä että riisiviljelmien kasteluun. Kuuman ilmanalan vuoksi vettä juodaan paljon, ja väestön ruokavalio koostuu pääasiassa riisistä. Unicefin arvion mukaan noin 12 miljoonaa bangladeshilaista käytti runsaasti arseenia sisältävää vettä vuonna 2006. Seuraukset näkyivät lisääntyneinä ihosyöpätapauksina ja muina terveyshaittoina.

Ongelmaan on vaikea löytää ratkaisua, sillä arseenin poistoon ei ole saatu tehokkaita ja riittävän halpoja menetelmiä, jotka soveltuisivat Bangladeshin kaltaiseen köyhään maahan. Korvaavia pohjavesivarantoja ei liiain ole. Toistaiseksi pystytään vain etsimään niitä kaivoja, joiden vedessä on paljon arseenia, ja maalaamaan niihin punaiset varoitusmerkit.



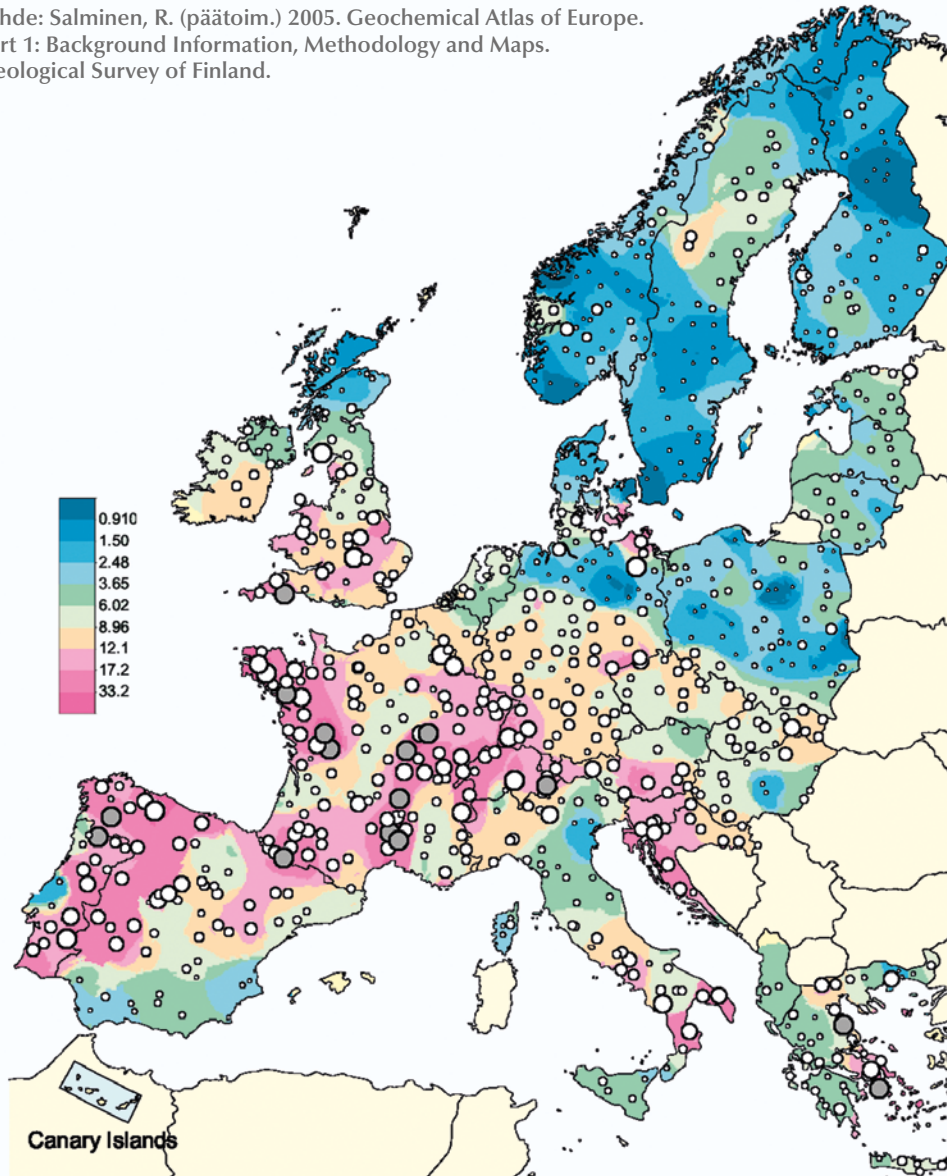


Aasian lisäksi arseeni on huomattava ongelma muun muassa latalaisessa Amerikassa. Siellä arviolta neljä miljoonaa ihmistä altistuu liian suurille arseenimäärille. Pahin tilanne on niillä tuliperäisillä alueilla, joissa juomavetenä käytetään joko erittäin arseenipitoista pohjavettä tai kraatterijärvien vettä. El Salvadorin Ilopangojärnessä veden arseenipitoisuus on useita satoja mikrogrammoja litrassa, mutta vettä käytetään siitä huolimatta sekä juomavetenä että kalankasvatuksessa.

Myös Euroopassa on vakavia arseeniin liittyviä ongelmia. Unkarin pustalla on lähes 400 kylää tai kaupunkia, joissa juomavesi sisältää WHO:n ohjearvoa enemmän arseenia. Jos katsoo Euroopan maaperän arseenipitoisuuksista tehtyä karttaa, huomaa pian, että Suomessa ja muualla Pohjois-Euroopassa arseenia on vähän verrattuna eteläisempiin alueisiin.

Alla olevassa kartassa on arseenin pitoisuus maaperässä 50–200 cm:n syvyydellä. Suomessa pitoisuudet ovat pieniä verrattuna moneen muuhun Euroopan alueeseen. Kartan värit kertovat alueen keskimääräisen arseenipitoisuuden (mg/kg). Pallukat kuvaavat näytepisteitä. Mitä isompi pallo, sitä enemmän näytteessä on arseenia. Kaikkein suurimmat pitoisuudet on merkitty harmaanruskeilla palloilla. Näyteverkko on sen verran harva, että kaikki arseenia runsaasti sisältävät alueet eivät tule kartassa esiin.

Lähde: Salminen, R. (päätoim.) 2005. Geochemical Atlas of Europe. Part 1: Background Information, Methodology and Maps. Geological Survey of Finland.



PULLOTETUT MINERAALIVEDET VOIVAT SISÄLTÄÄ ARSEENIA

Euroopan geologiset tutkimuslaitokset julkaisivat vuonna 2010 selvityksen pullotettujen mineraalivesien laadusta. Arseenipitoisuus tutkittiin 884 pullovesinäytteestä, jotka kerättiin Euroopan eri maista. Noin prosentissa näytteistä eli yhdeksässä näytteessä arseenipitoisuus oli suurempi kuin kymmenen mikrogrammaa litrassa, joka on paitsi EU-direktiivissä asetettu enimmäisraja, myös useimpien maiden kansallinen raja-arvo. Suurin analysoitu arvo oli 89,8 mikrogrammaa litrassa.

Keski- ja Etelä-Euroopan pullotetuissa mineraalivesissä oli keskimäärin enemmän arseenia kuin Pohjois-Euroopan pullovesissä. Suomalaisissa pullovesinäytteissä arseenia oli häviävän vähän. Tutkitut suomalaiset pullovedet olivat muidenkin aineiden osalta laadukkaita. Arseenitulos on mielenkiintoinen mutta kylläkin ennakoitavissa, sillä Keski- ja Etelä-Euroopan maaperässä on keskimäärin enemmän arseenia kuin Pohjois-Euroopassa. Tutkimuksen johtopäätös oli, että havaitut erot johtuvat pääosin kallio- ja maaperän luontaisista ominaisuuksista.

Tutkimuksessa selvitettiin myös, mitä muovi- ja lasipulloista liukenee veteen. Kaikista pulloista ei liennut mitään tutkituista alkuaineista, mutta keskimäärin lasipulloista liukeni enemmän kuin muovipulloista. Pulloista ei kuitenkaan liennut haitallisia alkuaineita niin paljon, että syntyisi terveysriski.



Ihminen on paikoin omilla toimillaan lisännyt maaperän arseenipitoisuuksia ja siten arseenin joutumista kaivoveteen. Esimerkiksi kaivosten rikastushiekka-alueilta voi kulkeutua arseenia pintavesiin ja pohjaveteen.

Oman ongelmansa aiheuttavat mineraalilannoitteet, jotka saattavat sisältää epäpuhtautena arseenia. Yhdysvalloissa ja Kanadassa on pitkään käytetty paljon arseenia sisältäviä, Chilestä peräisin olevia fosfaattilannoitteita. Niinpä peltomaahan on siellä vuosien varrella kertynyt arseenia. Nyttemmin nämä maat ovat asettaneet rajoituksia sille, kuinka paljon lannoitteista saa vuosittain tulla arseenia yhdelle peltohehtaarille.

Suomessa tilanne on parempi, koska täällä on käytetty kotimaista Siilinjärven fosfaattilannoitetta, joka ei sisällä arseenia. Lannoitteiden arseenipitoisuudeksi on Suomessa säädetty enintään 25 milligrammaa kilossa kuiva-ainetta.

Pieniä arseenimääriä ruoasta

Lannoitteiden sisältämä arseeni huolettaa viranomaisia luonnollisesti siksi, että peltomaahan joutunut arseeni voi päätyä elintarvikkeisiin. Evira (elintarviketurvallisuusvirasto) on tutki-





nut Suomessa myytävien elintarvikkeiden arseenipitoisuuksia. Analyysit ovat osoittaneet, että arseenia kyllä löytyy melkein kaikista elintarvikkeista mutta todella pieniä määriä, alle 0,1 mikrogrammasta muutamaan kymmeneen mikrogrammaan elintarviketilaa kohti. Näin pienillä pitoisuuksilla ei ole merkitystä suomalaisten arseeninsaannille.

Merestä peräisin olevassa ravinnossa on yleensä runsaasti arseenia. Valtamerten kaloissa ja äyriäisissä on Kanadassa mitattu joitakin milligrammoja – eli tuhansia mikrogrammoja – arseenia kilossa elintarviketta. Saastuneimpien vesialueiden kaloilla pitoisuudet voivat olla kymmen- tai satakertaisia.

Suomessa kalojen keskimääräinen arseenipitoisuus on yleensä huomattavasti pienempi ja jää enimmilläänkin noin yhteen milligrammaan kilossa, mikä on kansainvälisesti verrattuna vähän. Suurimmat pitoisuudet on löydetty lohesta ja silakasta, etenkin suurikokoisista ja vanhoista Selkämeren silakoista.

Ravinnon arseenipitoisuus mitataan yleensä kokonaisarseenina eli tulos sisältää kaikki arseenin yhdisteet. Merikalojen kohdalla mittaustapa on harhaanjohtava, sillä valtaosa kalojen arseenista on harmitonta orgaanista arseenia. Viime aikoina on tosin esitetty epäilyjä, että kun kalaa kypsennetään, orgaaninen arseeni voi osittain hajota ja muuttua vaarallisemmaksi epäorgaaniseksi arseeniksi.

Tätä nykyä maailmalla kohistaan eniten riisin sisältämästä arseenista. Näyttää siltä, että ainakin osassa kaupattavasta riisistä arseenipitoisuudet ovat selvästi koholla ja voivat olla yli 200 mikrogrammaa kilossa. Analyysit ovat osoittaneet, että riisin arseenista huomattava osa on epäorgaanisessa muodossa ja siis haitallista. Kohonneita arseenipitoisuuksia on löydetty myös Yhdysvalloissa viljelystä riisistä – ei siis pelkästään Bangladeshista tai muualta Kaakkois-Aasiasta tuoduista riisieristä.



Suomalaisten arseeninsaannille riisin sisältämällä arseenilla ei ole paljon merkitystä, koska riisiä ei yleensä syödä päivittäin eikä se ole pääasiallinen ravinnon lähde.

Suomalaisten arseenialtistus vähäistä

Suomalaisten arseenialtistus on kaiken kaikkiaan vähäistä verrattuna moneen muuhun maahan. Kansanterveyslaitos on arvioinut, että suomalaiset saavat ravinnosta ja juomavedestä 10–20 mikrogrammaa arseenia päivässä. Kun saanti jaetaan ihmisten keskipainolla (70 kg) ja otetaan vielä huomioon muut koko väestöön vaikuttavat arseenin lähteet, saadaan niin sanotuksi tausta-*altistumiseksi* 0,29 mikrogrammaa painokiloa kohti päivässä, mikä on huomattavan vähän ja alittaa kirkkaasti kaikki riskirajat.

Tausta-*altistumisen* päälle tulevat sitten paikallisista oloista, elintavoista tai muista seikoista johtuvat lisäkuormat. Lisä*altistumista* voi aiheuttaa esimerkiksi poikkeuksellisen arseenipitoisen juomaveden käyttö tai tavanomaisesta poikkeava ruokavalio.

Eniten arseenille voivat *altistua* ne suomalaiset, jotka saavat juomavetensä arseenia sisältäviin kallioihin tehdyistä porakai-voista. Yksi runsaasti arseenia sisältävä vyöhyke on Tampereen–Hämeenlinnan alueella. Siellä asuvista porakaivovesien käyttäjistä yli kymmenesosa voi *altistua* haitalliselle määrälle arseenia. Tällä alueella sijaitsevien porakaivojen vesi onkin syytä tutkituttaa arseenin varalta.

Haitta voi ilmetä lisääntyvinä syöpätapauksina. 1990-luvulla tehdyssä, koko Suomen kattavassa tutkimuksessa saatiin viitteitä siitä, että juomaveden arseeni voi aiheuttaa virtsarakon syöpää. Samankaltaisia tuloksia on saatu myöhemmistä epidemiologisista tutkimuksista, mutta asiaan liittyy yhä paljon epävarmuutta. Tämä vaikeuttaa riskinarviointia ja saantirajojen asettamista.

Arseeni luonnossa





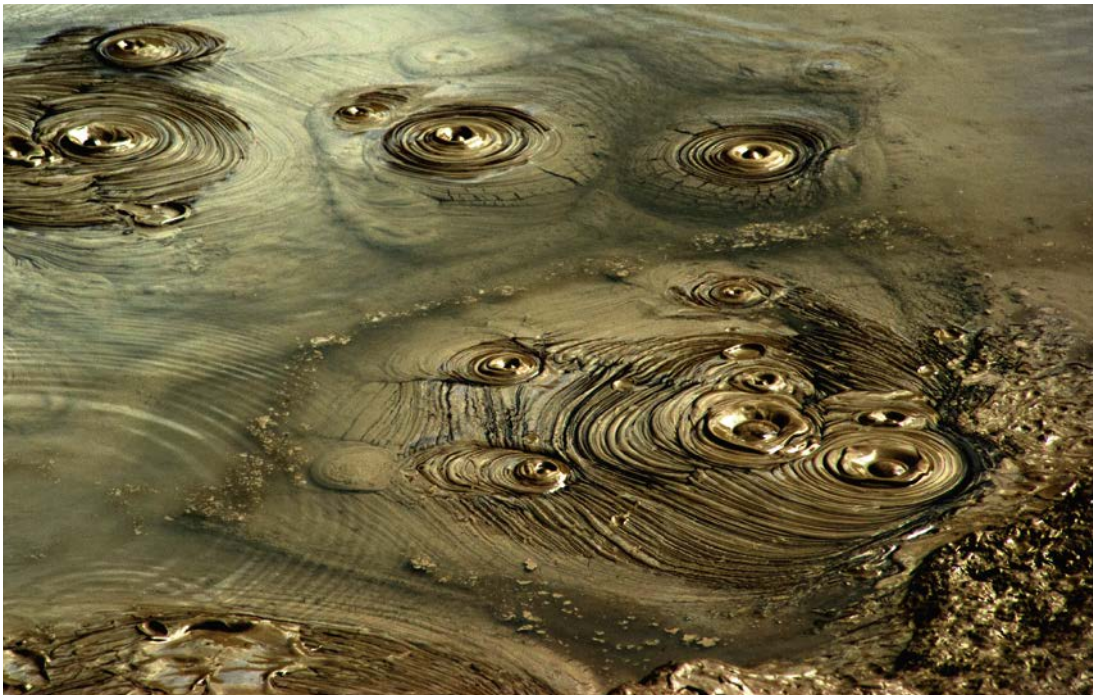
Arseeni on maankuoren 53. yleisin alkuaine – tai ainakin suunnilleen 53. yleisin, sillä sijoitus vaihtelee sen mukaan, keneltä tutkijalta asiaa kysytään. Maankuoren keskimääräiseksi arseenipitoisuudeksi arvioidaan 1,5–2 milligrammaa kiloa kohti. Se tarkoittaa, että maan uumenissa lymyää vähintään biljoonia tonneja arseenia. Vain häviävän pieni osa tästä valtavasta arseenimäärästä on kallioperän pintaosissa, mistä se voi kulkeutua ihmisten elinympäristöön: pintamaahan, vesiin, ilmakehään ja elolliseen luontoon.

Maailman suurimmat luontaiset arseenipitoisuudet on löydetty vulkaanisilta alueilta: tulivuorten kaasusta ja kuumista lähteistä. Kuumissa lähteissä arseenia voi olla niin paljon, että altaiden laidoille saostuu oransseja arseenisulfideja.

Aiemmin ajateltiin, että kuumien lähteiden sisältämät arseeniyhdisteet edistävät terveyttä. Nyttemmin osa vanhoista terveyslähteistä on suljettu juuri arseenin vuoksi. Esimerkiksi Japanissa ihmiset ovat tavanneet kylpeä kerran vuodessa pyhillä, kuumia rikkihöyryjä tupsauttelevilla vulkaanisilla alueilla, joiden maaperä sisältää rikin lisäksi raskasmetalleja ja arseenia. Uskomuksen mukaan höyryjen hengittäminen puhdistaa keuhkot. Haittapuolena on, että höyrykopissa vietetyn yön jälkeen vaatteisiin on syöpynt reikiä.

Vulkaanisten alueiden suuret arseenimäärät ovat seurausta maankuoren prosesseista. Kun kivisula alkaa jähmettyä ja eriytyä eri kivilajeiksi, arseenia pyrkii kertymään maankuoren yläosiin. Sieltä sitä tupruaa ilmaan tulivuoren purkautuessa tai liukenee veteen, kun vesi virtailee kuumien kiviaineksen lomassa.

Maapallon tulivuoret syöksevät vuosittain ilmaan noin 3000 tonnia arseenia. Toinen ilmakehän tärkeä arseeninlähde on mikrobitoiminta. Se vapauttaa ilmaan arviolta 20 000 tonnia haihtuvia orgaanisia arseeniyhdisteitä vuodessa. Fossiilisten polttoaineiden poltto päihittää nämä molemmat luontaiset lähteet, sillä siitä pääsee ilmakehään suunnilleen 80 000 tonnia arseenia vuodessa.



Kallioperän arseeni

Myös Suomessa arseenia esiintyy kallioperässä eniten siellä, missä on muinoin ollut tulivuoritoimintaa. Samoilta alueilta on usein rikastunut myös kultaa. Malmiesiintymien tienoilla voi olla monin verroin enemmän arseenia – jopa tuhatkertaisesti – verrattuna niitä ympäröivään kallioperään. Tämä tarkoittaa, että malmikaivoksista nostetussa kiviaineksessa, myös niin sanotussa sivukivessä, jota ei hyödynnetä lainkaan, saattaa olla huomattavia määriä arseenia. Vanhat kaivokset ja niiden jätealueet ovat siis mahdollisia riskikohteita.

Suomen laajin arseenialue on Tampereen–Hämeenlinnan seudulla. Samalla vyöhykkeellä on myös varteenotettavia kultaesiintymiä ja yksi kultakaivoskin. Muita, suppeampia arseenialueita on ainakin Ilomantsissa sekä Keski-Lapin alueella Kittilässä.

Arseenia voi olla myös savesta syntyneissä liuskeissa, joilla ei ole mitään tekemistä tulivuoritoiminnan kanssa. Niissä arseenipitoisuus on kuitenkin pienempi kuin tulivuoritoiminnan synnyttämissä esiintymissä.


Koko Suomen kallioperän arseenipitoisuus on keskimäärin noin 2,7 milligrammaa kiloa kohti – siis vain aavistuksen suurempi kuin on arvioitu maankuoren keskimääräiseksi arseenipitoisuudeksi. Vain yksi tai kaksi prosenttia Suomen kallioperästä on sellaista, jossa arseenia on enemmän kuin kymmenen milligrammaa kilossa. Suurin löydetty pitoisuus on 729 milligrammaa ja pienin alle 0,2 milligrammaa kiloa kohti. Yleisin Suomessa esiintyvä arseenimineraali on arseenisulfidi eli arseenikiisu. Muitakin arseenimineraaleja on, mutta vain pieniä määriä.

UUTTA TIETOA ERI KIVILAJIEN ARSEENIPITOISUUKSISTA TAMPEREEN- HÄMEENLINNAN ALUEELLA

Arseenia esiintyy monissa kivilajeissa, ja sama kivilaji voi sisältää joissakin paikoissa paljon enemmän arseenia kuin toisissa paikoissa. Pirkanmaalla suurimmat pitoisuudet on löydetty gabrosta, joka on syvällä maankuoressa kiteytynyt tumma ja karkearakeinen kivilaji. Gabron arseenipitoisuus oli Asrocks-hankkeen tutkimusaineistossa suurempi kuin muiden tutkittujen kivilajien arseenipitoisuus.

Myös vulkaanisissa kivissä – niin emäksisissä kuin happamissakin – on jonkin verran arseenia. Vulkaaniset kivet ovat gabrosta poiketen syntyneet maan pinnalle purkautuneesta kivilavasta.

Savesta monien vaiheiden kautta syntynyt, syvällä maankuoressa kovassa paineessa ja lämpötilassa muokkautunut kiillegneissi voi niin ikään sisältää jonkin verran enemmän arseenia kuin muut kivilajit. Pihoissa käytettävät tummat laattakivet ovat juuri kiillegneissiä. Tampereen itäpuolella, Orivedellä, on useita kivilouhoksia, joista louhitaan kiillegneissiä pihakiviksi. Kiven mahdollisesta pienestä arseenipitoisuudesta ei ole tässä käytössä mitään haittaa.



Suomessa ainoastaan yksi kaivos, Ylöjärven kupari-volframi-arsenikaivos, on tuottanut arseenirikastetta. Siitäkin on yli 60 vuotta, eikä tuotanto kestänyt kuin muutaman vuoden. Arseenintuotannon loputtua louhitun malmin sisältämä arseeni päätyi kaivoksen rikastushiekka-alueelle. Osa siitä sijoitettiin myöhemmin tyhjiin kaivoskäytäviin, loput on läjitetty maan pinnalle.

Maailman suurimpia arseenin tuottajia ovat nykyisin Kiina, Chile ja Marokko. Myös Ruotsissa on tuotettu varsin suuria määriä arseenia, sillä Pohjois-Ruotsissa on huomattavia arseeniesiintymiä. Tätä nykyä koko maailmassa tuotetaan noin 44 000 tonnia arseenia vuodessa eli vähemmän kuin sitä vapautuu fossiilisten polttoaineiden poltosta.

Arseenia kulkeutuu kalliosta pohjaveteen

Suurin osa Suomen kallioperässä olevasta arseenista pysyy siellä tiukasti hamaan tulevaisuuteen. Jonkin verran arseenia siirtyy maaperään kallion pinnan rapautuessa ja hyvin pieni osa kulkeutuu kallion raoissa virtailevaan kalliopohjaveteen.

Kallioperän laatu ja rakenne sanelevat paljolti sen, kuinka paljon arseenia siirtyy pohjaveteen. Jos arseenikiisu sijaitsee kallioperän kvartsijuonissa – kallion sisällä olevissa, kvartssia sisältävissä levymäisissä muodostumissa – arseenia ei yleensä pääse liukenemaan veteen. Toisinaan arseenikiisua kuitenkin esiintyy kallioperän ruhjevöhykkeissä, jotka johtavat hyvin vettä. Rakopinnoilla oleva arseenikiisu pääsee silloin kosketuksiin veden kanssa, ja arseenia vapautuu veteen.

Iso merkitys on sillä, kuinka pitkään vesi on vuorovaikutuksissa kiviaineksen kanssa. Mitä kauemmin vesi vii pyö kalliinraoissa, sitä pidempään se ehtii reagoida mahdollisen arseenim mineraalin kanssa, jolloin arseenia ja sen yhdisteitä kertyy veteen.

Kalliopohjavesi viipyy yleensä melko kauan kallion uumenissa, mikä selittää arseenialueiden porakaivojen suuret arseenipitoisuudet. Jos porakaivoa käytetään paljon eli vettä pumpataan taajaan, veden viipymisaika kallionraoissa voi lyhetä ja arseenipitoisuus vähetä.

Maaperässä oleva pohjavesi vaihtuu yleensä nopeammin kuin kalliopohjavesi, mikä näkyy maapohjaveden pienempinä arseenipitoisuuksina. Maapohjaveden laatua voidaan tutkia ottamalla vesinäytteitä lähteistä ja rengaskaivoista. Lähteiden vesi on useimmiten viivähtänyt maassa kaikkein lyhimmän ajan, rengaskaivojen vesi taas kauemmin – nyrkkisäännön mukaan sitä pidempään mitä syvemältä kaivo saa vetensä. Tämä näkyy yleensä lähdeveden ja matalien kaivojen pienempänä arseenipitoisuutena. Viipymään vaikuttaa toki myös maalaji. Hiekka- ja sorakerrostumissa pohjavesi virtaa nopeasti, moreenimailla jonkin verran hitaammin.

Perimmältään maapohjaveden arseenipitoisuus on tietysti kiinni siitä, onko maaperässä ylipäätään arseenimineraaleja, joista voisi liueta veteen arseenia, ja miten herkästi nämä mineraalit rapautuvat.





Maaperän arseenipitoisuus vaihtelee

Maaperän arseenipitoisuuden voisi ajatella olevan suoraa seurausta siitä, kuinka paljon arseenia on maaperän alla olevassa kalliosta, onhan maaperä syntynyt pääosin kalliosta rapautumalla. Yhteys ei kuitenkaan ole kovin suora, sillä jääkauden aikainen mannerjää ja sen sulamisvedet ovat sotkeneet asioita siirtämällä maata paikasta toiseen ja lajittelemalla sitä raekoon mukaan.

Suomen yleisin maalaji on moreeni. Se on syntynyt jäätikön kuluttaessa kallion pintaa, mutta sulamisvedet eivät ole kuljettelleet ja lajitelleet sitä. Niinpä moreenissa on sekaisin raekooltaan monenlaista kiviainesta, savesta ja hiekasta särmikkäisiin lohkaraisiin. Juuri moreenimaalajit edustavat yleensä parhaiten esiintymisalueensa kallioperää. Erityisesti pohjamoreeni eli lähimpänä kallion pintaa oleva tiivis moreenipatja heijastaa melko hyvin sen alapuolella lepäävän kallion kemiallista koostumusta, koska pohjamoreeni on kulkeutunut ehkä vain satakunta

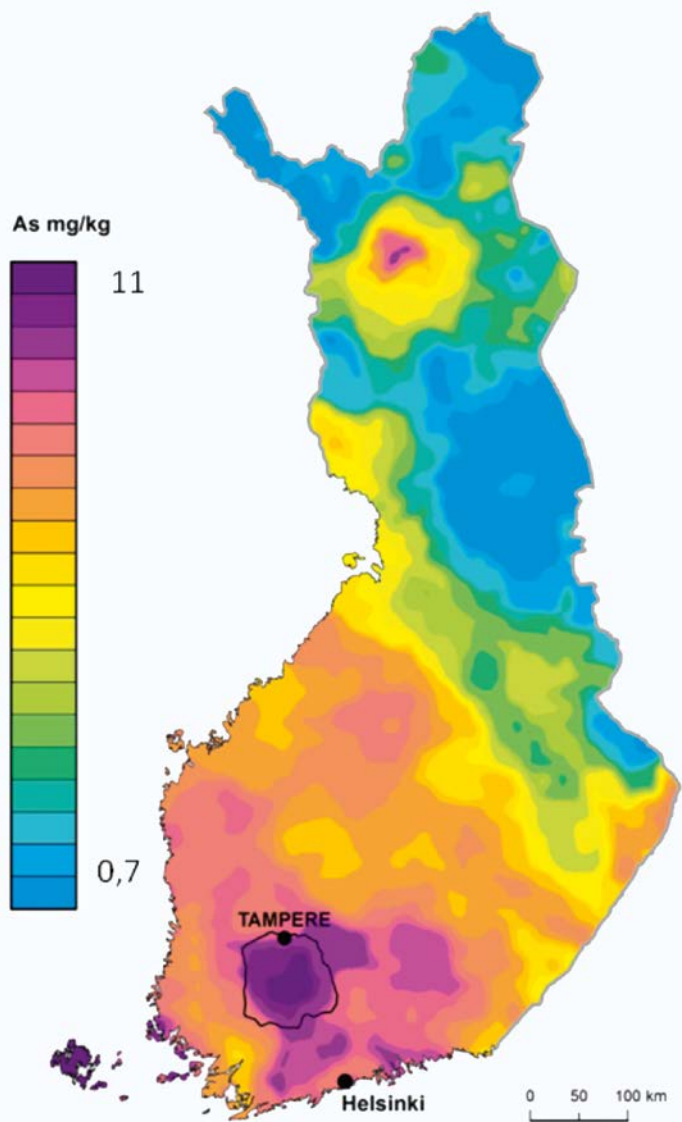
metriä syntysijoiltaan. Jos siis kalliassa on arseenia, on sitä myös lähiseudun pohjamoreenissa. Suomen maaperän suurimmat luontaiset arseenipitoisuudet onkin todettu arseenia sisältävien kallioalueiden pohjamoreenista.

Valtaosa pohjamoreenin arseenista on tiukasti sitoutunut mineraaleihin. Arseeni voi lähteä liikkeelle lähinnä kiviaineksen rapautuessa, mitä tapahtuu eniten maaperän yläosassa. Tampereen ja Hämeenlinnan seudulla tehdyt tutkimukset ovat osoittaneet, että rapautumisnopeus on siellä muuta maata suurempi ja että yhdeltä neliömetriltä on poistunut keskimäärin 0,4 milligrammaa arseenia – Tampereen alueella 0,8 milligrammaa – sitten viime jäätiköitymisen. Luvut ovat yhtä kaikki pieniä, sillä yhdessä kilossa moreenia on Pirkanmaalla keskimäärin lähes kahdeksan milligrammaa arseenia.

Veden kuljettamat ja lajittelemat maalajit, kuten sora, hiekka, siltti ja savi, edustavat laajemman alueen kallioperää kuin moreenimaat. Vaikka lajittuneiden maalajien muinaisessa emäkalliassa olisi paikoin ollut paljonkin arseenia, kulkeutuminen, lajittuminen ja sekoittuminen ovat pitäneet huolen siitä, että arseenipitoisuus on tasoittunut. Hienorakeisissa savi- ja silttimaalajeissa arseenin keskipitoisuus on yleensä moreenimaiden keskiarvoa suurempi, karkearakeisissa hiekka- ja soramaalajeissa puolestaan pienempi.

Rannikoiden savimaiden arseenipitoisuus saa selityksensä savikoiden syntyhistoriasta. Alueet ovat aiempaa merenpohjaa, johon laskeutui vuosituhansien saatossa monenlaisia aineita, myös arseenia, raskasmetalleja ja rikkiä. Pohjasedimentti toimi ikään kuin haitallisten aineiden nieluna. Meren vetäytyttyä sedimentti jäi kuivilleen muodostaen laajoja savimaita. Itämeri on aiemmin ollut nykyistä suurempi. Mäkien rinteillä näkyy toisinaan rantakivikkoa, josta voi päätellä, että meren ranta on tuhansia vuosia sitten ollut tuolla korkeudella. Korkein ranta on merkitty topografikarttoihin.





Moreenimaan arseenipitoisuus eri puolilla Suomea. Tampereen-Hämeenlinnan seutu, joka on rajattu kartassa mustalla viivalla, erottuu selvästi muuta maata suuremmilla pitoisuuksillaan. Pitoisuudet on mitattu moreenin hienoaineksesta eli siitä maaaineksesta, jonka raekokoko on alle 0,06 mm.

Lähde: Koljonen, Tapio (toim.) 1992. Suomen geokemian atlas, osa 2: moreeni. Geologian tutkimuskeskus.

PIRKANMAAN PELTOJEN ARSEENI- PITOISUUS

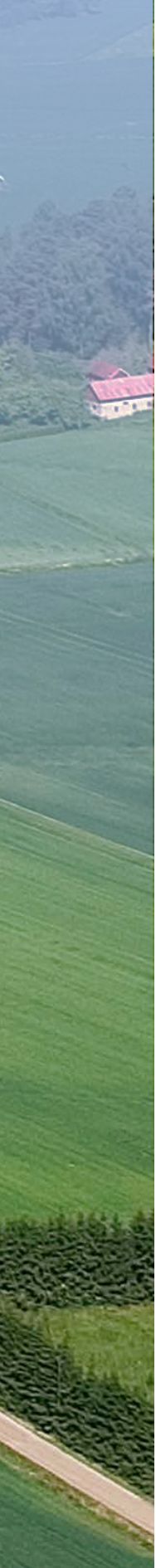
Pirkanmaan peltojen arseenipitoisuuksia on tutkittu sekä valtakunnallisten peltomaatutkimusten yhteydessä että Pirkanmaahan keskittyneessä EU-hankkeessa nimeltä Ramas.

Ramas-hankkeessa peltomaanäytteitä otettiin erityisesti niiltä Pirkanmaan alueilta, joilla moreenimaassa oli luontaisesti keskimääräistä enemmän arseenia. Tutkitut peltomaat olivat enimmäkseen seudulle tyypillisiä hiesu- tai savimaita. Niiden pintamaan kuiva-ainekilosta löydettiin arseenia 2,9–6,8 milligrammaa. Syvemmällä, muokkauskerroksen alapuolella, arseenia oli hieman vähemmän.

Tulokset ovat samankaltaisia kuin Suomen peltojen keskimääräiset arseenipitoisuudet. Pirkanmaan pelloissa on vain Suomen tavanomaisen taustapitoisuuden verran arseenia. Pientä arseenilisäystä pellot ovat kuitenkin saaneet lannoitteiden ja ilmasta tulevan laskeuman mukana. Tästä kertoo se, että arseenia on eniten pintamaassa. Löydetyistä arseenista vain noin prosentti oli liukoisessa eli kasveille käyttökelpoisessa muodossa, mikä on varsin vähän.

Vertailun vuoksi otettiin näytteitä myös peltojen läheisestä metsämaasta. Sieltä löydettiin suunnilleen saman verran arseenia kuin pelloista, paikoin jopa enemmän.





Savimaita käytetään nykyisin yleisesti viljelyyn. Jo pitkään on tiedetty, että näissä pelloissa voi olla tavanomaista enemmän sekä arseenia että eräitä muita haitallisia aineita. Suomessa tutkittiin vuosituhannen vaihteessa peltomaanäytteiden haitta-aineita eri puolilta maata. Suurimmat arseenipitoisuudet havaittiin tuolloin hienojakoisissa savi- ja silttimaissa ja varsinkin Lounais-Suomessa.

Sielläkään arseenia ei ollut erityisen paljon verrattuna Keski- ja Etelä-Euroopan peltomaihin, joita kuormittavat paitsi maaperän luontainen arseeni, myös kivihiilen ja öljyn poltosta peräisin oleva arseenilaskeuma sekä lannoitteiden mukana tuleva arseeni. Lisäksi vain murto-osa Suomen peltomaiden arseenista on liukoisessa eli kasveille käyttökelpoisessa muodossa.

Sedimentit nielevät arseenia

Arseenia laskeutuu yhä edelleen merenpohjaan. Maapallon suuressa kiertokulussa kaikki tiet eivät vie Roomaan vaan johtavat mereen. Pohjavesiin liennut arseeni, ilmasta maanpintaan laskeutunut arseeni, jokiveteen liettynyt arseenipitoinen maa-aines ja kasvien ja eläinten sisältämä arseeni kulkeutuvat ennen pitkää jotakin reittiä pitkin mereen. Siellä se vaipuu merenpohjaan – ei aina suoraan ja nopeasti vaan usein monen vaiheen ja mutkan kautta – ja hautautuu sinne.

Ei siis ihme, että merien pohjakerrostumista voi paikoin löytää melko suuria arseenimääriä, ainakin jos niitä vertaa maaperän arseenipitoisuuksiin. Eniten arseenia on maailmalla tavattu niistä merisedimenteistä, joihin kulkeutuu jokien tuomia kaivosalueiden valumavesiä. Tällaisia alueita on esimerkiksi Etelä-Espanjassa. Siellä joet ovat jo ennen roomalaisten valta-aikaa kuljettaneet vanhoilta kaivoksilta happamia vesiä, jolloin jokisuiston sedimentteihin on saostunut metallipitoisia kerroksia. Valtamerissä arseenia kertyy myös merenpohjan kuumien

lähteiden ympärille, kun lähteistä purkautunut arseeni saostuu ja vaipuu pohjaan. Jos tällaisia erityisololoja ei oteta lukuun, niin merisedimentin luontaiseksi arseenipitoisuudeksi – niin sanotuksi taustapitoisuudeksi – ilmoitetaan yleensä kymmenkunta milligrammaa kilossa kuiva-ainetta, enimmillään muutamia kymmeniä milligrammoja.

Itämeren pintasedimenteistä on mitattu samaa suuruusluokkaa olevia arseenipitoisuuksia: Suomenlahdella 14–16 milligrammaa, Itämeren päältäassa 15–23 milligrammaa ja Selkämerellä 35–63 milligrammaa kiloa kohti.

Perämeri on selvä poikkeus. Siellä sedimentin arseenipitoisuudet ovat eri tutkimusten mukaan 18–40-kertaisia taustapitoisuuksiin verrattuna. Syynä ovat luultavasti Ruotsin jokien



tuomat kaivosteollisuuden ja muun teollisuuden päästöt. Tosin Ruotsin puolella myös kallioperässä ja moreenissa on luontaisesti suurehkoja arseenipitoisuuksia. Lohdullista on se, että sedimenteistä otetut näyteprofiilit osoittavat arseenin vähentyneen Perämerellä 1980-luvun puolivälin jälkeen. Arseenin kulkeutuminen Perämereen on siis ilmeisesti pienentynyt viime vuosikymmeninä. Tämä ei sinänsä ole mikään yllätys, ovathan lähes kaikki haitallisten aineiden päästöt tunnetusti vähentyneet Pohjoismaissa sitten 1980-luvun.

Muutkaan Itämeren alueet eivät ole toki säästyneet teollisuuden päästöiltä – pikemminkin päinvastoin. Itämerta ei aiheetta kutsuta maailman saastuneimmaksi merialueeksi. Arseenia on kuitenkin nähtävästi tullut Itämereen sen verran niukasti, etteivät sedimenttien arseenipitoisuudet ole sanottavasti koholla muualla kuin Pohjanlahdella.

Järvien pohjasedimenteissä on yleensä vähemmän arseenia kuin meressä. Tämä johtuu siitä, että vesi viipyy järvessä vain vähän aikaa eikä arseenia ehdi laskeutua kovin paljon järven pohjalle. Suomen järvisedimenttien luontaiseksi arseenipitoisuudeksi ilmoitetaan kahdeksan milligrammaa kilossa. Vähiten arseenia on yleensä pienissä, alle kymmenen neliökilometrin suuruisissa järvissä, eniten taas niissä, joiden pinta-ala on 10–400 neliökilometriä.

Purojen pohjissa arseenia on vieläkin vähemmän kuin järvissä, koska vesi ei juuri viivähdä puroissa. 1990-luvulla kerättiin näytteitä yli tuhannesta suomalaisesta purosta; niissä sedimentin keskimääräinen arseenipitoisuus oli 2,9 milligrammaa kilossa kuiva-ainetta.

Arseeni eläimissä ja kasveissa

Arseeni ei tavallisesti kerry kasveihin ja eläimiin, minkä vuoksi niistä ei löydy kovinkaan suuria arseenipitoisuuksia. Eniten arseenia on yleensä merieliöissä, kuten kaloissa, simpukoissa ja kasvi- ja eläinplanktonissa. Järvissä pitoisuudet ovat pääsääntöisesti pienempiä.

Maalla kasvavat kasvit saavat arseenia sekä kasvualustasta että ilmasta tulevan laskeuman kautta. Arseenin pilaamia maa-alueita lukuun ottamatta laskeumalla on yleensä suurempi merkitys – ainakin kasvien maanpäällisten osien arseenimäärille. Arseenin luonnollinen pitoisuus kasveissa vaihtelee puolesta milligrammasta yhteen milligrammaan kuiva-ainekiloa kohti. Kovin paljon suurempia pitoisuuksia ei Suomessa ole löydetty pilaantuneiltakaan mailta, esimerkiksi kaivosalueiden sienistä.

Muualla maailmassa on tullut ilmi joitakin tapauksia, joissa kasveihin on kertynyt melkoisia arseenimääriä. Pohjois-Amerikassa kasvava douglaskuusi on tunnettu kyvystään rikastaa arseenia.



Sen neulasista on parhaimmillaan mitattu viisi grammaa eli 5000 milligrammaa arseenia kilossa. Samaa suuruusluokkaa olevia arseenipitoisuuksia on mitattu eräältä Kaliforniassa kasvavalta saniaiselta. Molemmissa tapauksissa kasvit ovat kasvaneet arseenin pilaamalla maalla.

Saastuneella teollisuusalueella kasvavista laukkaneilikoista on Englannissa löydetty useita kymmeniä milligrammoja arseenia kilossa kuiva-ainetta – suurimmat pitoisuudet juurista. Muutamaa muihinkin samaisen alueen kasveihin on kertynyt arseenia.

Myös Suomessa jotkin kasvit keräävät itseensä enemmän arseenia kuin toiset. Tällaisia kasveja ovat muun muassa lampaanrata, järvikorte, osmankäämi ja järviruoko. Niitä voitaisiin ainakin periaatteessa käyttää arseenin saastuttamien maiden puhdistamiseen.



Arseeni lähtee liikkeelle





Tulivuoritoiminta, mannerliikunnot, luontainen eroosio ja muut maapallon pintaa muokkaavat isot geologiset prosessit saivat 1900-luvun jälkipuoliskolla varteen otettavan kilpailijan ihmisestä. Jo vuonna 1980 laskettiin, että ihmiskunta siirtää monin verroin enemmän kivi- ja maamassoja paikasta toiseen kuin konsanaan luonto.

Osa laskelman tuloksesta selittyy sillä, että metsänraivaus ja maanviljely ovat kasvattaneet eroosionopeuden lähes kolminkertaiseksi. Suuri merkitys on kuitenkin myös suoraan maankamaraan kohdistuvilla toimilla: kaivostoiminnalla, kivenlouhinnalla, soranotolla, rantojen täytöllä ja ylipäätään kaikenlaisella maarakentamisella. Niiden arvioidaan siirtävän maapallolla joka vuosi 47–59 miljardia tonnia kiveä ja maata. Lukua voi verrata geologisten prosessien aiheuttamaan mannerten massan kasvuun, joka on noin 11,3 miljardia tonnia vuodessa.

Suomessa siirrellään kivi- ja maamassoja vähintään yhtä ahkerasti kuin muualla. Pelkästään soraa, hiekkaa ja kalliomursketta käytetään meillä 80–90 miljoonaa tonnia vuodessa. Henkeä kohti se tarkoittaa noin 16 tonnia vuodessa, mikä on Euroopan suurimpia asukaskohtaisia käyttömääriä. Lisäksi tulevat kaivokista nostetut kivimassat ja rakennustöissä paikan päällä siirretty maa – sekä turpeennosto, joka sekin voidaan laskea mukaan maa-ainesten ottoon.

Toiminta ei siis ole lainkaan vähäpätöistä. Se myös koskettaa tavalla tai toisella jokaista paikkakuntaa. Yhdellä kulmalla kaivetaan soraa tai louhitaan kalliota ja toisella rakennetaan tienpohjaa tai tehdään muita isoja maansiirtotöitä. Vaikka lähitienoilla ei olisi meneillään suuria hankkeita, kaivetaan jossakin naapurustossa kuitenkin talon perustuksia tai tehdään vesi- ja viemärikaivantoja taikka vain tasoitetaan maata.

Kaikki tämä myllerrys voi avata uusia reittejä, joita pitkin kiven ja maaperän arseeni pääsee kulkeutumaan ihmisten ulottuville.

Maa-ainekset ja arseeni

Soran- ja hiekanotossa arseeniongelmaa ei yleensä ole. Nämä jääkauden lajittelemat maalajit sisältävät niin vähän arseenia, ettei sitä leviä sanottavasti ympäristöön, vaikka hiekkaa kuinka pöyhittäisiin tai soraa huuhdeltaisiin vedellä.

Soran ja hiekan käyttö on sitä paitsi vähentynyt viime aikoina – ja kalliosta louhitun ja murskatun kiven käyttö vastaavasti lisääntynyt. Tätä nykyä vain reilu kolmannes Suomessa otetusta kiviaineksesta on soraa tai hiekkaa; lähes kaksi kolmannesta on kalliomursketta. Vielä parikymmentä vuotta sitten suhde oli toisinpäin.

Kehitys johtuu pääosin siitä, että käyttökelpoiset soravarat ovat alkaneet loppua varsinkin ruuhka-Suomesta. Sielläkin missä niitä vielä olisi, pohjavesien suojelu tekee kaivamisen usein hankalaksi ja kalliiksi. Kallion louhinta- ja murskausmenetelmät ovat samaan aikaan kehittyneet isoin harppauksin. Usein tulee halvemmaksi louhia esimerkiksi tiepohjan vaatima kiviaines suoraan tielinjan kalliosta kuin kuljetella sorakuormia pitkiä matkoja. Uusi tie saatetaan nykyisin varta vasten linjata niin, että matkalle sattuu sopivia kallioita louhittavaksi.



Kalliomurskeen teossa ja käytössä on kuitenkin omat ongelmansa. Niistä pahimpina pidetään louhinnan ja murskaamisen aiheuttamaa melua, pölyä ja maiseman turmeltumista sekä murskeen kuljetuksista syntyvää liikennettä.

Louhittavassa kalliiossa, toisin kuin sorassa ja hiekassa, saattaa myös olla arseenia. Silloin on mahdollista, että louhinta ja murskaus laittavat arseenin liikkeelle ja että sitä kulkeutuu pinta- ja pohjavesiin. Mahdollinen riski ei sitä paitsi rajoitu vain murskeen tuotantoon vaan seuraa mukana kaikkialle, minne arseenipitoinen murske ajetaan ja missä sitä käytetään.

Toinen riskin paikka on siellä, missä moreenimaassa on luonnostaan tai maaperän pilaantumisen takia paljon arseenia ja missä tehdään maarakennustöitä. Kun arseenipitoista maata kaivetaan, möyhitään ja työnnellään paikasta toiseen, saattaa arseenia joutua ilmaan tai veteen ja sitä kautta seudun asukkaiden – sekä ihmisten että kasvien ja eläinten – ulottuville.

Arseenin monet altistusreitit

Kallionlouhinnasta ja maan kaivamisesta vapautuva arseeni voi siirtyä ihmisiin ja eläimiin useaa eri reittiä. Kasveihin ja eläimiin arseenia näyttäisi kulkeutuvan eniten veden välityksellä. Muita mahdollisuuksia ovat kulkeutuminen suoraan möyrytystä maasta tai ilmaan joutuneesta pölystä. Ne näyttävät kuitenkin jäävän kasvien ja eläinten osalta vähemmän tärkeiksi reiteiksi kuin pintavesi, toisin sanoen maan pintaa pitkin valuva ja sieltä puroihin, jokiin, lampiin ja järviin päätyvä vesi.



Se, kuinka paljon arseenia sitten joutuu louhinta- ja kaivutöistä pintaveteen, on oma tarinansa. Asiaan näet vaikuttavat lukuisat seikat alkaen happamuusoloista ja kiviaineksessa olevan arseenin liukoisuudesta ja päätyen maaston muotoihin ja veden virtaamaan.

Myös ihmisen altistuksen kannalta pintavesi on olennainen arseenin leviämisreitti, mutta ei välttämättä tärkein. Kaikkein tärkeintä reittiä on toisaalta vaikea nimetä, koska ihmiset – toisin kuin kasvit ja eläimet – elävät varsin yksilöllistä elämää, johon voi kuulua monenlaisia toimintoja ja toimintatapoja. Kunkin ihmisen tärkeimmät altistusreitit vaihtelevatkin muun muassa sen mukaan, kuinka lähellä louhosta tai kaivualueita hän asuu tai työskentelee, mistä hän saa juomavetensä, millaista ruokaa hän syö, käyttääkö hän alueen luonnonmarjoja ja -sieniä, onko hänellä oma kasvimaata ja mitä hän ylipäätään tekee työ- ja vapaa-aikanaan.

Niin tai näin, mahdollisia altistusreittejä on joka tapauksessa enemmän kuin kourallinen. Louhinta- ja kaivutöistä liikkeelle lähtenyttä arseenia voi kulkeutua pohjaveteen ja päätyä sieltä kaivoihin. Kiven murskauksesta ja murskeen varastoinnista voi nousta ilmaan arseenipitoista pölyä, joka laskeutuu lähiseudulle tai joutuu pahimmillaan suoraan ihmisten keuhkoihin. Pölyisistä marjoista, sienistä ja vihanneksista arseeni voi kulkeutua ruoansulatuskanavaan. Lapset saattavat suorastaan syödä maata tai saada sitä ainakin suuhunsa leikkiessään. Lähivesistä pyydetty kalat ja ravut voivat sisältää pintavalunnan järveen tuomaa arseenia.

Joitakin altistusreittejä voidaan sentään sulkea pois epäolennaisina. Tutkimuksissa on esimerkiksi käynyt ilmi, että arseenipitoisen maan tai pölyn joutuminen iholle ei aiheuta olennaista arseenialtistusta. Maastosta ja vesistä otetut näytteet voivat myös tapauskohtaisesti osoittaa, ettei osalla altistusreiteistä ole juuri kyseisessä kohteessa merkitystä.

TUTKIMUS ARSEENIN ALTISTUSREITEISTÄ NOKIALLA

Nokian kaupungissa sijaitseva kivimurskeen tuotantoalue on mahdollinen arseenialtistuksen lähde, onhan seudun kallioperässä tavanomaista enemmän arseenia. Tuotantoalueella sijaitsevasta yli sadan metrin syvyydestä porakaivosta otetut näytteet vahvistavat asian: porakaivoveden arseenipitoisuus on 30–50 mikrogrammaa litrassa eli 3–5 kertaa enemmän kuin talousvedessä saisi olla. Kalliosta on siis arseenia ja sen arseni myös liukenee veteen.

Arseenin kulkeutumista tuotantoalueelta asuinalueille seurattiin ottamalla näytteitä lammikoista, ojista ja puroista sekä mittaamalla ilmassa leijuvan pölyn arseenipitoisuutta. Lisäksi tutkittiin maaperän humuksen arseenimääriä.

Tutkimukset osoittivat, ettei arseenia ole merkittävästi kulkeutunut ja laskeutunut ympäristöön pölyn mukana. Tämän voi päätellä siitä, että humuksessa oli vain normaalin taustapitoisuuden verran arseenia. Ilmassa leijuvasta pölystä mitatut arseenipitoisuudet jäivät niin ikään mallillisiksi, vaikka mittaukset tehtiin aivan murskaamon vieressä; ne alittivat kirkkaasti arseenipitoisuudelle asetetut työsuojelunormit.

Pintavedestä ei liioin löydetty kovinkaan paljon arseenia sen paremmin tuotantoalueelta kuin läheisiltä asuinalueiltakaan. Ainoat näytteet, joissa arseenipitoisuus oli hieman koholla, oli otettu tuotantoalueen sisällä olevien lammioiden hienojakoisesta pohjasedimentistä.

Tutkimus siis osoitti, ettei mikään altistusreitti johtanut tässä tapauksessa alueen asukkaiden altistumiseen arseenille.



Mistä ja miten arseenia vapautuu?

Kiviainestuotantoon ja maarakennukseen sisältyy useita vaiheita, joissa maa- tai kallioperän arseeni saattaa lähteä liikkeelle. Eri työvaiheiden merkitys arseeniriskille vaihtelee tapauksesta toiseen.

Kun uusi työmaa avataan, poistetaan yleensä ensimmäiseksi maanpinnan kasvillisuus. Maa- tai kallioperä jää silloin paljaaksi, ja sade ja tuuli pääsevät siihen käsiksi. Tuuli voi nostattaa hienojakoista maa-ainesta ilmaan, ja vesi voi uurtaa maata ja kuljettaa sitä vesistöihin. Vesi saattaa myös rapauttaa kiviainesta sekä liuottaa maa- ja kallioperän arseenia itseensä. Veteen liuenneena arseeni voi kulkeutua sekä pintavalunnan mukana vesistöihin että niin sanotun vajoveden eli maahan vajoavan veden kuljettamana syvempiin maakerroksiin, kalliorakosiin ja pohjaveteen.

Kun maata sitten kaivetaan – tai kalliota porataan tai räjäytetään – tarjoutuu eroosiolle paljon uutta kivipintaa, joka ei ole aiemmin ollut tekemisissä tuulen, sateen ja ilmakehän hapen kanssa. Tällainen uusi pinta on erityisen altis rapautumiselle ja veden liuotusvaikutukselle. Eroosio kiihtyy, samoin kiihtyy arseenin kulkeutuminen vajoveden mukana pohjaveteen. Kallionlouhinta ja maankaivu voivat myös muuttaa pohjaveden purkautumispaikkoja ja pintaveden reittejä sekä suurentaa kallionrakoja.

Työn kuluessa pumpataan monasti pohjavettä. Kaivutöissä pohjavettä pumpataan pois kaivannon pohjalta, kiviainestuotannossa vettä käytetään sitomaan pölyä. Kummassakin tapauksessa vesimäärä on tavallisesti sen verran pieni, ettei sillä ole käytännön merkitystä arseenin leviämislle.

Pumpatut pohjavedet ja sadevedet, jotka lähtevät virtaamaan työmaa-alueelta pois, kerätään usein aluksi laskeutusaltaisiin.

Ideana on, että veteen liettynyt maa vajoaisi altaan pohjaan eikä kulkeutuisi eteenpäin vesistöihin. Maan mukana laskeutusaltai-siin voi ajastaan kertyä paljonkin arseenia.

Ilmaan joutuu eniten arseenipölyä siinä vaiheessa, kun arseeni-pitoisia kiviä murskataan. Kiven osien rikkoutuminen edistää myös arseenipitoisten mineraalien rikastumista hienorakeiseen tuotteeseen.

Varastointi, kuljetukset, käyttö ja maisemointi

Arseeniriski ei lopu siihen, kun varsinainen työ on tehty: kun kallio on murskattu ja murske kasattu valtaviksi keoiksi – tai kun maansiirtotöissä ollut kaivinkone on lastattu kuorma-auton lavetille ja viety seuraavaan kohteeseen. Arseni ei näet katoa murskeesta tai paljastuneesta maasta mihinkään. Niinpä sitä voi myös vapautua niin kauan kuin maa tai murske on alttiina sateelle ja tuulelle.





Kalliomurskeen varastoiminen kasoihin pikemminkin edistää kuin estää arseenin vapautumista. Hienojakoisen murskeen varastokasat ovat nimittäin täynnä pieniä huokosia ja taskuja, joissa vesi virtaa hitaasti ja painuu pikku hiljaa alaspäin. Mitä kauemmin vesi viipyy matkalla, sitä enemmän se irrottaa arseenia kiven pinnasta. Lopulta arseenipitoinen vesi vajoaa kasan alla olevaan maahan ja päättyy pohjaveteen. Kasan alle levitetty kerros tiivistä kivituhkaa hidastaa veden pystysuoria liikkeitä ja voi siten lisätä liukoisen arseenin määrää vajovedessä.

Paljas maa ja varastokasat voivat myös pölytä, mutta eniten pölyä nousee ilmaan silloin, kun maata tai kiviainesta käsitellään ja esimerkiksi lastataan kuorma-autoon. Myös kuljetuksen aikana pölyä voi levitä auton lavalta ajoreitin varrelle.

Tilanne vakautuu vasta, kun työkohde rakennetaan ja maisemoidaan ja alueelle syntyy kasvipeite. Silloin pölyäminen vähenee olennaisesti ja samalla pintavalunta hidastuu. Myös pohjaveden muodostumisolot ja purkautumispaikat vakiintuvat.

Onko syytä huoleen?

Jos ajattelee, miten paljon Suomessa tehdään ja käytetään kalliomurskettä ja kaivetaan maata – ja miten monella tapaa arseenia voi näissä töissä vapautua ja kulkeutua ihmisten ulottuville – saattaa tilanne näyttää synkältä. Todellisuudessa synkistelyyn ei ole aihetta. Kallionlouhinta, kaivutyö ja muu maarakentaminen ei aiheuta Suomessa juuri minkäänlaista arseenialtistuksen lisäystä.

Paikallisesti niillä voi silti olla merkitystä. Paikallisten vaikutusten suuruus ja todennäköisyys on kiinni sekä luonnonoloista – kallio- ja maaperän arseenipitoisuudesta ja muun muassa maastonmuodoista – että toiminnan luonteesta ja laajuudesta. Paikallisen altistumisen kannalta vähintään yhtä olennaista on se, kuinka paljon seudulla asuu väkeä, miten asutus on sijoittunut ja mitä muuta toimintaa alueella harjoitetaan.



Suomessa arseeniriski on tiedostettu jo pitkään, ja maa- ja kallioperän arseenipitoisuudet tunnetaan varsin hyvin. Meillä siis tiedetään, millä alueilla kivenlouhinta ja maarakentaminen voivat altistaa paikallista väestöä arseenille. Viimeaikaiset tutkimukset ovat lisäksi täsmentäneet tietoja arseenin leviämistavoista ja niihin vaikuttavista seikoista sekä erilaisista altistusreiteistä. Nämä asiat tunnetaan nyt Suomessa luultavasti paremmin kuin missään muualla maailmassa. Aiemmista virheistä, kuten vuosikymmenten takaisista puunkyllästämöjen arseenipäästöistä, on myös osattu ottaa opiksi.

Kaikki tämä luo edellytykset hyvälle riskinhallinnalle. Suomessa ei olekaan tiettävästi yhtään tapausta, jossa kivenlouhinta tai maarakentaminen olisi aiheuttanut olennaista arseenialtistuksen lisäystä edes suppealle väkijoukolle.

Tämä ei tietenkään tarkoita, ettei asiaan tarvitsisi kiinnittää enää huomiota. Uusia louhoksia avataan ja vanhoja laajennetaan, louhinta- ja murskausmenetelmät muuttuvat, kalliomurskeelle saatetaan keksiä aivan uusia käyttötapoja ja asuinalueita rakennetaan uusiin paikkoihin, joissa ympäristöolot voivat poiketa totutuista. Kun kaikkea tätä tapahtuu myös niillä alueilla, missä maa- ja kallioperä voi paikoitellen sisältää tavanomaista enemmän arseenia, on syytä pitää riskinhallinnan menetelmät ajan tasalla.

Tieto riskinhallinnan perustana





Ihmiskunnalta meni aikansa tajuta, että sellaisetkin aineet ja annokset, joista ei heti sairastu, voivat jatkuvasti saatuina olla haitallisia. Vielä kauemmin meni, ennen kuin haittojen torjuntaan opittiin suhtautumaan järjestelmällisesti ja kehittämään ja soveltamaan niihin riskinhallinnan menetelmiä.

Riskinhallinta ei ole pelkkää kaukoviisautta eli sitä, että ”asiat harkitaan etukäteen ja kuvitellaan tapaus sikseenkin elävästi, että kun se kerran tapahtuu, on reitit selvät”, kuten Konsta Pylkkänen kaukoviisauden määritteli. Riskinhallinnan tarkoitus on nimenomaan estää haitallisia asioita tapahtumasta – tai vähintäänkin minimoida haitat.

Ennen kuin riskejä voidaan hallita, ne on tunnettava. On esimerkiksi tiedettävä, millaisia terveysvaikutuksia aineesta voi syntyä erilaisilla annoksilla, miten aine saattaa muuntua ympäristössä ja miten herkästi se voi lähteä liikkeelle eri tilanteissa. On tunnistettava erilaiset mahdolliset tapahtumakulut ja selvítettävä niiden mahdolliset seuraukset.

Riskissä on aina kyse myös todennäköisyydestä. Millä todennäköisyydellä tietty altistuminen aiheuttaa terveyshaittoja, ja miten todennäköistä on, että tämä altistumisraja saavutetaan? Sana ”riski” onkin vakiintunut tarkoittamaan sekä jonkin epäsuotuisan tapahtuman seurauksia että tapahtuman todennäköisyyttä.

Kaiken riskinhallinnan lähtökohta on riskien arviointi. Se sisältää paitsi haittojen tunnistamisen, myös niiden analysoinnin, kuten niiden suuruuden, laajuuden ja todennäköisyyden arvioinnin. Vasta, kun riskit on näin saatu kartoitettua – sanamukaisesti, sillä riskeistä piirretään usein ”riskikartta” – voidaan ryhtyä pohtimaan, millä keinoilla riskit torjutaan tai minimoidaan parhaiten.

Käytännössä riskikartta elää koko ajan, koska riskeistä saadaan jatkuvasti uutta tai entistä täsmällisempää tietoa. Riskinhallinnan on siis oltava joustavaa ja pystyttävä mukautumaan uusiin tilanteisiin ja ottamaan uudet tutkimustulokset huomioon.

Pitoisuusrajoja ja vertailuarvoja

Kiviainestuotannosta ja maarakentamisesta syntyvän arseenin riskin hallinta on sikäli hyvissä kantimissa, että arseeniriskit on kartoitettu Suomessa varsin perusteellisesti. Toisaalta tämä merkitsee, että riskinhallinnasta on tullut mutkikasta. Nyt näet tiedetään, että arseenin leviämiseen ja pääsyyn ihmisen elimistöön voivat vaikuttaa hyvinkin monet asiat ja että eri ihmiset ovat eri tavoin alttiita arseenille.

Riskinhallinnan perimmäinen tavoite on tietysti estää arseenia aiheuttamasta haittaa kenellekään ihmiselle sen paremmin kuin elolliselle luonnollekaan. Hankalampi kysymys on sitten se, millaiset arseenimäärät aiheuttavat haittaa.

Suomessa ja muualla maailmassa tehtyjen tutkimusten perusteella on päädytty joihinkin arseenipitoisuuden ohje-, tavoite- tai kynnyksarvoihin. Ne voidaan laatia esimerkiksi niin, että käytetään vertailukohtana ympäristön tavanomaisia taustapitoisuuksia.

Tämäkään ei ole yksiselitteistä, sillä arseenin luontainen taustapitoisuus vaihtelee Suomen sisällä. Niinpä eri alueille on laskettu omat taustapitoisuuden vertailuarvonsa – ja tietysti omat arvonsa vesille, maaperälle ja hengitysilmaille.

Vertailuarvona voidaan käyttää myös tutkimuksen tuottamia arvioita siitä, mitkä pitoisuudet näyttäisivät olevan haitattomia tai haitallisia. Tutkimustulosten soveltamisessa on kuitenkin se ongelma, että tutkimusolot ja -menetelmät sekä itse tuloksetkin voivat vaihdella. Paljon on esimerkiksi kiinni siitä, mitä eliötä, arseeniyhdistettä tai altistusajaa tutkimuksessa on käytetty.

Selvin terveydensuojeluun pohjautuva laatuvaatimus on Suomessa asetettu talousveden arseenipitoisuudelle; se ei saa ylittää kymmentä mikrogrammaa litrassa. Pohjavedelle on puolestaan annettu vesienhoidon tavoitteisiin perustuva ympäristölaatunormi viisi mikrogrammaa arseenia litrassa. Laatuvaatimusta käytetään, kun päätetään jonkin toiminnan ympäristöluvasta.

EU:n metallidirektiivin nojalla ulkoilman arseenipitoisuudelle on annettu terveysperusteiseksi tavoitearvoksi kuusi nanogrammaa kuutiometrissä – vuosikeskiarvona ja määritettynä hengitettävistä hiukkasista eli siitä leijuvasta pölystä, joka kulkeutuu herkimmin keuhkoihin. Tavoitearvo tarkoittaa nimensä mukaisesti arvoa, joka pitää määrääjässä alittaa, ainakin mahdollisuuksien mukaan.

Näiden lisäksi on annettu tai ehdotettu erilaisia kynnysarvoja muun muassa maaperän arseenipitoisuuksille sekä pilaantuneiden alueiden purkuvesistöille. Asuinkiinteistön maaperä katsotaan yleensä pilaantuneeksi, kun arseenipitoisuus ylittää 50 milligrammaa kilossa; teollisuus-, varasto- ja liikennealueella ohjearvo on 100 milligrammaa kilossa.

Arseenipitoisuudet tärkeitä perustietoja

Jotta kiviainestuotannon ja maarakentamisen arseeniriskiä pystyttäisiin hallitsemaan, pitää tuntea koko joukko arseenin pitoisuuksiin, päästöihin ja leviämiseen liittyviä asioita.

Kun harkitaan uutta louhinta- tai maarakennuskohdetta, ensimmäinen tehtävä on selvittää louhittavan kiven tai kaivettavan maan arseenipitoisuus; se ei saisi olla sanottavasti suurempi kuin seudun taustapitoisuus. Esimerkiksi Pirkanmaalla on moreenimaan suurimmaksi taustapitoisuudeksi määritelty 26 milligrammaa kilossa. Niinpä viranomaiset ovat siellä omaksuneet käytännöksi, että mikäli kivessä tai maassa on vähemmän arseenia kuin 26 milligrammaa kilossa, sen käyttöä ei tarvitse rajoittaa ainakaan arseenipitoisuuden takia.

Jos arseenia näyttäisi olevan enemmän, pitää tehdä perusteellisempia selvityksiä pitoisuuksista. Arseenia sisältävät mineraalit eivät nimittäin ole jakautuneet tasaisesti kallioperään, joten ensimmäiset tutkimukset eivät välttämättä kerro koko totuutta.



Jos tarkemmatkin tulokset viittaavat kynnysarvoa suurempiin arseenipitoisuuksiin, on punnittava eri toimintavaihtoehtoja ja niiden riskejä niin, että noudatetaan kestävän riskinhallinnan periaatteita.

Pitoisuustietoja on syytä koota myös lähialueen pohjavesistä, puroista ja järvistä. Näin saadaan selville niin sanottu lähtötaso eli taustapitoisuus ennen kuin mihinkään kaivu- tai louhintatyöhön on ryhdytty.

Vesinäytteistä voidaan myös päätellä, kuinka paljon alueen maa- tai kallioperässä on liukoista eli veteen liukenevaa arseenia. Osa maan ja kiven arseenista voi kuitenkin olla heikkoliukoisessa muodossa, mikä ei näy vedessä – vielä. Kun kivi tai maa paljastetaan ja varsinkin kun kivet murskataan, arseenipitoiset kivet alkavat hapen ja sadeveden vaikutuksesta rapautua ja hapettua. Silloin arseenin liukoisuus lisääntyy ja lähivesien arseenipitoisuus voi kasvaa.

Arseenin liukenemiseen vaikuttavat myös muun muassa kivessä mahdollisesti oleva rauta sekä happamuusolot. Alustavat tutkimustulokset viittaavat siihen, että arseenin liukeneminen lisääntyy, jos kiven kanssa kosketuksissa oleva vesi on kovin emäksistä tai kovin hapanta. Tämä on syytä ottaa riskinhallinnassa huomioon, kun harkitaan kierrätysmateriaalien, esimerkiksi betonimurskeen tai tuhkan käyttöä maarakentamisessa. Ne voivat muuttaa maaveden huomattavan emäksiseksi.

Eikä tässä kaikki. Vesistöihin ja erityisesti niiden sedimentteihin voi päätyä heikkoliukoistakin arseenia, jos hienojakoista maainesta sekoittuu työmaa-alueelta valuvaan veteen. Niinpä on hyvä ottaa etukäteen näytteitä myös purojen ja järvien pohjasedimentistä, jotta tiedetään niiden lähtötaso.

Minne vesi vie arseenia?

Kiven ja maan arseenipitoisuuksien ja muiden ominaisuuksien perusteella voidaan arvioida, kuinka paljon arseenia mahdollisesti liukenee veteen – tai lähtee muulla tavoin veden mukana liikkeelle. Seuraava kysymys on, mihin liikkeelle lähtenyt arseeni kulkeutuu ja kuinka paljon se ehkä laimenee matkalla. Tämän selvittämiseksi pitää tietää monenlaisia asioita, kuten tuntea valuma-alueen maastomuodot ja veden virtaussuunnat.

Veteen liuennut arseeni voi valua joko maanpintaa pitkin pintavesiin tai vajota maahan ja kulkeutua sieltä edelleen pohjaveteen. Yleensä tapahtuu molempia.

Jos vettä vajoaa maahan, on hyvä tietää, millaisiin oloihin se siellä joutuu. Mitkä ovat päämaalajit, maakerrosten järjestys ja maaperän fysikaaliset ominaisuudet, kuten raekoko ja vedenläpäisevyys? Kuinka hapanta maa on ja mitkä ovat sen happiolot? Mihin suuntiin ja millä nopeudella pohjavesi virtaa? Millainen on kallion pinnanmuoto? Tämänkaltaisia tietoja tarvitaan, jotta voidaan arvioida, miten veden sisältämälle arseenille loppujen lopuksi käy.

Vettä saattaa myös vajota kalliorakoihin ja kulkeutua sitä kautta kalliopohjaveteen. Tämän varalta on selvitettävä kallion huokoisuus eli se, onko kallioperässä esimerkiksi ruhjevyöhykkeitä tai halkeamia ja minne ne johtavat.

Pintavalunnan arvioinnissa auttavat tiedot hankealueen vesitaseista ja valumista. Niistä selviää, kuinka paljon vettä tulee ja lähtee tietyssä ajassa, mistä voidaan päätellä lähtevän veden arseenipitoisuus. Mitä pidemmälle arseeni alueelta virtaa, sitä vaikeampaa on ennakoida tapahtumien kulkua. Osa arseenista voi muuntua matkalla tai laskeutua purojen ja ojien pohjaan; näihin prosesseihin vaikuttavat ennen muuta veden happamuus, hapekkuus ja rautapitoisuus sekä virtauksen voimakkuus.



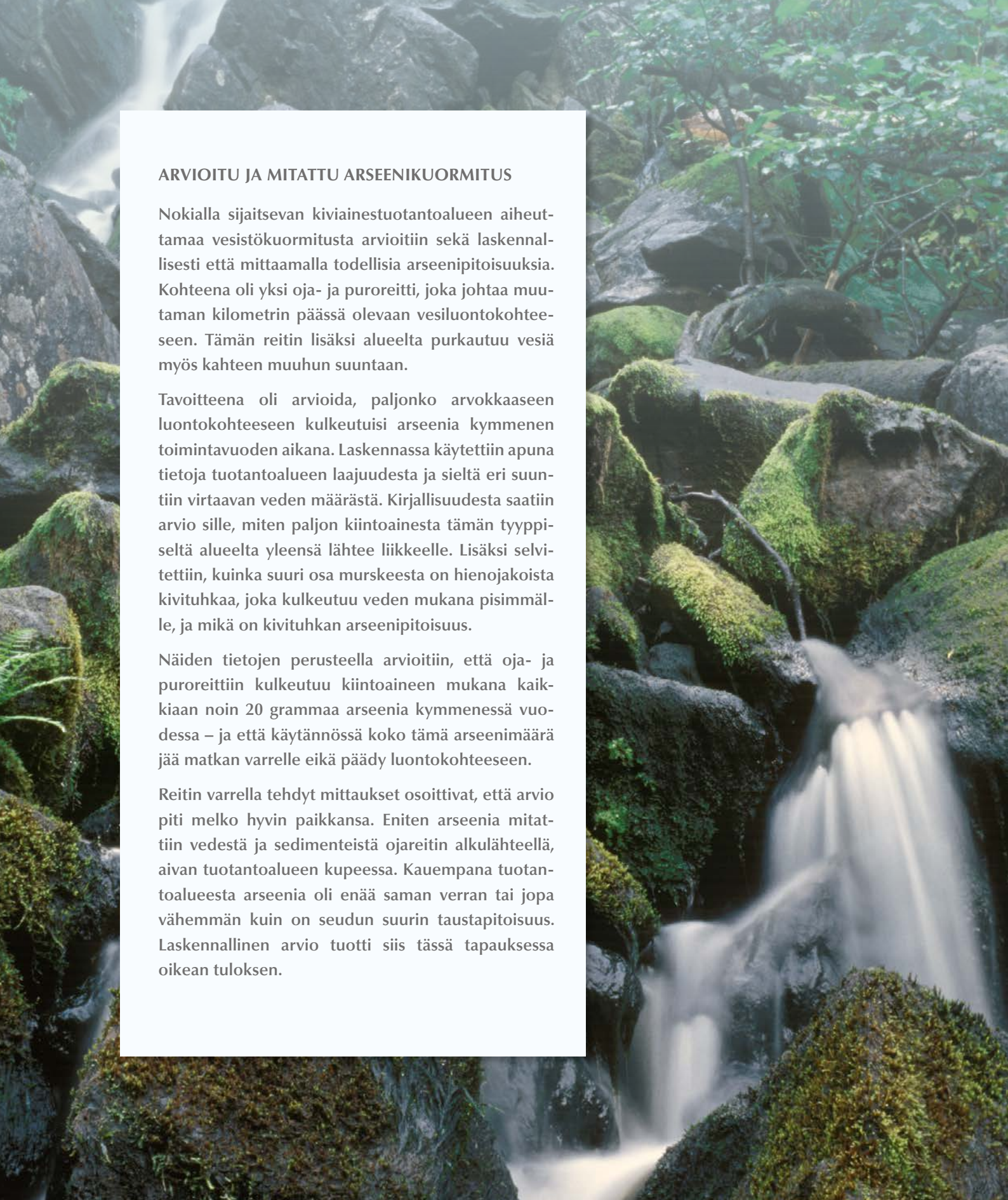
ARVIOITU JA MITATTU ARSENIKUORMITUS

Nokiolla sijaitsevan kiviainestuotantoalueen aiheuttamaa vesistökuormitusta arvioitiin sekä laskennallisesti että mittaamalla todellisia arseenipitoisuuksia. Kohteena oli yksi oja- ja puroreitti, joka johtaa muutamien kilometrin päässä olevaan vesiluontokohteeseen. Tämän reitin lisäksi alueelta purkautuu vesiä myös kahteen muuhun suuntaan.

Tavoitteena oli arvioida, paljonko arvokkaaseen luontokohteeseen kulkeutuisi arseenia kymmenen toimintavuoden aikana. Laskennassa käytettiin apuna tietoja tuotantoalueen laajuudesta ja sieltä eri suuntiin virtaavan veden määrästä. Kirjallisuudesta saatiin arvio sille, miten paljon kiintoainesta tämän tyyppiseltä alueelta yleensä lähtee liikkeelle. Lisäksi selvitetiin, kuinka suuri osa murskeesta on hienojakoista kivituhkaa, joka kulkeutuu veden mukana pisimmälle, ja mikä on kivituhkan arseenipitoisuus.

Näiden tietojen perusteella arvioitiin, että oja- ja puroreittiin kulkeutuu kiintoaineen mukana kaikkiaan noin 20 grammaa arseenia kymmenessä vuodessa – ja että käytännössä koko tämä arseenimäärä jää matkan varrelle eikä päädy luontokohteeseen.

Reitin varrella tehdyt mittaukset osoittivat, että arvio piti melko hyvin paikkansa. Eniten arseenia mitattiin vedestä ja sedimenteistä ojareitin alkulähteellä, aivan tuotantoalueen kupeessa. Kauempana tuotantoalueesta arseenia oli enää saman verran tai jopa vähemmän kuin on seudun suurin taustapitoisuus. Laskennallinen arvio tuotti siis tässä tapauksessa oikean tuloksen.



Nämäkin tiedot ovat siis riskinhallinnan kannalta olennaisia perustietoja.

Vaikka arseenia ei matkalla häviäisikään, veden arseenipitoisuus joka tapauksessa vähenee, koska virtaan liittyy yhä uusia valumavesiä ja puroja. Laimeneminen pitää pystyä arvioimaan, jotta tiedetään, kuinka väkevää vesi on, kun se lopulta saavuttaa jonkin tietyn joen, järven tai muun vesistökohteen.

Leviäminen ilman kautta ja kiviaineksen mukana

Varsinkin kivenmurskaus saattaa levittää arseenia ympäristöön myös ilmaitse, kun laitokselta nouseva kivi-pöly kulkeutuu tuulen mukana lähiseudulle. Kulkeutumista voidaan arvioida ennakkoon erilaisten laskentamallien avulla. Mallit eivät kuitenkaan ole osoittautuneet kovin toimiviksi.

Toinen mahdollisuus on yksinkertaisesti mitata pölyn sisältämiä arseenimääriä suoraan ilmasta, mutta tämä voidaan tietysti tehdä vasta, kun laitos on jo toiminnassa. Myös sammaleista ja humuksesta tehdyt mittaukset kertovat siitä, kuinka paljon arseenia on kulkeutunut ilman kautta ja laskeutunut maan pinnalle laitoksen ympäristöön.

Tähän asti saatujen kokemusten valossa vaikuttaa siltä, ettei ilma ole yhtä tärkeä leviämiskanava kuin vesi. Arseenin kulkeutumisella ilmaitse on luultavasti merkitystä vain murskaamon välittömässä läheisyydessä.

Arseenia voi siirtyä uusille alueille myös kuljetettavan maa- tai kiviaineksen mukana. Tämä reitti on melko helppo ennakoida. Riittää, että tiedetään maan tai kiven arseenipitoisuus. Jos maaperän tai kallioiden arseenipitoisuus on tausta-arvoa suurempi, maa- tai kiviainesta ei viedä ainakaan asuinalueille tai muihin herkkiin kohteisiin.

Kiviaineksen käyttökelpoisuudelle ei toistaiseksi ole asetettu varsinaisia raja-arvoja. Niinpä arseenipitoisen kivituohteen käyttö joudutaan ratkaisemaan tapaus kerrallaan.

Myös asutus ja maankäyttö otettava huomioon

Riskinhallinnan kannalta olennainen kysymys on se, asuuko hankkeen vaikutusalueella ihmisiä, jotka voivat altistua arseenille. Kysymys vaikuttaa helpolta, mutta vastauksen antaminen vaatii selvitystyötä. Ei riitä, että otetaan esiin kartta ja piirretään kivilouhimon tai maarakennuskohteen ympärille harpilla ympyrä – esimerkiksi viidensadan metrin tai varmuuden vuoksi kilometrin säteelle – ja katsotaan, montako asukasta jää ympyrän sisään. Tällaisessa harjoituksessa jäävät kokonaan vaille huomiota ne hyvinkin erilaiset ja eripituiset reitit, joita pitkin arseeni mahdollisesti leviää ja levitessään laimenee.

Vaikka leviämisreitit ja laimenemiset otettaisiin huomioon ja vaikutusalue rajattaisiin niiden mukaan, ei tietoa vielääkään olisi tarpeeksi. Vaikutusalueelle jäävien ihmisten elämästä pitäisi näet tietää kaikenlaista muutakin, kuten saavatko he juomavetensä porakaivoista ja missä nämä kaivot sijaitsevat.

Lisäksi on tiedettävä, harjoitetaanko alueella sellaista elinkeinotoimintaa, joka on erityisen herkkä arseenin aiheuttamalle pilaantumiselle. Esimerkiksi marjojen ja vihannesten viljelyssä saatetaan käyttää paljon kasteluvettä, joko pintavettä tai pohjavettä, jolloin veden sisältämää arseenia voi päätyä elintarvikkeisiin.

Kun kaikki tämä on selvitetty, kuvaan astuu vielä aikajänne. Kivenlouhinta ja muu arseeniriskiä aiheuttava toiminta saattaa jatkua vuosikymmeniä, ja moni asia voi sinä aikana muuttua lähiympäristössä. Kaikkia muutoksia ei voi ennakoida, mutta jotakin toki tiedetään – kuten se, onko seudulle suunnitteilla uusia



asuinalueita tai muuta olennaista toimintaa. Riskinarvioinnissa on siis tutkittava myös maakuntakaavoja, yleiskaavoja ja muita maankäytön suunnitelmia.

Kaavoja ja karttoja pitää tarkastella myös sillä silmällä, sisältykö vaikutusalueeseen poikkeuksellisen herkkiä tai arvokkaita luontokohteita, joita arseenipäästöt saattaisivat vaurioittaa. Tällaisia ovat erityisesti herkit vesistöt.

Tieto on valttia

Mittavatkin selvitystyöt ovat hankkeen tulevaisuutta ajatellen hyödyllisiä. Ne takaavat tuotteiden laadun ja käyttökelpoisuuden ja ohjaavat itse toimintaa sellaiseen suuntaan, että siitä koituu mahdollisimman vähän haittaa. Kun riskit tiedetään etukäteen, vältetään ikäviltä yllätyksiltä. Myös ympäristönsuojelulaki edellyttää, että toiminnanharjoittaja on selvillä toimintansa ympäristövaikutuksista.

Ennakkoon tehdyt perusteelliset tutkimukset lisäävät hankkeen luotettavuutta naapureiden ja muiden sidosryhmien silmissä. Tutkimuksia tehtäessä – esimerkiksi selvittäessä alueen pinta- ja pohjavesien luontaisia arseenipitoisuuksia – voi päästä kosketuksiin paikallisen väestön kanssa, mistä on myöhemmin hyötyä molemmille osapuolille.

Kattavat selvitykset ovat tarpeellisia myös, kun asioidaan viranomaisten kanssa. Isot hankkeet vaativat erilaisia lupia, joita harmitessaan viranomaiset tarvitsevat luotettavaa tietoa hankkeen vaikutuksista. Lupiin liittyy yleensä toiminnanharjoittajille asetettuja ehtoja. Ne voivat koskea esimerkiksi sitä, kuinka paljon arseenia saa päästä pintavesiin vuodessa ja millä tavoin ympäristön arseenipitoisuuksia tarkkaillaan.

Yhteiskunta ohjaa ja säätelee





Maapallolta tuskin löytyy valtiota tai yhteiskuntaa, joka vähät välittäisi alueensa luonnonvaroista ja niiden käyttötavoista; sen verran tiukasti kansakuntien toimeentulo, hyvinvointi ja menestyminen on ollut luonnonvarojen varassa.

Myös Suomessa yhteiskunnalla on perinteisesti ollut vahva näkemys siitä, millä tavoin ja mihin tarkoitukseen kansalaiset ja yritykset käyttävät maan luonnonvaroja – tai luonnonrikkauksia, kuten ennen paljastavasti sanottiin. Parhaana käyttötapana ja -tarkoituksena pidetään tietysti sitä, josta yhteiskunta hyötyy eniten, ja entisaikaan hyödyllä tarkoitettiin ennen muuta maan vaurastumista ja perusrakenteiden luomista, siis kehitystä sanan perinteisessä merkityksessä.

Toivotun kehityksen takaamiseksi säädettiin Suomessa jo varhain koko joukko luonnonvaralakeja, kuten kaivoslaki, metsälaki ja vesilaki. Niiden tarkoitus oli kannustaa ja ohjata, jopa pakottaa maanomistajat ja muut luonnonvarojen haltijat palvelemaan yhteiskunnan asettamaa tavoitetta eli maan vaurastumista. Kaikkein pisimmälle mentiin kaivoslainsäädännössä, jossa valtausoikeus irrotettiin alusta alkaen maanomistuksesta. Ajatuksena oli varmistaa, että maan uumenissa piilevät mineraalivarat saadaan teollisuuden käyttöön ja pyörittämään kansantalouden rattaita, halusivatpa maanomistajat sitä tai eivät. Sama henkeä näkyi – ja näkyy yhä – metsälaissa, jonka tärkeä lähtökohta on ollut turvata teollisuuden puunsaanti.

Uusia tavoitteita luonnonvarojen käytölle

Sittemmin yhteiskunnan odotukset luonnonvarojen käytölle ovat monipuolistuneet. Enää ei riitä, että luonnonvaroilla edistetään kansantaloutta ja rakennetaan Suomea. Niiden käytön pitää myös edistää – tai se ei saa ainakaan sanottavasti heikentää – sellaisia asioita kuin luonnon monimuotoisuutta, ekosysteemipalveluja ja maisema-arvoja sekä kansalaisten terveyttä, viihtyvyyttä ja yleistä hyvinvointia.

Kaikkien näiden hyvien asioiden edistäminen yhtä aikaa voi tuntua mahdottomalta. Mahdotonta se ei kuitenkaan saisi olla, sillä juuri tätä on kestävä kehitys – että edistetään yhtä aikaa taloudellista, ekologista ja sosiaalista hyvinvointia ja jätetään mahdollisuuksia myös tuleville sukupolville. Kestävä kehitys on ollut maailmanlaajuisena tavoitteena ja ohjenuorana jo muutamana vuosikymmenen ajan. Niinpä myös Suomen luonnonvaralainsäädäntöä on kehitetty tältä pohjalta.

Käytännön seuraus on, että luonnonvaroja koskeva sääntely on mutkistunut. Vanhoihin luonnonvaralakeihin on kirjattu uusia tavoitteita ja vaatimuksia, ja lisäksi on säädetty muita lakeja, jotka niin ikään asettavat ehtoja luonnonvarojen käyttötavoille tai ainakin käytön vaikutuksille. Tällaisia lakeja ovat muun muassa maa-ainelaki, ympäristönsuojelulaki, luonnonsuojelulaki ja terveydensuojelulaki sekä laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä. Kaiken lisäksi myös kaavoittajalla on sanansa sanottavana siihen, missä ja millä tavoin luonnonvaroja hyödynnetään.

Se, joka nyt aikoo louhia kalliota tai tehdä isoja maarakennustöitä, joutuu siis perehtymään ja mukautumaan monenlaisiin säädöksiin ja maankäyttösuunnitelmiin. Hän joutuu myös tekemään erilaisia ennakkoselvityksiä ja -arviointeja, kuulemaan seudun asukkaita, hakemaan lupia ja jättämään ilmoituksia sekä varautumaan toimintansa ja sen vaikutusten tarkkailuun.



Maa-aineslaki edellyttää ottamislupaa

Maa- ja kiviaineksen hyödyntämistä on vuodesta 1982 lähtien ohjannut maa-aineslaki. Lain alkuperäinen tarkoitus oli suojella harjuluontoa suunnittelemattomalta soranotolta. Laki kuitenkin kattaa myös muun maa- ja kiviaineksen oton, kaivostoimintaa ja turpeen ottoa lukuun ottamatta. Kallionlouhinta kuuluu selvästi lain piiriin.

Maa-aineslain tavoitteeksi on kirjattu aineiden ottaminen ympäristön kestävästä kehityksestä tukevalla tavalla. Laista ja sen sovel-

tamisohjeista voidaan päätellä tämän tarkoittavan, että maa-ainesten saatavuus pitää turvata myös tuleville sukupolville ja ettei luonnon monimuotoisuutta, pohjavettä tai arvokkaita maisemia saa vaarantaa.

Maa-ainesten ottaminen on laissa säädetty luvanvaraiseksi; vain kotitarpeeksi voi ottaa ilman erillistä lupaa. Kalliokiven louhintaan pitää siis hakea maa-aineslain mukainen ottolupa. Se taas edellyttää suunnitelmaa louhittavan kiviaineksen määrästä ja laadusta sekä tietoja muun muassa alueen kallioperän rakenteesta, maastomuodoista ja pohjavesiolosta. Kiviaineksen mahdollinen arseenipitoisuus on syytä selvittää silloin, kun seudun kallioperässä tiedetään tai epäillään olevan arseenia. Ottamissuunnitelmassa täytyy esittää myös mahdolliset ympäristövaikutukset – arseenihaitat mukaan luettuina – sekä kertoa, miten ympäristöä hoidetaan ja mitä alueelle tapahtuu sitten, kun louhinta on lopetettu.

Maa-aineslakia sovellettaessa käytetään tiettyjä ohjeellisia suojaetäisyyksiä. Kalliokiven louhinnassa etäisyyden asuinrakennukseen pitää olla vähintään 300–600 metriä ja naapuritilan rajaan vähintään 30 metriä. Suojaetäisyyksien ideana on suojata naapureita melulta ja pölyltä. Samat suojaetäisyydet soveltuvat suojaamaan myös pölyn mukana tulevalta arseenilta.

Mikään tietty metrimäärä ei tietenkään takaa, ettei pölyä ja sen mukana arseenia sittenkin kulkeudu naapurustoon. Paljon on kiinni maaston muodoista, kasvillisuudesta ja vallitsevista tuulista. Suojaetäisyys onkin harkittava kussakin tapauksessa erikseen. Sama koskee veden mukana leviävää liukoista arseenia, jonka kulkeutuminen pitää arvioida tapaus tapaukselta.

Myös ympäristölupa tarvitaan

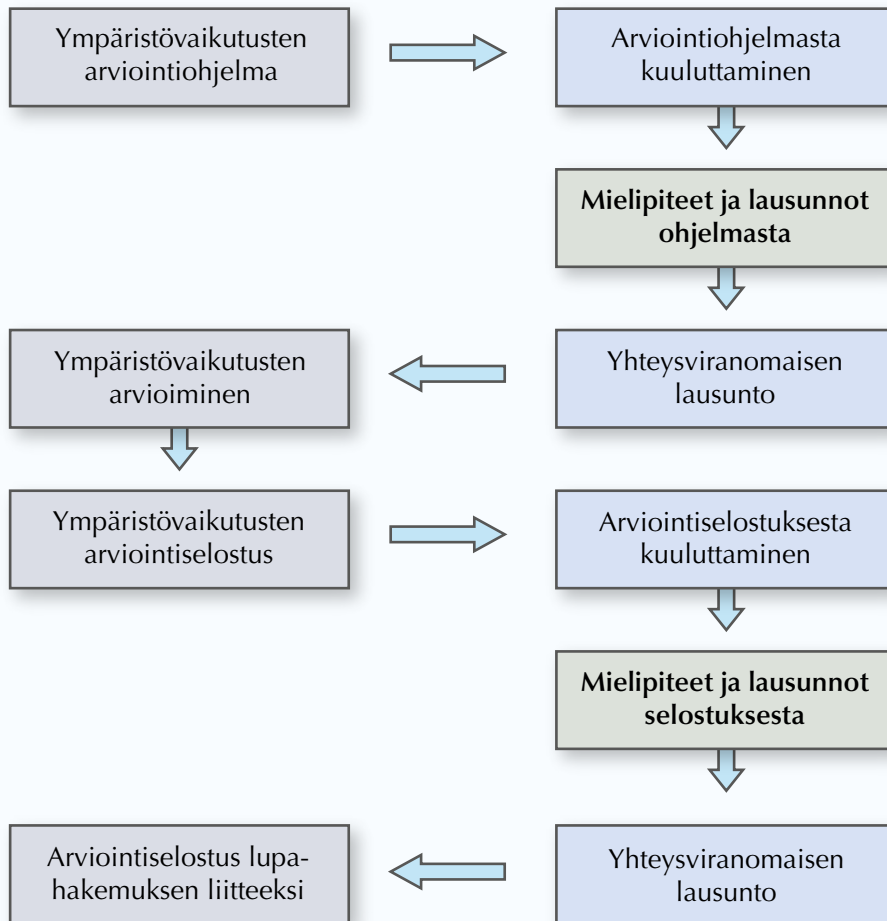
Kivenlouhintaan ja -murskaukseen tarvitaan yleensä myös ympäristönsuojelulain mukainen ympäristölupa. Nämä kaksi lupaa – ottamislupa ja ympäristölupa – ovat rinnakkaisia. Ne eivät siis korvaa toisiaan, eikä kumpaakaan myönnettäessä liioin edellytetä, että hankkeella on valmiiksi toinen lupa. Koska molempiin lupiin tarvitaan samantapaisia selvityksiä muun muassa hankkeen ympäristövaikutuksista, on järkevää tehdä molempien lupien vaatima selvitystyö kerralla.

Ympäristölupaa myönnettäessä toiminnanharjoittajalle asetetaan useimmiten lupaehtoja. Niiden tarkoitus on saattaa toiminta sellaiseksi, että se on ympäristönsuojelulain mukaan ylipäättään sallittua. Toiminta ei saa esimerkiksi aiheuttaa terveyshaittaa tai pilata pohjavettä tai maaperää. Jos näin näyttäisi käyvän, eikä tilannetta voida muuttaa edes tiukoilla lupaehtoilla, lupaa ei voida myöntää.

Mahdollinen arseenihaitta on yksi osa lupaharkintaa. Arseenia ei Suomessa saa päästää suoraan tai välillisesti pohjaveteen. Vähäinen päästäminen on kuitenkin mahdollista, jos pohjaveden laatu ei sen seurauksena heikkene tai uhkaa heiketä tulevaisuudessakaan.

Pohjaveden pilaamiskielto kattaa sellaiset pohjavesialueet, jotka ovat vedenhankinnan kannalta tärkeitä tai jotka soveltuvat vedenhankintaan. Näihin kahteen luokkaan kuuluvia pohjavesialueita on esimerkiksi Pirkanmaalla noin 150. Kielto koskee lisäksi toisen kiinteistöllä olevaa pohjavettä eli esimerkiksi naapurustossa olevien kaivojen vettä. Jos seudun maa- tai kallio-perässä on arseenia, pitää lupahakemuksessa selvittää alueen kaivojen ja pohjavesialueiden sijainti.

YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTIPROSESSI



Ympäristövaikutusten arviointimenettely on kaksivaiheinen. Kaikilla, joihin hanke saattaa vaikuttaa, on mahdollisuus esittää mielipiteensä sekä arviointiohjelmasta että varsinaisesta arviointiselostuksesta.

Ympäristönsuojelulakiin sisältyy myös meluilmoitusmenettely. Vaikka menettely liittyy nimenomaan meluun, voidaan sitä koskevassa päätöksessä antaa muitakin määräyksiä. Toiminnanharjoittajalta voidaan esimerkiksi edellyttää, että hän estää pölyn kulkeutumisen ympäristöön ja käsittelee alueella syntyvät valumavedet jo itse tuotantoalueella. Tämä on erityisen tärkeää silloin, kun murskattavan kallion tiedetään sisältävän poikkeuksellisen paljon arseenia. Pirkanmaalla onkin annettu tämän suuntaisia päätöksiä maarakennuksesta ja kiviainestuotannosta syntyvän arseeniriskin vähentämiseksi.

Isoille hankkeille ympäristövaikutusten arviointi

Jos louhittava tai kaivettava alue on yli 25 hehtaaria tai sieltä otetaan vähintään 200 000 kuutiometriä maata tai kiveä vuodessa, on hankkeesta tehtävä ympäristövaikutusten arviointi – tai oikeammin: hankkeeseen on sovellettava ympäristövaikutusten arviointimenettelyä eli YVA-menettelyä.

Mutkikas sanamuoto johtuu siitä, että YVA-menettely sisältää muutakin kuin arvion hankkeen mahdollisista ympäristövaikutuksista. Vähintään yhtä olennainen osa on kansalaisten osallistuminen ja tiedonsaanti. Kaikilla niillä, joihin hanke saattaa vaikuttaa, on oikeus saada siitä tietoa ja osallistua YVA-menettelyyn. Tavoitteena on, että asianosaiset pystyvät tätä kautta tuomaan oman näkemyksensä esiin ja vaikuttamaan hankkeen suunnitteluun.

Ympäristövaikutusten arvioinnissa käsitellään hankkeen myönteisiä ja kielteisiä ympäristövaikutuksia niin, että otetaan huomioon yhtä lailla ekologiset, sosiaaliset kuin taloudellisetkin näkökulmat – siis kaikki kestävä kehityksen osa-alueet. Arvioinnin kuluessa esitetään eri vaihtoehtoja siitä, miten hanke toteutetaan ja mitkä ovat kunkin vaihtoehdon ympäristövaikutukset.

Ympäristövaikutusten arviointi tehdään ennen kuin hankkeelle haetaan ympäristölupaa. YVA-menettelyssä kertynyt aineisto on siten viranomaisen käytettävissä, kun se harkitsee luvan myöntämistä ja lupaehtoja.

Kunnilla omat keinonsa

Kunnat voivat säädellä arseeniriskiä aiheuttavaa toimintaa myös omilla määräyksillään. Niistä tärkeimpiä ovat ympäristönsuojelumääräykset, rakennusjärjestys ja kaavamääräykset.

Ympäristönsuojelulaki suo kunnalle mahdollisuuden antaa paikallisiin oloihin sovitettuja ympäristönsuojelumääräyksiä – mutta vain sellaiselle toiminnalle, joka ei vaadi ympäristölain mukaista ympäristölupaa. Koska pitkäaikainen kivenlouhinta ja -murskaus edellyttävät ympäristölupaa, kunnalliset ympäristönsuojelumääräykset eivät päde siihen. Sen sijaan niillä voidaan rajoittaa tilapäisestä tai siirrettävästä murskauslaitoksesta syntyviä arseenipäästöjä.

Kunnallisten ympäristönsuojelumääräysten tarkoitus on panna täytäntöön ympäristönsuojelulakia paikallisesti. Määräykset voivat olla yleisiä eli koskea koko kuntaa tai kunnanosaa, mutta ne voivat myös kohdistua vain tiettyyn laitokseen tai toimintaan.

Rakennusjärjestyksellä voidaan puolestaan vaikuttaa muun muassa siihen, miten käytetään arseenin mahdollisesti pilaamia alueita. Rakennusjärjestys voi edellyttää, että rakennushankke-



ARSEENI JA YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTI PIRKANMAALLA

Pirkanmaalla on joitakin kiviainesten ottoon tai louheen käsittelyyn liittyviä hankkeita, joihin on sovellettu YVA-menettelyä. Näissä hankkeissa on selvitetty tavallista perusteellisemmin arseeniriskiä.

Eräässä ylijäämälouheen käsittelyaluetta koskevassa YVA-selostuksessa todetaan, että muualta tuotavassa murskattavassa kiviaineksessa saattaa olla kohonneita arseenipitoisuuksia, mikä aiheuttaa epävarmuutta hankkeen vesistövaikutusten arviointiin. Arseenipitoisuudet pitäisi selvittää jo siellä, mistä louhe on peräisin, mutta tietoa ei ehkä aina saada. Siksi on syytä tarkkailla alueelta valuvien vesien arseenipitoisuuksia. Jos ne ovat suuria, voidaan liukoista arseenia pyrkiä poistamaan vedestä saostamalla sitä laskeutustaisiin.

Toisen hankkeen YVA-selostuksessa arseeniriski arvioidaan pieneksi, koska louhittava kallio ei sisällä tavanomaista enempää arseenia – eikä alueelle oteta vastaan isoja määriä ylijäämälouhetta, jonka arseenipitoisuus on normaalia suurempi.

Myös kolmannen hankkeen YVA-selostuksessa todetaan, että hankealueen kallioperän arseenipitoisuus on pieni verrattuna alueella yleisesti esiintyviin pitoisuuksiin, eikä kallionlouhinta ja murskaus siten lisää veden arseenipitoisuuksia. Kymmenet kansalaiset esittivät mielipiteensä YVA-selostuksesta, ja monissa niistä arvioitiin, ettei kallioperän arseenipitoisuuksia ollut tutkittu kunnolla ja että arseeniriskiä vähäteltiin.

ARSEENI KAAVAMÄÄRÄYKSISSÄ

Pirkanmaalla on muutamassa kunnassa annettu kaavojen yhteydessä arseeniin liittyviä kaavamääräyksiä.

Nokian Harjuniityn osayleiskaavan määräyksissä todetaan, että alueen maaperän luontaisesti kohonnut arseenipitoisuus pitää ottaa huomioon rakentamisessa ja maamassojen käsittelyssä. Tarvittaessa on selvítettävä maaperän arseenipitoisuus ja laadittava arseenipitoisen maa- ja kiviaineksen sijoitus- ja seuranta-suunnitelma.

Tampereen Sisaruspohjan osayleiskaavan selvityksessä mainitaan, että osa talouksista jää maasto-olojen vuoksi oman vesihuollon varaan. Näillä alueilla tulee ottaa huomioon arseeni- ja fluoridiriski. Kaavaluonnoksen yleismääräyksissä todetaan, että vedenhankinta on hoidettava kaupungin rakennuslupa-viranomaisen määräämällä tavalla. Rakennusjärjestyksessä taas määrätään, että arseeni- ja fluoridihaitta-alueilla rakennuspaikan vesihuolto on järjestettävä niin, ettei siitä koidu vaaraa tai haittaa terveydelle.

Pirkkalan Koiviston eteläosan asemakaavassa on yleismääräys arseenista: "Arseenin käsittelystä alueella on laadittu erillinen selvitys, jonka ohjeistusta tulee alueen rakentamisessa noudattaa viranomaisen hyväksymällä tavalla."

seen ryhtyvä selvittää tällaisen rakennuspaikan maaperän arseenipitoisuuden ja sen, millä tavoin maaperä puhdistetaan ennen rakentamista.

Rakennusjärjestyksellä voidaan puuttua myös tilanteeseen, jossa rakennettavan alueen porakaivovesissä saattaa olla liikaa arseenia. Rakennusjärjestys voi määrätä, että tällaisilla alueilla vesihuolto on järjestettävä muulla tavoin.

Maankäytön suunnittelu ja siihen liittyvät taustaselvitykset ovat niin ikään tärkeitä riskinhallinnan välineitä. Kun tiedetään, millä alueilla maa- ja kallioperässä saattaa olla arseenia, voidaan asia ottaa huomioon kaavoissa ja kaavamääräyksissä. Arseeniin liittyviä kaavamääräyksiä on annettu muun muassa Nokialla ja Tampereella.

Toiminnan vaikutuksia pitää tarkkailla

Ympäristönsuojelulaissa edellytetään, että toiminnanharjoittaja tuntee toimintansa ympäristövaikutukset ja -riskit sekä ne keinot, joilla haittoja voidaan vähentää. Tietämättömyys tai osaamattomuus eivät siis kelpaa selityksiksi, jos toiminnasta syntyy ennakoimattomia ympäristö- tai terveyshaittoja. Yllättävistä päästöistä tai haitoista pitää viipymättä ilmoittaa ympäristöviranomaiselle – tai terveysvaaran uhatessa terveysviranomaiselle.

Ympäristöluvan hakijan kannattaa yleensä jo hakemuksessa esittää suunnitelma siitä, millä tavoin päästöjä ja niiden mahdollisia vaikutuksia aiotaan tarkkailla. Luvan myöntäjä voi vielä asettaa lisäehtoja tarkkailulle.

Yhä useammassa kiviaineksen tuotantoa koskevassa ympäristöluvassa – ja maa-aineslain mukaisessa ottoluvassa – veloitetaan luvansaajaa tarkkailemaan tuotantoalueella syntyviä valuma- ja suotovesiä sekä niiden vaikutuksia. Arseenialueilla on syytä tarkkailla selkeytysaltaiden ja purkuojien arseenipitoisuuksia, koska niiden avulla voidaan seurata lähivesien arseenikuormitusta. Tämän suuntaisia veloitteita onkin asetettu uusissa ympäristöluvista niillä Pirkanmaan alueilla, joiden kallioperässä tiedetään olevan tavallista enemmän arseenia. Parissa paikassa on vaadittu arseenin tarkkailua myös pohjavedestä.

Toiminnanharjoittaja ei pääse veloitteistaan irti senkään jälkeen, kun toiminta aikanaan loppuu. Hän vastaa edelleen niin pilaantumisen ehkäisemisestä kuin vaikutusten selvittämisestä ja alueen tarkkailustakin.

Haittojen vähentämiskeinoja





Samaan aikaan, kun Suomen ympäristölainsäädäntö on kehittynyt kattavammaksi ja vaativammaksi, myös ympäristötekniikka on parantunut. Aiheellisesti voi kysyä, kumpi on muna ja kumpi kana. Onko uutta tekniikkaa kehitetty ja otettu käyttöön sitä mukaa kuin vaatimustaso on tiukentunut, vai onko vaatimustaso nostettu teknisen kehityksen tahdissa?

Vastaus löytyy ympäristönsuojelulaista. Laissa todetaan, että sellaisessa toiminnassa, joka voi pilata ympäristöä, on käytettävä ”parasta käyttökelpoista tekniikkaa”. Käsite saattaa kuulostaa hieman kummalliselta, mutta sillä on oma historiansa ja tarkkaan harkittu sisältönsä.

Englanninkielistä termiä *Best Available Technology* (BAT) alettiin käyttää Euroopassa 1990-luvulla konkretisoimaan vaatimusta siitä, että tehtaat ja muut laitokset omaksuvat uudet ja tehokkaat keinot vähentää päästöjä ja muita ympäristöhaittoja. Euroopan neuvosto sisällytti käsitteen ympäristönsuojelusäädöksiinsä vuonna 1996.

Mitä ”paras käyttökelpoinen tekniikka” sitten tarkkaan ottaen merkitsee?

Euroopan neuvoston direktiivissä käsite määriteltiin monisanaisesti ja mutkikkaasti. Sama mutkikkuus vaivaa uusiakin yrityksiä täsmentää käsitteen sisältöä. Ydinajatus on kuitenkin siinä, että ”paras” tarkoittaa mahdollisimman tehokasta ja kehittynyttä ja ”käyttökelpoinen” teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoista – mikä on edelleen määritelty tarkoittamaan yleisesti saatavilla olevaa ja kohtuullisin kustannuksin kyseiselle toimialalle soveltuvaa. Sana ”tekniikka” taas sisältää laajasti kaiken tuotanto- ja puhdistustekniikan sekä laitoksen suunnittelun, rakentamisen, käytön ja ylläpidon menetelmät. Lopuksi tätä kaikkea peilataan sitä vasten, että tekniikalla ehkäistään tai vähennetään ympäristön pilaantumista.

”Paras käyttökelpoinen tekniikka” tarkoittaa siis lyhyesti sanottuna sitä, että käytetään ympäristön kannalta niin hyvää tekniikkaa kuin on kohtuukustannuksin sillä hetkellä mahdollista. Asian kirjaaminen lakiin taas merkitsee, että ympäristönsuojelun vaatimustaso säädetään olemassa olevan tekniikan mukaiseksi eikä päinvastoin. Tämä on tietysti varsin kohtuullista.

Ympäristölupa edellyttää parasta tekniikkaa

Kiviainestuotannossa ja isoissa maarakennushankkeissa törmätään parhaan käyttökelpoisen tekniikan vaatimukseen viimeistään siinä vaiheessa, kun toiminnalle haetaan ympäristölupaa. Lupaehdoista, esimerkiksi päästörajoista, asettaessaan viranomaisen lähtee siitä, että toiminnassa sovelletaan parasta käyttökelpoista tekniikkaa.

Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että hakijan on pakko käyttää jotakin tiettyä menetelmää, jonka viranomaisen on määrittänyt ”parhaaksi tekniikaksi”. Hakija voi päinvastoin itse esittää, mitkä menetelmät ovat juuri hänen tapauksessaan parhaita. Hakemuksen käsittelijän pitää sitten arvioida väitteen paikkansapitävyys.



Arviossa ei ole olennaista tekniikka sinänsä vaan se, pystytäänkö sillä ehkäisemään ympäristön pilaantumista yhtä hyvin kuin "parhaalla" tekniikalla. "Paras" asettaa siis perustason ympäristönsuojelulle.

Paras tekniikka taas määritellään EU:ssa siten, että kootaan kutakin toimialaa koskevia tietoja jäsenmaista, teollisuudelta ja ympäristöjärjestöiltä. Tiedonvaihdon tuloksena syntyy vertailuasiakirja, jossa verrataan keskenään alan teknisiä menetelmiä. Asiakirja sisältää paitsi tekniikan kuvausta, myös tietoja päästö-

ja kulutusmääristä, energian käytöstä, jätteistä ja muista tunnusluvuista. Vertailuasiakirjan perusteella EU:n komissio voi tehdä ”päätelmän”. Se on komission päätös toimialan parhaista käytökelpoisista tekniikoista.

Kivenlouhinnalle ja murskaukselle tai isoille maarakennushankkeille ei ole vielä laadittu EU:n laajuista vertailuasiakirjaa, saati vahvistettu komission päätelmää. Suomessa on kuitenkin otettu askel tähän suuntaan. Suomen ympäristökeskus ja kivialan yrittäjät ovat yhdessä valmistelleet julkaisun *Ympäristöasioiden hallinta kiviainestuotannossa*, jossa muun muassa kuvataan alan parasta käyttökelpoista tekniikkaa.

Jottei parhaiden menetelmien käyttö rajoittuisi pelkkiin tekniisiin menetelmiin, on ympäristöpolitiikkaan omaksuttu myös rinnakkainen käsite, ”ympäristön kannalta paras käytäntö” (*Best Environmental Practice, BEP*). Sillä tarkoitetaan esimerkiksi hyvien ja kustannustehokkaiden työmenetelmien, raaka-aineiden ja polttoaineiden valitsemista niin, että valinnoilla ehkäistään ympäristön pilaantumista. Tämäkin periaate on kirjattu Suomen ympäristönsuojelulakiin, joten myös se vaikuttaa lupaharkintaan.

Pölyntorjuntaan monta keinoa

Kiviainestuotanto ja maarakennus ovat luonteeltaan paikallisia hankkeita, joiden toteutus on paljolti kiinni paikallisista oloista: kallio- ja maaperästä, maastomuodoista, pinta- ja pohjavesioloista ja seudun maankäytöstä. Niinpä myös ympäristöhaittojen vähentämiskeinot vaihtelevat luonnonolojen ja muun paikallisen tilanteen mukaan. Tämä pätee myös arseeniriskin torjuntaan.

Jotkin arseenipäästöt tulevat torjutuksi ikään kuin siinä sivussa – samalla, kun vähennetään toiminnan muita ympäristöhaittoja. Kun esimerkiksi torjutaan kivenmurskauksesta syntyviä

pölypäästöjä, hillitään myös pölyn mukana ympäristöön leviävää arseenia.

Pölyämiseen voidaan vaikuttaa jo laitoksen suunnittelussa, esimerkiksi pienentämällä murskattavan kiven pudotuskorkeutta ja sijoittamalla kuljettimet järkevästi. Nämä keinot poistavat kuitenkin vain pienen osan pölyongelmasta.

Murskauksessa väistämättä syntyvää pölyämistä voidaan vähentää joko niin, että murskauslaitos eristetään ympäristöstä, taikka sitomalla tai keräämällä pöly ennen kuin se pääsee kulkeutumaan pois. Tekniset ratkaisut vaihtelevat laitoksen koteloinnista ja poistoilman suodattamisesta erilaisten pölynsidonta-aineiden käyttöön. Hyvin yleinen tapa hillitä pölypäästöjä on sitoa pöly vedellä.

Eri menetelmillä on etunsa ja haittansa ja myös erilaiset hankinta- ja käyttökustannukset. Koska tilanteet ja olot vaihtelevat, menetelmiä on vaikea laittaa yleiseen paremmuusjärjestykseen.





Pölyntorjunnassa ei siis suoralta kädeltä pystytä osoittamaan yhtä ”parasta käyttökelpoista tekniikkaa”.

Sen verran voidaan kuitenkin sanoa, että pöly kannattaa sitoa mahdollisimman varhaisessa vaiheessa tai mieluiten estää pölyn syntyminen. Mitä pidemmälle pöly ehtii karata, sitä hankalampi asialle on tehdä enää mitään. Parhaaseen tulokseen voidaan päästä siten, että yhdistellään eri menetelmiä.

Vesiasiat hallintaan

Pölyn sitomisessa käytetyn veden ja muiden valumavesien hallinta on tärkeää niillä alueilla, joiden kallio- tai maaperässä on paljon arseenia. Kalliota louhittaessa ja murskattaessa vettä käytetään yleensä useissa kastelupisteissä, joten mahdollisia arseenipitoisia vesiä syntyy eri puolella tuotantoaluetta. Myös sade- ja sulamisvedet voivat liuottaa itseensä arseenia.

Kun tuotantoa suunnitellaan, on hyvä tehdä pintavesien hallintasuunnitelma. Ensin lasketaan vesimäärät niin, että otetaan huomioon sekä sadanta että pölynsitomiseen ja varsinaiseen tuotantoon käytetty vesi. Tämän jälkeen laaditaan suunnitelma siitä, mihin vedet johdetaan. Vedet saadaan virtaamaan haluttuun suuntaan, kun louhoksen pohja muotoillaan sopivaan suuntaan kaltevaksi. On myös varauduttava siihen, että osa vedestä suotautuu maahan ja karkaa kallionrakoihin, sillä louhinta voi lisätä kallioperän huokoisuutta.

Mikäli näin käy ja pohjaveden arseenipitoisuus kasvaa niin, että ohjearovot ylittyvät alueen kaivoissa, ei kaivovettä voi enää käyttää juomavetenä. Silloin on kaksi mahdollisuutta: joko poistaa arseenia kaivovedestä tai järjestää asukkaiden vedensaanti muulla tavoin. Suomessa on yleensä turvauduttu jälkimmäiseen vaihtoehtoon, vaikka myös arseenin poistaminen on teknisesti toteutettavissa.

Maan pintaa pitkin valuvista vesistä voidaan niin ikään poistaa arseenia. Yksi keino on rakentaa tuotantoalueen kupeeseen laskeutusaltaita, joihin arseenia voidaan tarvittaessa saostaa.

Altaita on yleensä syytä tehdä muutenkin. Niiden avulla on mahdollista tasata vesimäärien vaihteluita ja kerätä veteen liettynyttä kiinteää ainesta. Muun muassa kaivostoiminnassa on käytetty rakennettuja kosteikkoja, suotopatioita ja reaktiivisia seinämiä. Laskeutusaltaat on kuitenkin todettu kiviainestuotan-

nossa parhaaksi käyttökelpoiseksi tekniikaksi vähentää kiintoaineksen kulkeutumista vesistöihin.

Laskeutusaltaisiin kertyneen lietteen arseenipitoisuus pitää mitata, jotta lietteelle voidaan suunnitella turvallinen käsittelytapa. Jos liete sisältää paljon arseenia, yleisin käsittelymenetelmä on lietteen kiinteytys ja stabilointi. Stabiloinnilla tarkoitetaan lietteessä tapahtuvien kemiallisten reaktioiden ja mikrobitoiminnan keskeyttämistä. Arseenipitoisen aineksen stabilointiin on Suomessa käytetty hyvin tuloksin sementtiä tai bitumia. Stabiloinnin jälkeen arseenin ei pitäisi enää muuttua muotoaan tai lähteä liikkeelle. Jos arseenin pitkäaikaisesta pysymisestä ei olla aivan varmoja, voidaan massa sijoittaa valvotulle alueelle.



Maarakentaminen ja maamassojen sijoittelu

Stabilointia voidaan joutua käyttämään myös arseenin pahasti pilaamien maiden käsittelyyn. Kun tällaisia maita kaivetaan, siirretään ja varastoidaan, pitää kiinnittää huomiota siihen, ettei arseenia pääse karkaamaan ympäristöön. Maan siirtely saattaa esimerkiksi nostattaa ilmaan arseenipitoista pölyä tai altistaa maakerrokset sadeveden liuotusvaikutukselle.

Samat pölyamis- ja vesiasiat tulevat vastaan, kun rakennetaan alueille, joiden maaperässä on luontaisesti paljon arseenia. Maarakennustyöt on silloin suunniteltava huolellisesti, jotta alueen asukkaat eivät niiden aikana tai myöhemminkään altistu arseenille.

Yksi tärkeä näkökohta on maamassojen sijoittelu. Arseenipitoisia maita ei pidä laittaa päällim-

mäiseksi maakerrokseksi, vaan maanpinta pitää kattaa esimerkiksi muualta tuodulla puhtaammalla maalla tai kivetyksellä. Kun arseeni jää alempiin maakerroksiin, sitä ei pääse pölyämään ilmaan eivätkä esimerkiksi lapset saa sitä suuhunsa. Pintamaan alapuolisille maakerroksille saatetaan myöhemmin altistua lähinnä silloin, kun maata joudutaan kaivamaan putkistojen tai maakaapeloinnin takia. Tällainen kaivutyö on kuitenkin niin lyhytaikaista, ettei siitä koidu terveysvaaraa.

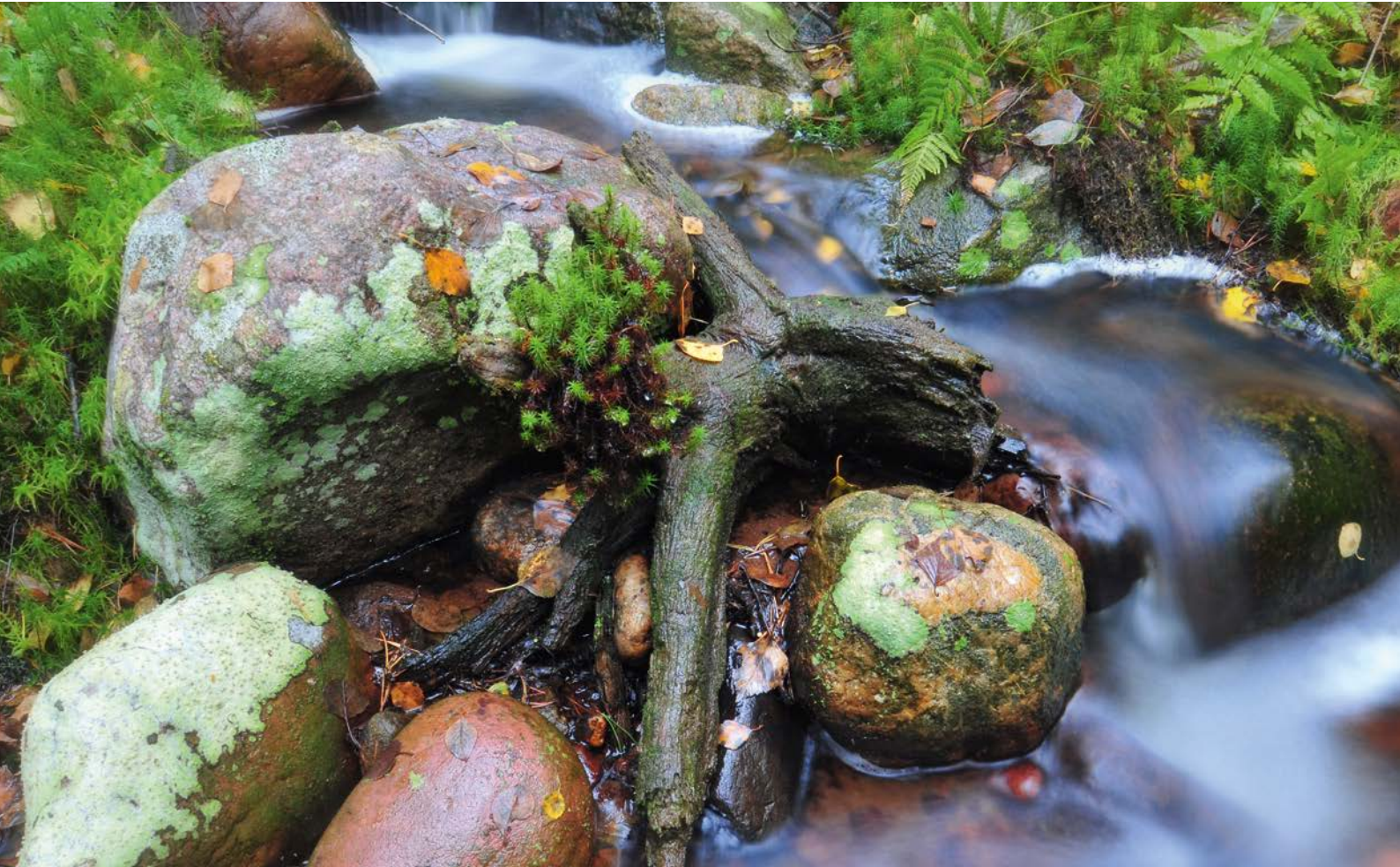
Joissakin tapauksissa – jos maaperässä on paljon arseenia tai jos maarakentamisesta jää paljon ylijäämämaata – on paras ratkaisu viedä maamassat kokonaan muualle. Kyseeseen voi tulla väliaikainen tai lopullinen sijoituspaikka kiinteistöllä, jonka hallitijalla on ympäristölupa arseenipitoisten maiden käsittelyyn ja varastointiin.

Arseenia liukenee maasta yleensä eniten heti sen jälkeen, kun maa on kaivettu esiin ja se on päässyt kosketuksiin ilman hapen ja sadeveden kanssa. Ajan myötä liukeneminen vähenee. Jos lopullinen sijoituspaikka on alueella, jonka maaperässä on luontaisesti vähän arseenia, voi hallittu välivarastointi olla paikallaan. Näin voidaan vähentää lopullisesta sijoituksesta syntyvää arseenikuormitusta.

Arseenipitoisia maita kaivettaessa, käsiteltäessä ja varastoidessa on muistettava myös maan kemialliset ominaisuudet. Esimerkiksi happamuuden muutos voi lisätä arseenin liukoisuutta. Käytännössä tämä tarkoittaa, ettei arseenipitoiseen maahan saa sekoittaa betonimurskeen tai tuhkan kaltaisia aineita, jotka voivat muuttaa happamuusoloja sellaiseen suuntaan, että arseenin liukoisuus kasvaa.

Olennaista arseeniriskin torjunnassa on tieto siitä, millä alueella arseenia on maaperässä tavanomaista enemmän. Kun maan arseenipitoisuus ja arseenin esiintymismuoto tunnetaan, voidaan valita kuhunkin tilanteeseen paras tapa vähentää haittoja.

Onko arseenista Suomessa vaaraa?





Vielä parikymmentä vuotta sitten kysymys arseenivaarasta olisi ollut hankala, ja harvalta tutkijalta olisi saanut siihen selvää vastausta. Nyt arseenista tiedetään monin verroin enemmän, ja kysymykseen osataan jo vastata.

Vastaus tosin ei ole aivan suoraviivainen.

Ensimmäinen mutka tulee jo siitä, mitä vaaralla tarkoitetaan. Elämä on tunnetusti täynnä vaaroja. Ihminen voi saada meteoriitin päähänsä tai jäädä suojatiellä auton alle. Syöpä voi iskeä milloin hyvänsä, lukuisista muista taudeista puhumattakaan.

Meteoriitti-iskua tuskin kukaan pitää kovin suurena vaarana, sillä tapauksia sattuu äärimmäisen harvoin. Tien ylittäminen on sen sijaan varteen otettava vaaran paikka; suojatiellä kuolee vuosittain useita suomalaisia. On siis ilmeistä, että tapahtuman todennäköisyys vaikuttaa siihen, ajatellaanko jokin asia vaaraksi vai ei.

Lisäksi siihen vaikuttaa seurausten mittavuus. Jos kävelee loh-kareisessa maastossa, voi nyrjäyttää nilkkansa, mutta vaarallisempaa on hypätä pää edellä matalaan veteen. Siinä voi taittaa niskansa.

Arseenivaaran sijaan pitääkin mieluummin puhua arseeniriskistä. Onhan riski määritelty juuri niin, että siihen sisältyvät sekä tapahtuman todennäköisyys että haitan suuruus.



Kaikki on kiinni riskinhallinnasta

Vaikka puhuttaisiin arseeniriskistä, ei vieläkään olla aivan selvillä vesillä. Suomi on iso maa ja suomalaisia on yli viisi miljoonaa. Arseeniriski vaihtelee maan eri osissa ja myös ihmisten elintavan mukaan. Se, joka asuu koko elämänsä helsinkiläisessä kerrostalossa, joutuu tuskin koskaan tekemisiin arseenin kanssa. Jos taas asuu arseenialueella ja juo vuodesta toiseen oman porakaivonsa arseenipitoista vettä, saattaa hyvinkin altistua jonkinlaiselle määrälle arseenia.

Seuraava kysymys kuuluu, onko altistuminen niin suurta, että siitä voi olla tälle arseenialueen asukkaalle haittaa? On ja ei. Kaikki on kiinni riskinhallinnasta.

Riskinhallinnan lähtökohta on pitää huolta siitä, ettei yksikään ihminen saa itseensä haitallisia määriä arseenia. Jos näin näyttäisi tapahtuvan, asialle pitää tehdä jotakin.

Tilannetta voi verrata liikenneturvallisuuteen. Jos ihmiset ajelisivat tiellä miten sattuu, liikennesäännöistä piittaamatta, kuolonuhreja tulisi luultavasti huikea määrä. Liikennesäännöillä ja sitkeällä liikennevalistuksella kuolonuhrien määrä on saatu vähemmään noin 250:een vuodessa.

Arseeni ei ole tiettävästi aiheuttanut Suomessa yhtään kuolemantapausta. Arseenikuoleman riski on siis hyvin pieni verrattuna liikennekuoleman riskiin. Jos riskiä ei kuitenkaan hallittaisi mitenkään – aivan kuten jos liikennevalistus ja -valvonta lopetettaisiin – arseenihaitat lisääntyisivät ja jotkut saattaisivat sairastua arseenin takia.

Yhteiskunnan tehtävä on pitää huolta siitä, että näin ei pääse käymään. Juuri siihen tarvitaan määräyksiä ja ohjeita, ympäristölupia, ympäristövaikutusten arviointeja ja monenlaisia tutkimuksia ja selvityksiä.

Niin kauan kuin nämä toimet hyväksytään yleisesti, arseeniriski on Suomessa lähes merkityksetön.

Kirjallisuus

Tärkeimmät lähteet:

Lehtinen, H. (toim.), Härmä, P., Tarvainen, T., Backman, B., Hatakka, T., Ketola, T., Kuula, P., Samrit, L., Pyy, O., Sorvari, J. & Loukola-Ruskeeniemi, K. 2014. Kiviainesten otto arseenialueilla – opas kiviainesten tuottajille, maarakentajille ja viranomaisille. Geologian tutkimuskeskus, Opas 59. 68 s.

Loukola-Ruskeeniemi, K. & Lahermo, P. (toim.). 2004. Arseeni Suomen luonnossa – ympäristövaikutukset ja riskit. Espoo, Geologian tutkimuskeskus. 173 s.

Loukola-Ruskeeniemi, K., Ruskeeniemi, T., Parviainen, A. & Backman, B. (toim.). 2007. Arseeni Pirkanmaalla – esiintyminen, riskinarviointi ja riskinhallinta, RAMAS-hankkeen tärkeimmät tulokset. Teknillinen korkeakoulu, Geoympäristötekniikka, Erikoisjulkaisut. 156 s.

Muu kirjallisuus:

Barnes, M. 1993. Oceanography and Marine Biology, An Annual Review. London, UCL Press. 640 s.

Emsley, J. 2011. Nature's Building Blocks: An A-Z Guide to the Elements. Oxford, Oxford University Press. 720 s.

Koljonen, T. (toim.). 1992. Suomen geokemian atlas, osa 2: moreeni. Espoo, Geologian tutkimuskeskus. 218 s.

Lehtonen, V. 1949. Omenanviljely. Porvoo • Helsinki, WSOY. 288 s.

Reimann, C. & Birke, M. (toim.). 2010. Geochemistry of European Bottled Water. Stuttgart, Gebr. Borntraeger Verlagsbuchhandlung. 268 s.

Salminen R. (päätoim.), Batista, M. J., Bidovec, M. ym. 2005. Geochemical Atlas of Europe. Part 1: Background Information, Methodology and Maps. Espoo, Geological Survey of Finland. 526 s.

Forsius, A. Arseniyhdisteet lääkeaineena: <http://www.saunalahti.fi/arnoldus/arseeni.html>

Forsius, A. Kuppataudin historia: <http://www.saunalahti.fi/arnoldus/syfilis.html>

Valokuvien lähteet

- s. 9 Terhi Ketola, TTY
s. 10 Hannu Laatonen/ Vastavalo.fi
s. 12 Tuula Roos / Vastavalo.fi (taustakuva)
s. 13 Riitta Weijola/ Vastavalo.fi
s. 14 Petri Volanen/ Vastavalo.fi
s. 19 Musée du Louvre
s. 20 Markku Pajulahti/ Vastavalo.fi
s. 21 Jyrki Sahinoja/ Vastavalo.fi
s. 22 Jari Väätäinen, GTK
s. 24 Rauni Helena West/ Vastavalo.fi
s. 27 Iikka Eklund/ Vastavalo.fi
s. 28 Iikka Eklund/ Vastavalo.fi
s. 31 GTK
s. 32 Riitta Weijola/ Vastavalo.fi
s. 33 G.M.B. Akash
s. 35 Tuula Roos/ Vastavalo.fi
s. 36 Sakari Alasuutari/ Vastavalo.fi
s. 37 Pentti Sormunen/ Vastavalo.fi
s. 38 Harri Pekkinen/ Vastavalo.fi
s. 40 Jussi Jyvälahti/ Vastavalo.fi
s. 42 Vesa Vainionpää/ Vastavalo.fi
s. 44 Jari Väätäinen, GTK
s. 46 Antje Neumann/ Vastavalo.fi
s. 47 Eero J. Laamanen/ Vastavalo.fi
s. 49 Jari Väätäinen, GTK
s. 50 Jari Väätäinen, GTK
s. 52 Eero J. Laamanen/ Vastavalo.fi
s. 54–55 Jarmo Saarinen/ Kuvaliiteri
s. 56 Eero J. Laamanen/ Vastavalo.fi
s. 59 Eero J. Laamanen/ Vastavalo.fi
s. 60 Pentti Sormunen/ Vastavalo.fi
s. 62 Jari Väätäinen, GTK
s. 64 Jari Hakala/ Vastavalo.fi
s. 65 Eero J. Laamanen/ Vastavalo.fi
s. 66 Tuula Roos/ Vastavalo.fi
s. 68 Tuula Roos/ Vastavalo.fi
s. 72 Jari Väätäinen, GTK
s. 75 Jari Väätäinen, GTK
s. 78 Sakari Alasuutari/ Vastavalo.fi
s. 80 Kaj Skön/ Vastavalo.fi
s. 83 Timo Tarvainen, GTK
s. 86 Jari Väätäinen, GTK
s. 89 Paavo Härmä, GTK
s. 90 GTK
s. 92 Erkki Kettunen/ Vastavalo.fi
s. 95 Georg Fagerlund/ Vastavalo.fi
s. 97 Mauri Mahlamäki/ Vastavalo.fi
s. 98 GTK
s. 100 Jari Väätäinen, GTK
s. 102 Petri Hakala/ Vastavalo.fi
s. 104 Mikko Paartola/ Vastavalo.fi



Arseeni on tunnetusti vaarallinen aine, ja sitä löytyy myös Suomen kallioperästä. Mitä arseenista tiedetään ja onko sitä syytä pelätä?

Arseenia kalliossa! kertoo selkeästi ja eloisesti perusasiat arseenista ja sen aiheuttamista haitoista. Miten arseenia on käytetty Suomessa ja muualla? Missä sitä esiintyy luonnostaan, ja mitä reittejä se voi kulkeutua ihmiseen? Kuinka vaarallista arseeni oikeastaan on?

Arseeniriskeistä ja niiden torjunnasta on saatu uutta tietoa. Laajassa suomalaisessa tutkimushankkeessa on selvitetty, miten arseeni leviää ympäristöön varsinkin kivilouhoksilta ja maarakentamisesta. Esimerkkialueena on Tampereen–Hämeenlinnan seutu, jonka kalli- ja maaperässä on tavallista enemmän arseenia.

Arseenia kalliossa! esittelee tämän Asrocks-nimisen EU- hankkeen tärkeimmät tulokset niin, että maallikkokin saa niistä helposti selkoa. Se myös kertoo, mitä tutkimustuloksista voidaan päätellä. Onko Suomessa arseenivaaraa?



TAMPEREEN
TEKNILLINEN
YLIOPISTO



S Y K E

Geologian tutkimuskeskuksen julkaisut löytyvät Hakku-palvelun kautta <http://hakku.gtk.fi>



ISBN 978-952-217-301-0 (sid.)



9 789522 173010