

Tutkimusprofessori Hannu Komulainen
Terveyden ja hyvinvoinnin laitos
Ympäristöterveyden osasto

Juomaveden mangaaniin liittyy terveysriski

Mangaania talousvedessä on pidetty esteettisenä ongelmana (maku, haju, värjäytyminen). On tullut näyttöä, että juomaveden mangaaniin liittyy myös terveysriski, erityisesti lapsille, myös raskauden aikana. Suomessa erityisesti porakaivovesien suuret mangaanipitoisuudet aiheuttavat terveysriskin.

Mangaani on neurotoksista

Mangaani on elimistölle välttämätön hivenaine (WHO 2011a). Suurina pitoisuuksina ja annoksina se on neurotoksista. Mangaanin neurotoksisuus on tiedetty jo vuodesta 1837. Se tunnetaan hyvin koe-eläimissä ja työperäinen altistuminen mangaanipitoista pölyä hengittäen aiheuttaa neurologisia oireita (Meyer-Baron ym. 2013). Krooninen mangaanimyrkytys aiheuttaa työntekijöille Parkinsonin taudin kaltaisia oireita. Mangaani vaikuttaa aivoissa erityisesti ns.

dopaminergiseen hermostoon. Mangaanin vaikutus aikuisilla näkyy erityisesti motoristen toimintojen hidastumisena kuten Parkinsonin taudissa. Mangaani ei kuitenkaan aiheuta varsinaista Parkinsonin tautia. Ottaen huomioon mangaanin (neuro)toksisuuden, ei ole yllättävää, että siihen liittyy haittavaikutus myös juomavedessä. Asiaa vaan ei ole aikaisemmin riittävän perusteellisesti tutkittu.

Mangaani on terveysriski erityisesti pienille lapsille

Useat väestötutkimukset ovat äskettäin osoittaneet juomaveden mangaanipitoisuuden olevan yhteydessä haitallisiin terveysvaikutuksiin lapsilla (Bouchard ym. 2011, Khan ym. 2011, Wasserman ym. 2011). Kun juomaveden mangaanipitoisuus on ylittänyt 100 µg/l, ja vettä on käytetty koko eliniän ajan, 1–12 vuotiailla lapsilla on todettu oppimisvaikeuksia, käyttäytymishäiriöitä ja hienomotoristen toimintojen hidastumista. Äärimmäisenä vaikutuksena on todettu yhteys alentuneeseen älykkyysosamäärään. Vaikutus on osin samantapainen kuin lyijyn vaikutus. Yhteys haittaan on sitä vahvempi,

mitä suurempi on veden mangaanipitoisuus. Vaikutukset ovat tulleet selvimmän esille kun veden mangaanipitoisuus ylittää 300–400 µg/l. Vaikutusten pitkäaikaisuudesta on vielä vähän seurantatietoa, mutta koe-eläimissä vaikutukset säilyvät aikuisiällä asti eli kyseessä on todennäköisesti pysyvä keskushermostoon kohdistuva haitta. Siten terveysriskiä on pidettävä vakavana. Myös raskauden aikainen altistuminen suurille juomaveden mangaanipitoisuuksille aiheuttaa lapselle kehitysaikaisen terveysriskin. Yllättävää on, että haittavaikutukset eivät ole assosioituneet ravinnossa saatuun mangaaniin, vaikka ravinnossa saadaan päivittäin moninkertaisesti enemmän mangaania kuin juomavedestä. Toistaiseksi tuntemattomasta syystä mangaani juomavedessä on haitallisempaa kuin ravinnossa saatuna. Samansuuntaisia havaintoja liittyy myös arseeniin ja alumiiniin.

Mangaanin haitallisuudesta lapsille on saatu vahvistusta altistumisesta kaivosympäristöissä, mm. mangaanirikastamon läheisyydessä (Riojas-Rodríguez ym. 2010, Menezes-Filho ym. 2011, Torres-Agustín ym. 2013). Mangaanikaivosympäristöissä asuneilla lapsilla on havaittu yhteys samantyyppisiin oireisiin kuin mangaanista juomavedessä. Lapset altistuvat pilaantuneesta maasta pääasiassa pölyä hengittämällä ja suorasta kontaktista maa-ainekseen.

Juomaveden mangaani aiheuttaa terveysriskin myös aikuisille, mutta huomattavasti suurempina pitoisuuksina. Vaikutukset ovat myös erilaisia, koska hermosto on jo kehittynyt. Aikuisilla on havaittu pääasiassa motoristen toimintojen hidastumista (mm. lisääntynyt ”kömpelyys”). Aikuisia on tutkittu vähemmän kuin lapsia. Koko totuutta vaikutuksista aikuisiin ei välttämättä vielä tiedetä.

Tiedossani ei ole tutkimuksia juomaveden mangaanin terveyshaitoista Suomessa. Terveysriskit ovat todennäköisesti samat.

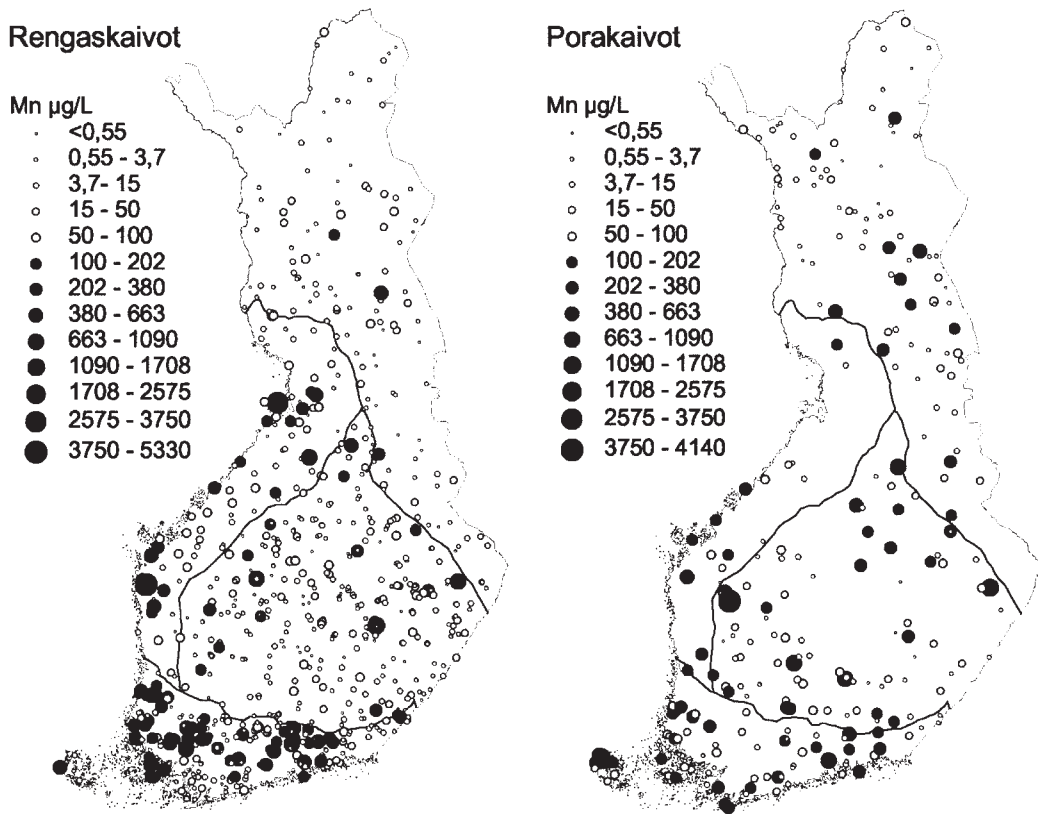
Mangaanin toksikokinetiikka

Mangaani imeytyy suun kautta alle 5 % (WHO 2011a). Se ei imeydy merkittävästi

ihon läpi. Elimistössä mangaani käyttää liikkueensa osin samoja mekanismeja kuin rauta (Roth 2006). Elimistön rautastatus vaikuttaa mangaanin kinetiikkaan. Esimerkiksi anemia lisää elimistön mangaanikuormaa. Mangaani läpäisee istukan ja pääsee aivoihin. Se pääsee aivoihin myös nenästä hajuhermoa pitkin. Siten hengitetty mangaani voi päätyä nenän limakalvoilta suoraan aivoihin. Äidinmaidossa ei ole korkeita pitoisuuksia mangaania, vaikka sitä vedestä ylimäärin saataisiinkin. Mangaani erittyy pääasiassa sappien ja sen myötä ulosteissa elimistöstä. Mangaanin puoliintumisaika veressä on lyhyt (< 2 tuntia), mutta kudoksissa paljon pitempi (yli 50 päivää). Silti mangaani ei kerry pitkäaikaisesti mihinkään kudokseen. Hiusten mangaani kuvastaa parhaiten pitempiä aikoja altistumista mangaanille. Veren mangaanipitoisuus on huono altistumisen indikaattori. Se kuvastaa ainoastaan aivan viime päivien altistumista.

Mangaanin raja-arvot talousvedessä

Mangaanin haitallisuutta juomavedessä ei ole arvioitu tieteellisesti uusimman tiedon pohjalta raja-arvon suhteen. Mangaanille ei ole ollut lainsäädännössä laatuvaatimusta (raja-arvoa), Suomessa eikä EU:ssa, ainoastaan laatusuositus (enintään 50 µg/l isojen vesilaitosten toimittamassa vedessä, enintään 100 µg/l yksityiskaivoissa). WHO on perustanut mangaanin haitallisuuden arvioinnin juomavedessä haitattomaksi todettuun saantiin ravinnossa. Arvion mukaan pitoisuus 400 µg/l juomavedessä olisi vielä haitatonta (WHO 2011b). Kuten on käynyt ilmi, ravinnon mangaani ei ole kuitenkaan oikea perusta haitallisuuden arvioinnille juomavedessä. Viimeisimmässä WHO:n arvioissa (WHO 2011b) mangaanin suositusraja-arvo mangaanille juomavedessä on poistettu, perusteena, että mangaania ei yleensä esiinny näin suurina pitoisuuksina (400 µg/l). Mangaani juomavedessä tulisi kuitenkin pikaisesti arvioida uudelleen. WHO:n uutta arviota on vaadittu myös tieteellisessä kirjallisuudessa (Frisbie



Kuva 1. Porakaivojen ja rengaskaivojen mangaanipitoisuuksia Suomessa (Lahermo ym. 2002).

ym. 2012). Olemassa olevia laatusuosituksia noudattaen (50 µg/l isojen vesilaitosten vedessä, 100 µg/l kaivovesissä) juomaveden mangaanin terveysriski on pieni. Laatusuositukset ovat terveydelle haitalliseksi tiedettyjen pitoisuuksien alapuolella. Riskiin vaikuttaa myös päivittäin käytetyn veden määrä ja sen säännöllisyys. Todetut haitat liittyvät veden pitkäaikaiskäyttöön.

Koska mangaani ei imeydy merkittävästi ihon läpi, pesuvedestä mangaania ei helposti päädy elimistöön. Peseytymisvetenä voi siten käyttää mangaanipitoisempaa vettä kuin juomavetenä. Mangaanin käyttäytymistä löylyvedestä kiukaalle heitettynä, ja siihen liittyvää altistumista löylyssä, ei toistaiseksi tiedetä. On suositeltavaa, että kovin mangaanipitoista vettä ei käytettäisi pesu- eikä löylyvetenä.

Uusien havaintojen perusteella STM, THL, Valvira ja SYKE ovat antaneet äskettäin (9.12.2013, Tietoa mangaanista. 2013) seuraavat suositukset mangaanin poistosta talousvedestä: 50 µg/l, mangaanin poisto vesihuoltolaitosten vedenkäsittelyssä; 100 µg/l, mangaanin poisto; 400 µg/l vettä ei käytetä talousvetenä ilman mangaanin poistoa.

Mangaani juomavedessä Suomessa

Mangaani on raudan ohella tavanomaisin alkuaine, jota esiintyy erityisesti kaivovesissä suurina pitoisuuksina. Hieman koholla olevia mangaanipitoisuuksia voi olla myös vesilaitosten vedessä. Noin joka neljännessä suomalaisessa porakaivossa (25 %) mangaanipitoisuus on yli 100 µg/l

(Lahermo ym. 2002) . Suurimmat todetut pitoisuudet kaivovesissä ovat olleet tasoa 4000–5000 µg/l (kuva 1). Vesi on tällöin jo aistittavissakin hyvin pilaantuneeksi.

Suuria mangaanipitoisuuksia kaivovesissä esiintyy joka puolella Suomea (kuva 1). Esiintymisessä porakaivoissa ei ole maantieteellistä eroa. Rengaskaivoissa rannikko-seuduilla on ilmeisesti enemmän korkeita pitoisuuksia kuin muualla Suomessa (kuva 1). Mangaanin pitoisuutta kaivossa ei voi ennustaa. Se on jokaisesta kaivosta määritettävä erikseen. Pitoisuuden saa tiedoksi osana tavanomaista kaivon veden kemiallisen laadun selvitystä, joka suositellaan tehtäväksi jokaiselle kaivolle (SYKE 2013). Esimerkiksi Kanadassa kaivoveden mangaanipitoisuudessa ei ole todettu merkittävää vuodenaikaisvaihtelua (Barbeau ym. 2011). Ei ole tiedossa, onko tulos yleistettävissä Suomeen, mutta jo kertamääritys kaivosta kertoo mangaanin yleisen pitoisuustason. On todennäköistä, että tällä hetkellä Suomessa on käytössä kaivoja, joiden veden mangaanipitoisuus on tasolla, johon liittyy merkittävä terveysriski veden käyttäjien sitä tietämättä. Mangaanin osoittautuminen haitalliseksi juomavedessä tekee kaivovesien laadun analysoinnin entistä tärkeämmäksi.

Mangaania voidaan poistaa vedestä mangaanipoistolaitteilla. Kationinvaihtohartsit ja käänteisosmoosi ovat tehokkaita keinoja, aktiivihiihliisuodatus ei sitä poista vedestä (Bouchard ym. 2011). Laitteiden ylläpidosta ja oikea-aikaisesta huollosta on syytä huolehtia estämään liiallinen mangaanialtistuminen. Mangaania kertyy vesiputkistossa biofilmiin (Ginige ym. 2011). Biofilmin irtoaminen nostaa veden Mn-pitoisuutta. Mangaanin kanssa vedessä on usein yhtä aikaa myös epätavallisen paljon rautaa, mutta ei aina. Mangaani saattaa yksin olla veden laatua pilaavana tekijänä. Mangaanin poistosta vedestä on tietoa SYKE:n www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennushanke/Talotekniset_jarjestelmat_LVI/Vedenhankinta_kaivosta/Kaivoveden_kasittely).

Kirjallisuutta

- Barbeau B. ym. 2011. Spatial and temporal variations of manganese concentrations in drinking water. *Journal of environmental science and health. Part A, toxic/hazardous substances & environmental engineering*, 46:608-616.
- Bouchard M.F. ym. 2011. Intellectual impairment in school-age children exposed to manganese in drinking water. *Env. Health. Perspect.*, 119:138-143.
- Frisbie S.H. ym. 2012. World Health Organization discontinues its drinking-water guideline for manganese. *Env. Health. Perspect.*, 120:775-778.
- Ginige M.P. ym. 2011. Influence of biofilms on iron and manganese deposition in drinking water distribution systems. *Biofouling*, 27:151-163.
- Khan K. ym. 2011. Manganese exposure from drinking water and children's classroom behavior in Bangladesh. *Env. Health. Perspect.*, 119:1501-1506.
- Lahermo P. ym. 2002. Tuhat kaivoa – Suomen kaivovesien fysikaalis-kemiallinen laatu vuonna 1999. Tutkimusraportti 155, Geologian tutkimuskeskus.
- Menezes-Filho J.A. ym. 2011. Elevated manganese and cognitive performance in school-aged children and mothers. *Environ. Res.* 111:156-163.
- Meyer-Baron M. ym. 2013. The neurobehavioral impact of manganese: Results and challenges obtained by a meta-analysis of individual participant data. *Neurotoxicology*, 36:1-9.
- Riojas-Rodríguez H. ym. 2010. Intellectual function in Mexican children living in mining area and environmentally exposed to manganese. *Env. Health. Perspect.*, 118:1465-1470.

Roth J.A. 2006. Homeostatic and toxic mechanisms regulating manganese uptake, retention, and elimination. *Biol. Res.* 39:45-47.

SYKE 2013. Hyvä kaivo-esite. http://www.syke.fi/fi-FI/Julkaisut/Esitteet/Hyva_kaivo_esite%281959%29

Tietoa mangaanista. 2013. (http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennushanke/Talotekniset_jarjestelmat_LVI/Vedenhankinta_kaivosta)

Torres-Agustín R. ym. 2013. Effect of environmental manganese exposure on verbal learning and memory in Mexican children. *Environmental research*, 121:39-44.

Wasserman G.A. ym. 2011. Arsenic and manganese exposure and children's intellectual function. *Neurotoxicology*, 32:450-457.

WHO 2011a. Manganese in drinking water. Background document for development of WHO Guidelines for drinking- water quality. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/manganese.pdf

WHO 2011b. Manganese. Guidelines for drinking-water quality. 4th Edition. http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/dwq_guidelines/en/ ■