

Terveysvaikutukset alhaisilla altistustasoilla

Ilmansaasteet ja syntymäpaino

Ilmansaasteita, erityisesti pienhiukkasia, pidetään yhtenä tärkeimmistä terveyteen vaikuttavista ympäristöriskitekijöistä. Suomessa ilmansaastepitoisuudet ovat jo pitkään alittaneet Maailman terveysjärjestön aiemmat terveysperusteiset ohjearvot ja olleet lisäksi laskusuunnassa. Kun ohjearvoja juuri äskettäin tiukennettiin viime vuosikymmenellä kertyneen tieteellisen näytön valossa, on kiinnostavaa tarkastella myös Suomen tilannetta. Käynnissä olevassa Akatemiahankkeessa havaitaan lapsen syntymäpainon alenema raskaudenaikaisen altistuksen seurauksena, ilman viitteitä turvallisesta tasosta.

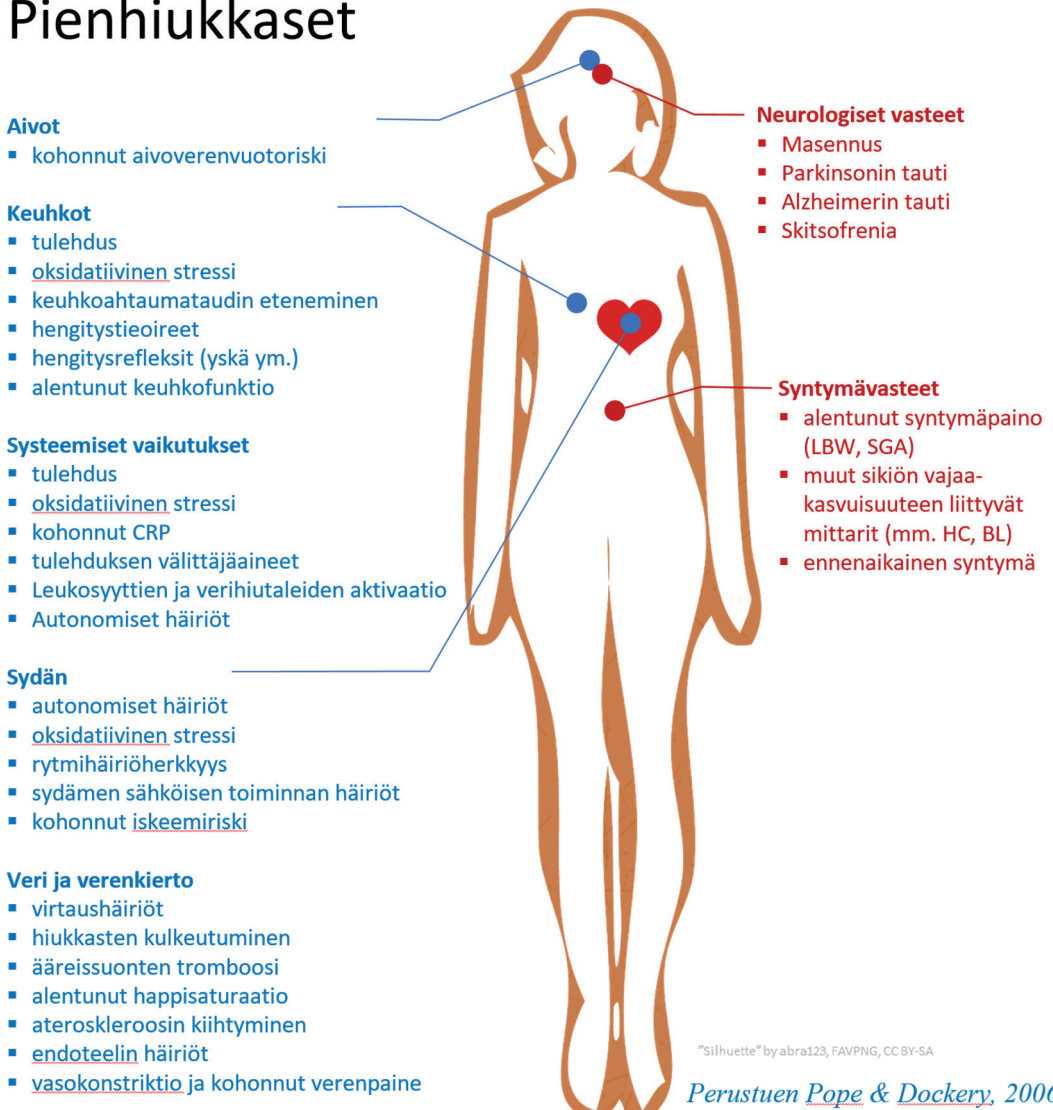
Pienhiukkaset on liitetty laajaan joukkoon terveysvasteita. Ne lisäävät keuhko- ja sydän- ja verisuonisairauksien ilmaantuvuutta, mutta myös keuhkosyöpää, tulehdusreaktioita, diabetesta ja lisääntymisterveyden häiriötä (Pope & Dockery 2006; Chen & Hoek 2020). Uudemmissa tutkimuksissa huomiota kiinnitetään lisäksi mm. syntymävasteisiin, mielenterveyteen ja neurologisiin sairauksiin, joiden osalta uusia löydöksiä odotetaan kuumeisesti (Kuva 1). Käynnissä olevassa nelivuotisessa APPEAL-akatemiahankkeessa tutkitaan lasten syntymäpainon ja raskaudenaikaisen altistuksen välistä yhteyttä Suomessa osana yhteispohjoismaista tutkimusta.

Ulkoilman saasteiden terveysvaikutuksia koskevissa kotimaisissa laskelmissa on arvioitu vaikutusten olevan noin 2000 ennen aikaista kuolemantapausta ja noin 35 000 haittapainotettua elinvuotta (DALY) vuosittain (Lehtomäki ym. 2018, 2020). Haittapainotetuissa elinvuosissa huomioidaan

niin sairauden kuin myös kuoleman vuoksi menetetyt terveet elinvuodet. Ilmansaasteiden osalta kokonaishaitat painottuvat edelleen vahvasti kuolleisuuteen (n. 95 % kokonaistaakasta), vaikka on myös esitetty, että sairastavuusvaikutukset saattavat olla merkittävästi aliarvioituja. Kotimaisten arvioiden mukaan ilmansaasteiden aiheut-

tamista kuolemantapauksista 1600 liittyy pienhiukkasiin, 160 hengitettäviin hiukkasiin, 240 typpidioksidiin ja 40 otsonialtistukseen (Lehtomäki ym. 2018). Kansainväliset arviot pienhiukkasten kuolleisuusvaikutuksista Suomessa vaihtelevat välillä 300–4000 kuolemantapausta vuodessa (Murray ym. 2020; Lelieveld ym. 2019).

Pienhiukkaset



Kuva 1. Mihin kaikkiin elimiin ja kehon järjestelmiin ilmansaasteet vaikuttavat? Aiemmat tutkimukset ovat osoittaneet monien elinten ja elinjärjestelmien olevan alttiita pienhiukkasten vaikutuksille. Näiden lisäksi uusissa tutkimuksissa pyritään selvittämään ilmansaasteiden osuutta neurologisiin sairauksiin ja syntymävasteisiin.

Matalat altistustasot Suomessa

Suomessa ilmanlaatu on kansainvälisesti hyvä ja esimerkiksi WHO:n aiemmat terveysperusteiset ohjearvot ovat alittuneet. Siten on ollut perusteltua kysyä, kuinka paljon huomiota ilmansaasteiden haittoihin maassamme oikeastaan kannattaa kiinnittää huomiota? Maailmanlaajuisesti ei aiemmin ole juuri ollut mahdollista tarkastella terveysvaikutuksia näin puhtaassa ilmassa, sillä vertailuväestöjenkin altistus on ollut korkeampaa. Nyt kuitenkin ilmanlaadun parantuessa miltei kaikkialla mahdollisuudet tutkia terveysvaikutuksia matalilla tasoilla ovat parantuneet.

Tässä artikkelissa esittelemme alustavia tuloksia käynnissä olevasta laajasta kotimaisesta syntymäkohorttitutkimuksesta, jossa on mukana yhteensä noin 1,7 miljoonaa synnytyistä. Raskauden aikaiset altistukset kuudelletoista ilmansaastekomponentille on arvioitu yhteispohjoismaisessa

NordicWelfareAir-tutkimushankkeessa, jota koordinoi Aarhusin yliopisto Tanskasta, ja johon Suomesta ovat osallistuneet Ilmatieteen laitos, Suomen ympäristökeskus sekä Terveystieteiden ja hyvinvoinnin laitos. Pitoisuudet on arvioitu yhdistämällä laajemman skaalan kemiallisen muutunnan DEHM-mallin tulokset paikallisten päästöjen aiheuttamiin pitoisuuksiin yhden kilometrin resoluutiolla UBM-mallilla. Ilmatieteenlaitos vastaa tulosten vertaamisesta ilmanlaatumittauksiin ja raportoi näistä laadunvarmistustuloksista erikseen.

Kun 1980-luvun lopussa äitien raskauden aikaisen PM_{2.5} altistuksen arvioidaan olleen melkein 11 µg/m³, niin 2010-luvulle tultaessa altistus oli laskenut alle puoleen tasolle 5 µg/m³ (Taulukko 1). Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) ja typpidioksidin (NO₂) altistukset laskivat samalla tarkastelujaksolla myös merkittävästi (n. -50 % ja -17 %) 1980-luvun tasosta, kun taas otsonin (O₃) osalta altistus nousi jonkin verran, noin 8 %.

Taulukko 1. Äitien raskauden aikainen altistuminen ilmansaasteille on selvästi alentunut vuodet 1991–2016 käsittävässä aineistossa. Myös syntyvyys on alentunut samalla jaksolla väestön kasvusta huolimatta.

Ajanjakso	Synnytyksiä		PM _{2.5}	PM ₁₀	NO ₂	O ₃
	vuodessa (±sd)	jaksolla	ka.(±sd) µg/m ³	ka.(±sd) µg/m ³	ka.(±sd) µg/m ³	ka.(±sd) µg/m ³
1987-1989	56 447 (± 2 146)	169 340	10,8 (±4,2)	16,6 (±8,9)	17,9 (±12,6)	47,3 (±10,4)
1990-1999	55 684 (± 4 309)	556 840	8,1 (±3,2)	12,9 (±6,6)	17,5 (±11,9)	47,9 (±9,6)
2000-2009	50 256 (± 1 146)	502 556	6,1 (±2,0)	10,2 (±4,3)	16,3 (±11,8)	49,9 (±8,6)
2010-2016	48 726 (± 3 192)	341 080	4,9 (±1,5)	8,4 (±3,3)	14,9 (±12,6)	51,3 (±8,6)
Koko jakso						
1987-2016	52 327 (± 4 341)	1 569 816	7,1 (±3,2)	11,4 (±6,2)	16,6 (±12,1)	49,2 (±9,3)

ka. keskiarvo, sd keskihajonta

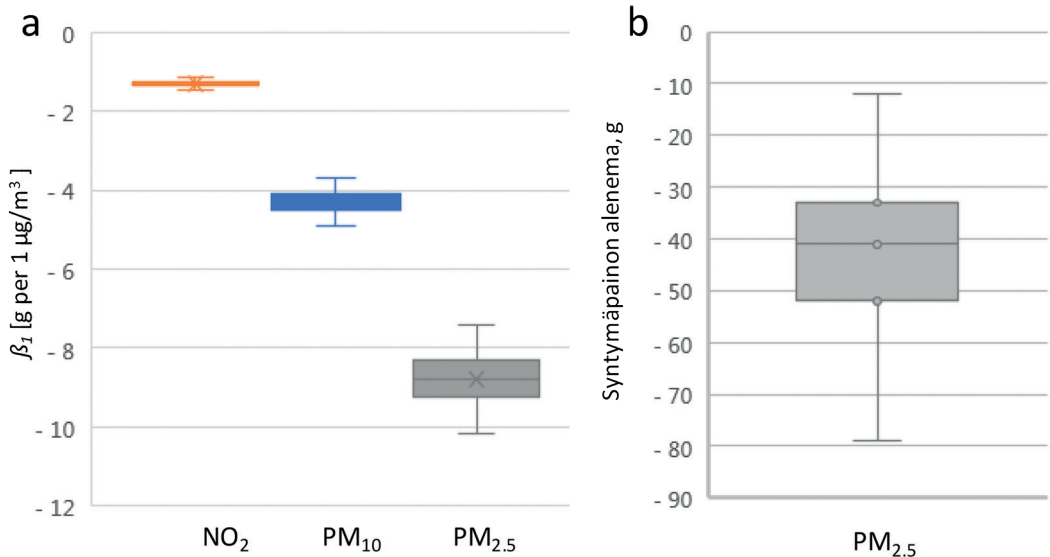
Vaikutusarvioissa käytetyt pitoisuus-vaste-funktiot

Tiedeyhteisö on hyvin aktiivisesti pyrkinyt parantamaan ymmärrystä ilmansaastetasojen ja niiden aiheuttamien haittojen suhteesta. Aiemmissä arvioissa 00-luvulla käytettiin pääasiassa lineaarisia ja siten log-lineaarisia vasteita. 2010-luvulla käyttöön on amerikkalaisvetoisesti otettu sublineaariset parametriset sovitteet, joita on tarkennettu useaan otteeseen. Kaikissa näissä on ollut mukana suomalaisittain hyvin kiinnostava taustapitoisuuksien leikkausraja, jonka alapuolinen mahdollinen vaste jätetään huomiotta. Koska Suomessa ilmanlaatu on hyvä, leikkaustason valinnasta riippuen suurikin osa väestöstä jää tämän keinotekoisen rajan alapuolelle, ja on erittäin kiinnostavaa kotimaisten aineistojen avulla pyrkiä selvittämään, onko leikkausrajan alapuolella mahdollisesti terveysvaikutuksia, jotka olisi tärkeää huomi-

oida. Alkuperäisissä vuotta 2010 koskevista Global Burden of Disease (GBD) -arvioissa tuo leikkauksen alaraja oli pienhiukkasille $5,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mutta sen jälkeen sitä on laskettu tasolle $2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Edellinen merkitsi, että suurin osa suomalaisista jäi arvioiden ulkopuolelle ja jälkimmäinenkin jättää vielä noin 6 % väestöstä pois vuoden 2016 tilanteessa. GBD-arvioissa leikkausrajaa on osittain kompensoinut vastefunktion jyrkkä muoto juuri suomalaisilla altistustasoilla $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tuntumassa.

Kotimaisen syntymäkohortin alustavat tulokset

Nyt ensimmäistä kertaa MATEX-syntymäkohorttiin on voitu kytkeä arviot äitien raskaudenaikaisesta altistumisesta 16 ilmansaasteelle, sisältäen tärkeimpien perinteisten komponenttien lisäksi mm. hiukkasten koostumusta kuvaavia osia. Aiemmin kohorttia on analysoitu useissa



Kuva 2. (a) Kolmen ilmansaasteen vaikutus syntymäpainoon altistus-mikrogrammaa kohti jaksolla 2012–2016 ja (b) havaittu pienhiukkasiin liittyvä syntymäpainon aleneman vaihtelu.

tutkimuksissa mm. raskaudenaikaisen tupakoinnin vaikutusten selvittämiseksi. Itse kohortti on kuvattu yksityiskohtaisesti aiemmin (Rumrich ym. 2017).

Tässä esitettävissä alustavissa vuosia 2012–2016 koskevilla laskelmissa käytettiin logistista monimuuttujaregressiota. Esitämme tässä muutamia päätuloksia mallista M2, jossa huomioidaan sekoittavien tekijöiden osalta äidin ikä, lapsen sukupuoli, synnytyksen vuodenaika, raskauden kesto; sekä sosioekonomiset tekijät, äidin aiemmat raskaudet ja raskautta edeltävä painoindeksi. Mukana ei vielä ole monisaastemalleja, joissa pyrittäisiin arvioimaan ilmansaasteiden yhteisvaikutusta.

Juuri valmistuneet ja vielä vertaisarvioimattomat tulokset Suomen Akatemian APPEAL-hankkeessa osoittavat, että syntyvien lasten paino aleni vuosina 2012–2016 pienhiukkasaltistuksen vaikutuksesta keskimäärin hiukan yli 40 g. Puolella lapsista vaikutuksen vaihtelualue oli -33 – -52 g. Yhtä $PM_{2,5}$ mikrogrammaa kohti vaikutus oli keskimäärin n. 9 g. Vastaavasti typpidioksidin vaikutus on 1,3 g ja hengitettävien hiukkasten 4,3 g yhtä altistuksen mikrogrammaa kohti; näiden osalta kokonaisvaikutus oli myös varteenotettava, mutta pienempi (18 ja 34 g) kuin pienhiukkasilla. (Kuva 2)

Suomessa lasten keskimääräinen syntymäpaino on 3500 ± 500 g ja karkeasti reilu tuhat vauvaa vuodessa syntyy alipainoisena (syntymäpaino alle 2500 g). Tässä saatujen tulosten valossa karkeasti arvioiden pari sataa lasta syntyy alipainoisena äidin raskauden aikaisen ilmansaastealtistuksen takia. Vaikka nämä lukuarvot ovat suhteellisen pieniä, ne osoittavat varsin selkeää yhteyttä meillä vallitsevan lähes maailman puhtaimman ilman ja tämän herkän vaikutuksen välillä. Mitään merkkiä turvallisesta tasosta ei tässä tutkimuksessa ole vielä havaittu, vaikka tarkoituksemme on sitä vielä yksityiskohtaisesti selvittää.

Pohdintaa

Tässä esitetyt tulokset ovat alustavia ja vertaisarvioimattomia. Liittyen teemanumeroon ja juuri julkaistuihin ilmanlaadun ohjearvopäivityksiin halusimme tuoda mukaan kotimaiseen keskusteluun tuoreimmat tulokset siitä, että sekä esitetyt väitteet terveystavotteiden monikirjoisuuden kasvamisesta syntymävasteiden osalta että vaikutukset aikaisempien ohjearvojen alapuolella saavat tukea myös kotimaisesta tutkimuksesta.

Aiemmin espoolaista syntymäkohorttia 1980-luvun tilanteessa Oulun yliopistossa tutkinut **Nazeeba Siddika** havaitsi myös selkeän yhteyden ilmansaastealtistuksen ja syntymävasteiden välillä. Altistustasot tuossa eteläsuomalaisessa kaupunkikohortissa olivat selvästi nykyistä korkeampia ja aineiston koko rajallinen. Siten nyt käsillä olevat päivitykset täydentävät hyödyllisellä tavalla käsitystä nykytilanteesta 2010-luvulla.

Johtopäätökset

Syntymäkohorttitulokset Suomesta vuosilta 2012–2016 osoittavat selkeästi, että tupakoimattomien äitien synnyttämien lasten syntymäpaino on yhteydessä äitien raskauden aikaiseen ilmansaastealtistukseen. Erityisesti syntymäpainoltaan mediaanin alapuolella olevat vauvat ovat menettäneet syntymäpainoaan äitien altistuksesta riippuen tyypillisesti 30–50 g (95 % vaihteluväli 11–79 g). Tämä sekä lisää melko merkittävästi alipainoisuuden riskiä että osoittaa ilmansaasteiden vaikuttavan terveyteen myös tässä maailman puhtaimmassa maassa. Nämä alustavat tutkimustulokset eivät anna viitteitä turvallisesta kynnystasosta.

Typpidioksidi lisättiin lähes kymmenen vuotta sitten Maailman terveysjärjestön suosituksiin ilmansaasteiden vaikutus-

ten arvioinnista ja näin on ennenaikaisen kuolleisuuden osalta tehty myös aiemmissa laskennallisissa arvioissa Suomessa. Nyt tässä tutkimuksessa havaitaan erityisen johdonmukainen yhteys raskaudenaikaisen NO₂-altistuksen ja syntymäpainon välillä korostaen tämän komponentin huomioimisen tärkeyttä.

Maaailman terveysjärjestö on 22.9.2021 julkaissut ilmanlaadun päivitettyt terveysperusteiset ohjeavrot. Kaikkia tässä artikkelissa mainittujen komponenttien ohjearvoja tiukennettiin merkittävästi. Aiempi tilanne, jossa ohjeavrot Suomessa lähes aina alituitivat, on nyt muuttunut ja merkittävä osa väestöstä altistuu tasoille, jotka uusien ohjearvojen valossa ovat terveydelle haitallisia.

Annosvastefunktioiden lineaarisuuden ja kynnystason osalta kotimaiset tutkimustarpeet korostuvat.

Altistusarviot perustuvat ilmanlaadun mittausverkoston lisäksi mallitukseen NordicWelfare ja BATMAN -hankkeissa. Epidemiologinen kysymyksenasettelu perustuu pohjoismaiseen yhteistyöhön NordicWelfare-hankkeessa ja on toteutettu Akatemian rahoittamana APPEAL-hankkeessa. Haluamme erityisesti kiittää kotimaisia yhteistyökumppaneitamme SYKE (päästöarviot) ja FMI (ilmanlaadun mallittaminen) heidän panoksestaan ym. hankkeissa.

Viitteet

- Chen and Hoek, 2020. Long-term exposure to PM and all-cause and cause-specific mortality: A systematic review and meta-analysis. *Environment International*, *Environment International* 143 (2020) 105974. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105974>
- Lehtomäki H, Korhonen A, Asikainen A, Karvosenoja N, Kupiainen K, Paunu V, Savolahti M, Sofiev M, Palamarchuk Y, Karppinen A, Kukkonen J, Hänninen O, 2018. Health Impacts of Ambient Air Pollution in Finland. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15:736. <http://www.mdpi.com/1660-4601/15/4/736> <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2019110737052>
- Lehtomäki H, Geels C, Brandt J, Rao S, Yaramenka K, Åström S, Andersen MS, Frohn LM, Im U, Hänninen O, 2020. Deaths attributable to air pollution in Nordic countries: disparities in estimates. *Atmosphere* 11:467 (15 pp). <https://www.mdpi.com/2073-4433/11/5/467> (accessed 2020-05-05).
- Lelieveld J, Iler K, Pozzer A, Pöschl U, Fnais M, Daiber A, Münzel T, 2019. Cardiovascular disease burden from ambient air pollution in Europe reassessed using novel hazard ratio functions. *European Heart Journal* (2019) 0, 1–7, doi:10.1093/eurheartj/ehz135
- Murray C, Aravkin A, Zheng P et al. 2020. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet* 2020; 396: 1223–49. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30752-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30752-2).
- Pope, C.A., Dockery, D., 2006. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *J. Air Waste Manage. Assoc.* 56, 709–742.
- Rumrich I, Vähäkangas K, Viluksela M, Gissler M, Surcel H-M, de Ruyter H, Jokinen J, Hänninen O, 2017. The MATEX cohort – a Finnish population register birth cohort to study health effects of prenatal exposures. *BMC Public Health*, 17:871. DOI 10.1186/s12889-017-4881-8. Open access from <http://rdcu.be/yeC4> (2017-11-09) <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2019110737074> ■