

2. Arseeni maailmanlaajuisena ongelmana

Kirsti Loukola-Ruskeeniemi

Teknillinen korkeakoulu, Geoympäristötekniikka, PL 6200, 02015 TKK

Juomaveden liian korkea arseenipitoisuus on ongelma monessa maailman maassa ja vaikuttaa haitallisesti miljoonien ihmisten terveyteen. Arseenin poistomenetelmät ovat usein liian kalliita kehitysmaiden ihmisille. RAMAS-hankkeen tavoitteena on kehittää riskinhallintamallia, jota voi soveltaa Suomen lisäksi myös muissa Euroopan maissa.



Tunnetuin arseenin aiheuttama kansanterveydellinen ongelma on Bangladeshissa (Ratan Kr. Dhar *et al.* 1997, Nickson *et al.* 1998, Smedley & Kinniburgh 2002): siellä juomavesi ja riisin kasteluun käytetty kaivovesi sisältävät arseenia, mikä on lisännyt eräiden syöpien määrää väestössä. Bangladesh on tiheään asuttu maa, ja väestön ruokavalio koostuu pääasiassa riisistä. Kuumen ilmanalan vuoksi vettä juodaan paljon, ja arseenin päivittäinen saanti on suuri. Lisäksi kaivovesi sisältää enimmäkseen hapestusteeltaan kolmenarvoista arseenia As^{3+} , joka on eräiden tutkimusten mukaan terveydelle haitallisempaa kuin viidenarvoinen arseeni As^{5+} . UNICEFin arvion mukaan 12 miljoonaa ihmistä käytti runsaasti arseenia sisältävää vettä Bangladeshissa vuonna 2006. Aasian lisäksi arseeni on merkittävä ongelma muun muassa latinalaisessa Amerikassa, jossa on arvioitu

neljän miljoonan ihmisen altistuvan arseenille (Bundschuh *et al.* 2006). USA:n ympäristöviranomaisen (Environment Protection Agency) on arvioinut, että noin 13 miljoonaa ihmistä etupäässä USA:n läntisissä osavaltioissa altistuu juomaveden kautta arseenille.

Myös Euroopassa on vakavia arseeniin liittyviä ongelmia. Esimerkiksi Unkarin pustalla on lähes 400 kylää ja kaupunkia, joissa juomavesi sisältää WHO:n ohjearvoa enemmän arseenia. Euroopassa onkin alueita, joilla on korkeita arseenipitoisuuksia maaperässä (kuva 2). Näillä alueilla on myös mahdollista, että pohjaveden arseenipitoisuus on paikoin WHO:n ohjearvoa suurempi.

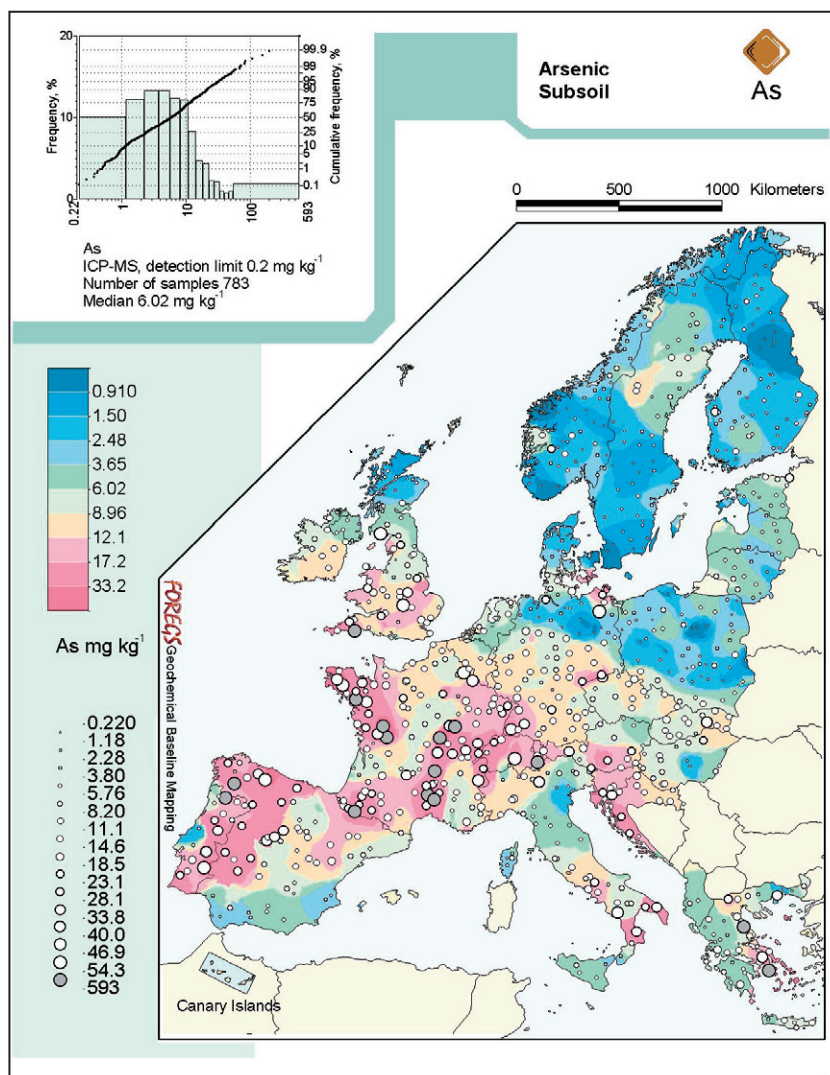
Useimmiten arseeniongelma aiheutuu geologisessa ympäristössä luontaisesti esiintyvistä arseenista. Joillakin alueilla kuitenkin ihmisen toiminnasta voi aiheutua korkeita arseenipitoi-

suuksia pohjaveteen tai pintavesiin. Kaivosten rikastushiekka-alueilta voi kulkeutua arseenia pintavesiin ja pohjaveteen. Myös arseenipitoisten lannoitteiden ja torjunta-aineiden runsas käyttö ovat aiheuttaneet ongelmia monessa maassa. Tämän vuoksi esimerkiksi USA:ssa ja Kanadassa on asetettu rajoituksia lannoitteista johtuvalle arseenikuormitukselle. Niiden mukaan vuotuinen arseenilisäys ei saa ylittää 333 g/ha (WSDA 2001).

Arseeniongelmaan on pyritty löytämään ratkaisuja, mutta toistaiseksi se ei ole täysin onnistunut. Korvaavia pohjavesivarastoja, jossa

veden arseenipitoisuus olisi ohjearvoa pienempi, on esimerkiksi Bangladeshissa ja Unkarissa usein vaikea löytää riittävän läheltä. Arseenin poistomenetelmät eivät ole vielä riittävän tehokkaita. Tilanne on vaikein kehitysmaiden syrjäseuduilla. Yksittäisille talouksille kehitetyissä arseenin poistotekniikoissa on sekä teknisiä että toiminnallisia puutteita, ja ne ovat liian kalliita useimmille kehitysmaiden ihmisille.

RAMAS-hankkeen tavoitteena on ollut lisätä tietoa Pirkanmaan arseenilähteistä ja kehittää arseeniriskin hallintaan mallia, jota voi soveltaa Suomen lisäksi myös muualla Euroopassa.



Kuva 2. Arseenin pitoisuus maaperässä 50-200 cm syvyydellä FOREGS-kartoitukseen osallistuneissa Euroopan maissa. Näyte on otettu muuttumattomasta pohjamaasta. Suomen maaperän arseenipitoisuudet ovat alhaisia moneen muuhun Euroopan alueeseen verrattuna (Salminen *et al.* 2005). Kuvassa on palloilla esitetty näytenpisteiden sijainti ja arseenipitoisuus. Sen lisäksi väreillä on yhdistetty näytteiden tuloksia laajemmiksi alueiksi. Näyteverkko on harva, minä vuoksi kaikki arseenia runsaasti sisältävät alueet eivät tule esiin.

Kirjallisuus

- Bundschuh, J., Garcia, M.E. & Birkle, P. 2006.** Rural Latin America: a forgotten part of the global groundwater arsenic problem. In: Proceedings of the As 2006 International Congress: "Natural Arsenic in Groundwaters of Latin America", 20-24 June 2006, Mexico City, Mexico.
- Nickson, R., McArthur, J., Burgess, W., Ahmed, K.M., Ravenscroft, P. & Rahman, M. 1998.** Arsenic poisoning in Bangladesh groundwater. *Nature* 395, 388 p.
- Ratan Kr. Dhar, Bhajan Kr. Biswas, Gautam Samanta Badal, Kr. Mandal, D. Chakraborti, Shibtoosh Roy, Abu Jafar, Ariful Islam, Gulshan Ara, Saifull Kabir, A. Wadad Khan, S Akther Ahmed & Abdul Hadi. 1997.** Groundwater arsenic calamity in Bangladesh. *Current Science*, 73 (1), 48-59.
- Salminen, R. (ed.), Batista, M. J., Bidovec, M., Demetriades, A., De Vivo, B., De Vos, W., Duris, M., Gilucis, A., Grego-
rauskiene, V., Halamic, J., Heitzmann, P., Lima, A., Jordan, G., Klaver, G., Klein, P., Lis, J., Locutura, J., Marsina, K., Mazreku, A., O'Connor, P. J., Olsson, S. Å., Ottesen, R.T., Petersell, V., Plant, J. A., Reeder, S., Salpeteur, I., Sandström, H., Siewers, U., Steenfelt, A., and Tarvainen, T. 2005.** Geochemical atlas of Europe. Part 1: Background information, methodology and maps. Geological Survey of Finland, Espoo, 525 p.
- Smedley, P.L. & Kinniburgh, D.G. 2001.** A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry* 17, 517-568.
- WSDA, 2001.** A report on the plant uptake of metals from fertilisers. The Washington State Department of Agriculture. December 31, 2001. Available in the internet. www.wa.gov/agr/pmd

3. Perustietoja Pirkanmaasta

Ämer Bilaletdin¹, Heli Lehtinen², Samrit Luoma³ ja Kirsti Loukola-Ruskeeniemi⁴

¹ Pirkanmaan ympäristökeskus, PL 297, 33101 Tampere

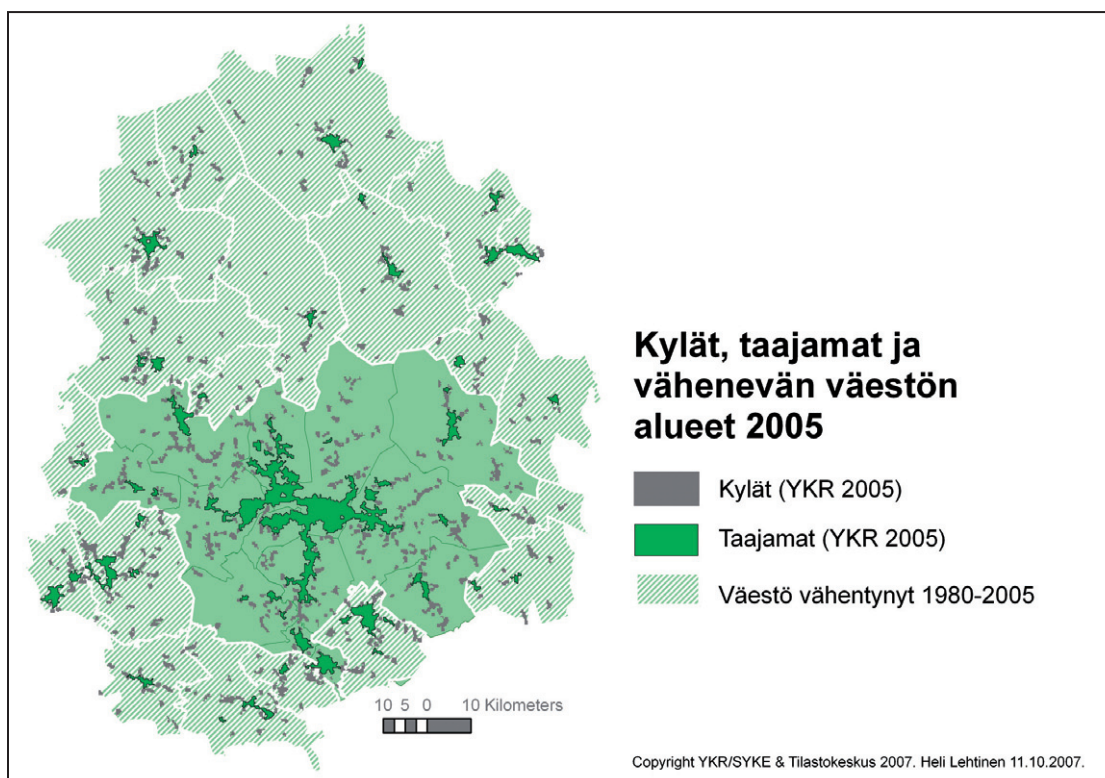
² Suomen ympäristökeskus, PL 140, 00251 Helsinki

³ Geologian tutkimuskeskus, PL 96, 02151 Espoo

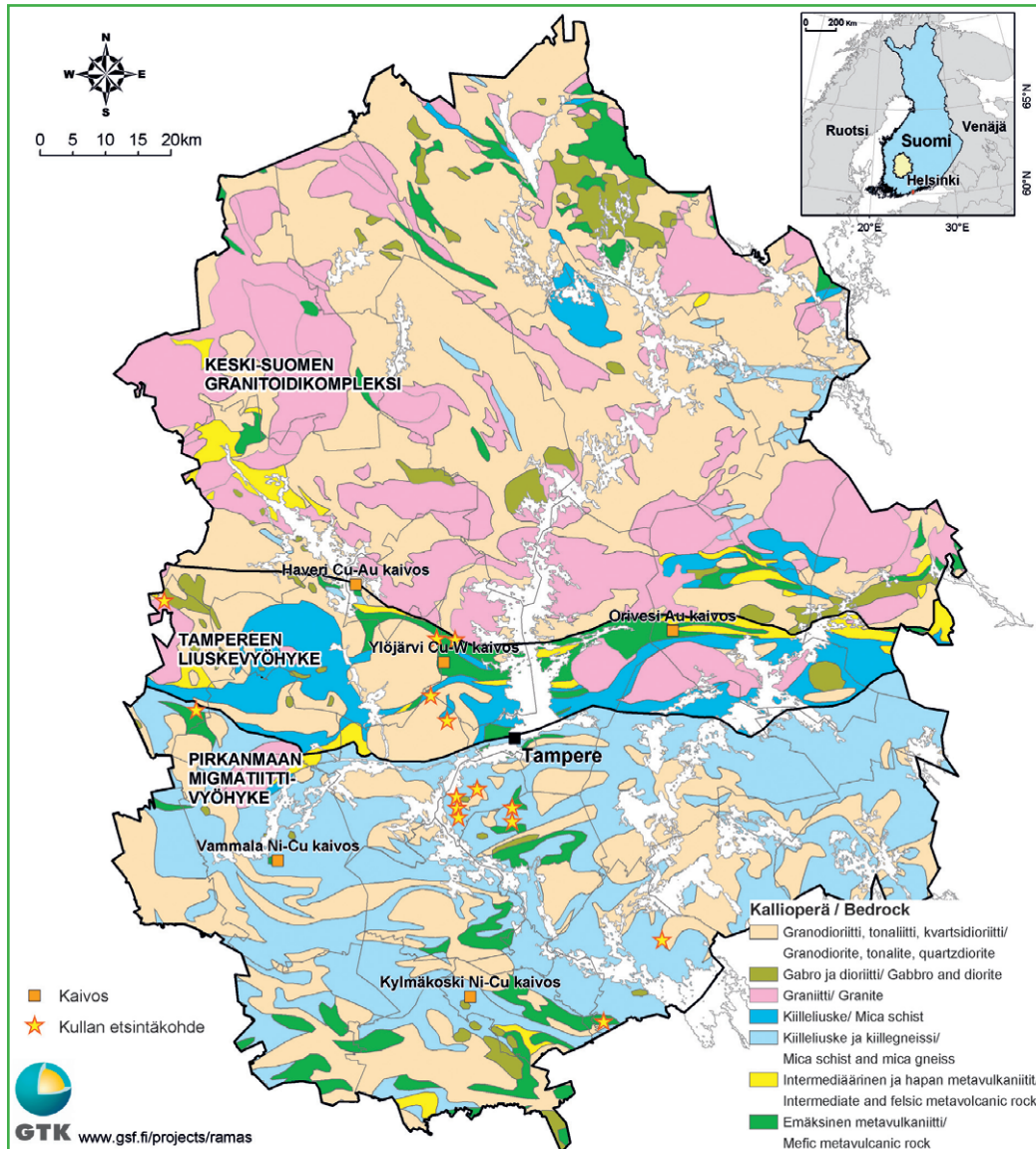
⁴ Teknillinen korkeakoulu, Geoympäristötekniikka, PL 6200, 02015 TKK

Pirkanmaan maakunta koostui 28 kunnasta ja kuudesta seutukunnasta vuonna 2007. Asukasluvultaan se on Suomen toiseksi suurin maakunta ja sen väestötiheys on yli kaksinkertainen Suomen keskiarvoon verrattuna. Tampereen

kaupungin ja sen ympäristökuntien alueella asuu yli 60 % koko maakunnan väestöstä ja muuttoliike maakunnan pohjoisosasta Tampereen seudulle on jatkuvaa (kuva 3).



Kuva 3. Väestön jakautuminen Pirkanmaalla vuonna 2005. Tiedot ovat ympäristöhallinnon YKR (yhdyskuntarakenteen) tietojärjestelmästä.



Kuva 4. Pirkanmaan kallioperän pääkilvilajit ja kaivokset. Lisäksi kartassa on esitetty tähdillä muutamia tärkeimpiä Geologian tutkimuskeskuksen kullan etsintäkohteita. Oriveden Kutemajärven kultakaivos on ainoa tällä hetkellä toiminnassa oleva kaivos. Pirkanmaa voidaan jakaa geologisiin perustein kolmeen vyöhykkeeseen: Keski-Suomen granitoidivyöhyke Pirkanmaan pohjoisosassa, Tampereen liuskevyyhyke keskiosassa ja Pirkanmaan migmatittivyöhyke eteläosassa. Geologinen kartoitusaineisto © Geologian tutkimuskeskus, Peruskartta-aineisto © Maanmittauslaitos. Kuva Samrit Luoma.

Pirkanmaan maisemalle antavat leimansa Kokemäenjoen vesistön suuret järvet ja niitä potoavat luode-kaakkoissuuntaiset harjut. Huomattavin joki on koko vesistölle nimensä antava Kokemäenjoki, joka laajentuu Nokian ja Vammalan välillä Kuloveden ja Rautaveden järviältaiksi. Maasto on vaihtelevaa ja laajat tasangot puuttuvat. Maasto kohoaa maakunnan pohjoisosassa, missä mäet nousevat paikoin yli 200 metrin korkeuteen merenpinnasta lukien. Vesistöjen vierissä sijaitsevat harjut, kuten Kangasalan ja Pyyni-

kin harjut, ovat myös maisemallisesti arvokkaita luontokohteita. Pirkanmaan maaperä muodostuu pääasiassa moreenista. Savi- ja hiesumaita esiintyy jonkin verran maakunnan eteläosien vesistöjen varsilla. Ne on otettu laajalti viljelyyn.

Pirkanmaan alue voidaan jakaa kallioperän perusteella kolmeen vyöhykkeeseen (kuva 4). Eri vyöhykkeiden alueella kallioperän luontainen arseenipitoisuus on erilainen. Arseenia runsaasti sisältävät kalliopohjavedet sijaitsevat Pirkanmaan keski- ja eteläosissa (kuva 5).



Kuva 5. Pirkanmaan kuntajako vuoden 2005 mukaan ja geologiset vyöhykkeet. Arseenia runsaasti sisältävää kalliopohjavettä on paikoitellen Tampereen liuskevyöhykkeellä ja Pirkanmaan migmatiittivyöhykkeellä. Peruskartta-aineisto © Maanmittauslaitos. Kuva Samrit Luoma.

Laajimmat metsäalueet ovat maakunnan luoteis- ja itäosissa. Näille alueille ovat aikoinaan keskittyneet myös puunkyllästyslaitokset, joissa on voitu käyttää arseenipitoisia kyllästeitä. Suoalueita on eniten maakunnan luoteisosassa, missä niiden osuus maa-alasta on jopa 40–50 prosenttia. Suoalueita on otettu jonkin verran turvetuotantoon.

Metsäteollisuuden lisäksi elektroniikka- ja metalliteollisuus ovat merkittäviä teollisia työllistäjiä. Tuotanto tarjoaa keskimääräistä enemmän työpaikkoja Pirkanmaalla kuin muualla maassa, noin kolmasosan maakunnan työpaikoista (taulukko 1). Väestön keskimääräinen vuosittainen käytettävissä oleva tulo vastaa tasoltaan koko Suomen keskimääräistä tulotasoa.

Pirkanmaalla on tehty koko maakunnan kattavat jätehuollon ja vesihuollon suunnitelmat 2000-luvun puolivälissä. Jätehuollossa kaatopaikkatoimintaa on keskitetty voimakkaasti niin, että vuoden 2007 lopussa enää kaksi kaatopaikkaa ottaa vastaan yhdyskuntajätettä. Myös jätevesihuoltoa on keskitetty. Rekisteröityjä vesihuoltolaitoksia on yli 120 mukaan lukien pienet vesiosuuskunnat. Noin puolet vesihuoltolaitosten jakamasta vedestä on pohjavettä ja loput pintavettä tai tekopohjavettä. Oman kaihvon varassa on 9–12 prosenttia väestöstä.

Taulukko 1. Tilastotietoja Pirkanmaalta. Lähteet: Pirkanmaan liitto, tilastot 1.1.2007 (osittain Tilastokeskus 2004), Pirkanmaan vesihuollon kehittämissuunnitelma (2006) ja VELVET –rekisteri 2007.

Tilastoja Pirkanmaalta						
Maankäyttö	Pinta-ala km²	Maa-ala km²	Metsämaa km²	Viljelty % maa-alasta	Vesistöt km²	Järviä ≥ 1 ha
	14 658	12 613	lähes 10 000	13	2045	2679
Työpaikat	Alkutuotanto %	Jalostus %	Palvelut %	Muut %		
	2,8	31,3	64,1	1,8		
Väestö	Asukkaita		Asukkaita Tampereen seudulla		Ennuste 2010	
	noin 469 000		320 280		500 000	
Vesihuolto	Vesihuoltolaitokset	Vedenkulutus	Luokiteltuja pohjavesialueita		Pintaveden osuus raakavedestä	
	122 kpl	94 000 m ³ /d	180		lähes puolet	