

Taina Siponen, tutkija

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, ympäristöterveys

Pekka Tiittanen, erikoissuunnittelija

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, ympäristöterveys

Timo Lanki, johtava tutkija, professori

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos, ympäristöterveys

Itä-Suomen yliopisto, Lääketieteen laitos & Ympäristö- ja biotieteiden laitos

Katupölypitoisuuksien yhteys sairauspoissaoloihin

Katupöly on merkittävä karkeiden hiukkasten lähde kaupunkiympäristöissä.

Katupölyn suhteellisen merkityksen terveyshaittojen aiheuttajana on arvioitu edelleen kasvavan tulevaisuudessa, kun liikenteen haitalliset pakokaasupäästöt edelleen vähentyvät kiristyvän lainsäädännön myötä.

Suomessa katupölypitoisuudet ovat varsin korkeita keväisin. Katupölyn merkityksestä terveyshaittojen aiheuttajana on kuitenkin riittämättömästi tietoa. Tässä artikkelissa kerrotaan tuloksia Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen tutkimuksesta, jossa selvitettiin karkeiden hiukkasten yhteyttä sairauspoissaoloihin Helsingin kaupungin työntekijöillä.

Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksessa on tutkittu jo pitkään kaupunkilman hiukkasista aiheutuvia akuutteja terveyshaittoja pääkaupunkiseudulla hyödyntäen rekisteriaineistoja. Näissä tutkimuksissa on havaittu heikon ilmanlaadun päivinä esiintyvän tavanomaista enemmän sairaalahoidon tarvetta ja lisääntyntä kuolleisuutta; haitat ovat yhdistyneet moneen eri hiukkaskokoluokkaan (Halonen ym. 2009). Karkeiden, maaperän mineraaleja runsaasti sisältävien hiukkasten aiheut-

tamista terveyshaittoista on vähemmän tutkimustietoa kuin kooltaan pienempien ajoneuvojen pakokaasupäästöistä peräisin olevien hiukkasten haitoista. Karkeat hiukkaset sisältävät monia mahdollisia haittatekijöitä, kuten metalleja, kvartsia ja endotoksiineja, jotka voivat vaikuttaa niiden haitallisuuteen.

Viihtyvyyshaittojen ja ärsytysoireiden lisäksi karkeat hengitettävät hiukkaset (PM_{2,5-10}; halkaisija 2,5–10 µm), jatkossa puhutaan yksinkertaisuuden vuoksi vain

”karkeista hiukkasista”, ovat olleet tutkimuksissa yhteydessä vakaviin terveyshaittoihin, kuten sydän- ja hengityselinsairauksien pahenemiseen ja jopa ennenaikaiseen kuolemaan. Siten usean tutkimuksen huomioineessa meta-analyysissä on saatu viitteitä kohonneiden karkeiden hiukkasten pitoisuuksien yhteydestä sairaaläkäynteihin ja kuolleisuuteen (Adar ym. 2014). Katupöly on merkittävä karkeiden hiukkasten lähde kaupunkiympäristössä. Katupölyssä on myös pienenä osana, noin 10 %, kokoluokaltaan pienempiä pienhiukkasia ($PM_{2,5}$; halkaisija $< 2,5 \mu m$). Karkeiden hiukkasten pitoisuudet ovat korkeita erityisesti keväällä, kun talven aikana lumen ja jään alle kertynyt hienoaines vapautuu tuulen ja ajoneuvoliikenteen synnyttämien ilmapvirtausten nostattamana ympäristöön tienpiennarten kuivuttua. Katupölyn suhteellinen merkitys kasvaa tulevaisuudessa, kun liikenteen pakokaasupäästöt vähentyvät kiristyvän lainsäädännön myötä (Ympäristöministeriö 2019).

Ilmansaasteiden vaikutuksista sairauspoissaoloihin on hyvin vähän tutkimuksia. Euroopan unionissa vaikutusarvioinneissa käytetään vanhaa yhdysvaltalaista tutkimusta 80-luvulta (Ostro 1987). Ulkoilman hiukkaset ovat Suomessa merkittävin ympäristöperäinen altiste, kun tarkastellaan niiden aiheuttamaa tautitaakkaa (Hänninen ym. 2020). Näin ollen ne ovat merkittävä kansanterveydellinen ongelma myös Suomessa, missä ilmansaasteiden pitoisuustasot ovat maailmanlaajuisesti tarkasteltuna matalat. Katupölyn sisältämien pienhiukkasten on arvioitu aiheuttavan Suomessa vuosittain noin 50–60 ennen aikaista kuolemantapausta (Soimakallio ym. 2017). Vastaavaa arvioita ei ole tehty karkeiden hiukkasten osalta.

Katupölyn vaikutus sairauspoissaoloihin Helsingissä (PÖLYÄ) tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, ovatko korkeat katupölypitoisuudet yhteydessä sairauspoissaoloihin pääkaupunkiseudulla ja lisätä tietoa karkei-

den hengitettävien hiukkasten merkityksestä terveyshaittojen aiheuttajana.

Tutkimuksen toteutus

Ilmanlaatuaineistona käytettiin Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymän (HSY) vuosina 2002–2017 mittaamia päivittäisiä hengitettävien hiukkasten (PM_{10} , hiukkasten halkaisija $< 10 \mu m$) ja pienhiukkasten pitoisuuksia Kallion kaupunginosassa sijaitsevalla ilmanlaadun kaupunkitaustan mittausasemalla. Herkkyysanalyysissä käytetyt otsonipitoisuudet oli mitattu Luukin alueellisen taustan mittausasemalla ja typpidioksidipitoisuudet Kallion mittausasemalla. Arvio karkeiden hengitettävien hiukkasten pitoisuudesta laskettiin vähentämällä PM_{10} -pitoisuudesta $PM_{2,5}$ -pitoisuus. Kevätpölykaudeksi luokiteltiin 15.3.–15.5. välinen ajanjakso ja ”muuksi ajaksi” luokiteltiin tämän ulkopuolinen aika vuodesta. Tiedot päivittäisistä siitepölypitoisuuksista saatiin Turun yliopistosta.

Terveysaineistona käytettiin Helsingin kaupungin työntekijöiden sairauspoissaolotietoja. Poissaoloja tarkasteltiin yhteisesti kaikkien työntekijöiden osalta sekä erikseen raitiovaunun kuljettajien osalta. Aineistossa oli mukana vuosittain noin 50 000 työntekijää ja yhteensä lähes 2 miljoona poissaoloa. Sairauspoissaolot käsittivät kaikki sairauspoissaolot, myös itse ilmoitetut. Poissaolojaksoista poistettiin työtapaturmista ja kuntoutusjaksoista johtuneet poissaolot.

Päivittäisen uusien sairauspoissaolojen lukumäärän yhteyttä saman ja edellisten päivien hiukkaspitoisuuksiin analysoitiin R-ohjelmistolla käyttäen mgcv-paketin yleistettyä additiivista mallia. Sairauspoissaolojen lukumäärän oletettiin noudattavan kvasi-Poisson-jakaumaa, jolloin vasteen ylihajonta voitiin huomioida. Sekoittavina tekijöinä malleissa huomioitiin pitkän ajan trendi vasteessa, viikonpäivä, yleiset lomapäivät, otsonipitoisuus, lämpötila, ilman

Taulukko 1. Uusien sairauspoissaolojaksojen päivittäinen lukumäärä (lkm) sekä pienhiukkasten (PM_{2,5}; halkaisija alle 2,5 µm) ja karkeiden hengitettävien hiukkasten (PM_{2,5-10}; halkaisija 2,5–10 µm) pitoisuudet.

	Min	Mediaani	Max
Poissaolojakso (lkm)	8	342	1280
Poissaolojakso, raitiovaunun kuljettaja (lkm)	0	3	41
PM _{2,5} (µg/m ³)	0	6,4	57,0
PM _{2,5-10} (µg/m ³)	0	5,1	88,6
PM _{2,5-10} , kevät (µg/m ³)	0	10,2	88,6
PM _{2,5-10} , muu aika (µg/m ³)	0	4,6	87,9

suhteellinen kosteus, siitepölypitoisuus ja influenssaepidemat. Analyysit tehtiin sekä kaikki vuodenajat yhdistäen että kevät-pölykausi erottaen. Analyyseissä kunkin päivän sairauspoissaolojen lukumäärää verrattiin saman päivän (Viive 0), edellisen päivän (Viive 1) jne. hiukkasten vuorokausipitoisuuteen. Yksittäisten päivien hiukkaspitoisuuksien lisäksi analyyseissä käytettiin saman ja edellisen päivän hiukkaspitoisuuden keskiarvoa (D2), sekä saman ja neljän edellisen päivän keskiarvoa (D5, eli viiden päivän keskiarvo). Herkkyysanalyyseissä arvioitiin, kuinka pienet muutokset perusmalleissa vaikuttavat tuloksiin. Herkkyysanalyyseissä malleihin lisättiin typpidioksidipitoisuus. Lisäksi tarkastelu tehtiin sisällyttämällä analyyseihin mukaan ainoastaan kokopäiväiset työntekijät sekä jakamalla aineisto kahteen osaan, jolloin vuodet 2002–2009 ja 2010–2017 analysoitiin erikseen.

Tulokset

Vuorokausipitoisuuksien keskiarvot tarkastelujaksolla on esitetty taulukossa 1. Karkeiden hiukkasten pitoisuus oli kevät-pölykaudella yli kaksinkertainen verrattuna

Taulukko 2. Hiukkaspitoisuuden yhteys sairauspoissaoloihin koko aineistossa, kun mukana on kaikki ammattiryhmät. Tulokset laskettu 10 µg/m³ pitoisuuden kasvua kohti.

	Viive	%-muutos	95% LV
PM _{2,5-10}	0	1,8	0,5-3,0
	1	0,0	-1,3-1,3
	2	-0,3	-1,6-1,1
	3	0,7	-0,5-1,9
	4	-0,4	-1,5-0,8
	D2	1,2	-0,2-2,7
	D5	0,8	-1,1-2,8
PM _{2,5}	0	0,3	-1,6-2,4
	1	1,7	-0,2-3,8
	2	-0,4	-2,4-1,6
	3	0,8	-1,2-2,8
	4	0,2	-1,8-2,2
	D2	1,3	-0,9-3,6
	D5	1,2	-1,7-4,2

Kursivoitu = p-arvo < 0,1

Lihavoitu = p-arvo < 0,05

LV = luottamusväli

PM_{2,5-10} = karkeat hengitettävä hiukkaset, halkaisija 2,5–10 µm

PM_{2,5} = pienhiukkaset, halkaisija <2,5 µm

Viive 0 = saman päivän pitoisuus

Viive 1 = edellisen päivän pitoisuus jne.

Viive D2 = kahden edellisen päivän keskiarvo-pitoisuus

Viive D5 = viiden edellisen päivän keskiarvo-pitoisuus.

Taulukko 3. Hiukkaspitoisuuden yhteys raitiovaununkuljettajien sairauspoissaoloihin koko aineistossa. Tulokset laskettu 10 µg/m³ pitoisuuden kasvua kohti.

	Viive	%-muutos	95% LV
PM _{2,5-10}	0	3,9	-0,8-8,9
	1	3,3	-1,7-8,6
	2	6,8	1,8-12,1
	3	4,0	-1,0-9,2
	4	-1,2	-6,0-3,9
	D2	5,4	0,1-11,0
	D5	8,0	1,4-15,1
PM _{2,5}	0	-2,1	-6,8-2,7
	1	-0,6	-5,4-4,4
	2	1,0	-3,8-6,1
	3	2,9	-2,0-8,0
	4	1,1	-3,8-6,2
	D2	-1,4	-6,7-4,1
	D5	1,6	-5,0-8,6

Kursivoitu = p-arvo < 0,1

Lihavoitu = p-arvo < 0,05

LV = luottamusväli

PM_{2,5-10} = karkeat hiukkaset, halkaisija 2,5–10 µm

PM_{2,5} = pienhiukkaset, halkaisija <2,5 µm

Viive 0 = saman päivän pitoisuus

Viive 1 = edellisen päivän pitoisuus jne.

Viive D2 = kahden edellisen päivän keskiarvopitoisuus

Viive D5 = viiden edellisen päivän keskiarvopitoisuus.

karkeiden hiukkasten pitoisuuden muuna aikana. Karkeiden ja pienhiukkasten välinen korrelaatio oli heikko ollen 0,06 koko tarkastelujaksolla ja 0,24 kevätpölykaudella.

Korkean katupölypitoisuuden päivinä esiintyi tavanomaista enemmän sairauspoissaoloja, kun tarkasteltiin kaikkia Helsingin kaupungilla työskenteleviä ammattiryhmiä (Taulukko 2). Poissaolot lisääntyivät 1,8 % kun karkeiden hiukkasten pitoisuus kasvoi 10 µg/m³. Vastaava vaikutus näkyi pienhiukkasissa, mutta yhden päivän viiveellä.

Rajattaessa tarkastelu raitiovaunun kuljettajiin, nähtiin vaikutus sairauspoissaoloihin kahden päivän viiveellä siitä, kun pitoisuus oli ollut korkea (Taulukko 3). Poissaolot lisääntyivät tällöin 6,8 % kutakin 10 µg/m³ pitoisuustason nousua kohti. Karkeiden hiukkasten kahden ja viiden vuorokauden keskiarvopitoisuus oli myös yhteydessä sairauspoissaoloihin.

Tuloksissa ei havaittu merkkejä siitä, että karkeat hiukkaset olisivat kevätpölykaudella haitallisempia kuin muina aikoina tarkasteltaessa kaikkia Helsingin kaupungin työntekijöiden ammattiryhmiä (Taulukko 4). Sen sijaan raitiovaunun kuljettajilla havaittiin hieman yli 8 %:n lisäys poissaolojen määrässä kevätpölykauden ulkopuolella

Taulukko 4. Karkeiden hengitettävien hiukkasten (PM_{2,5-10}; halkaisija 2,5–10 µm) yhteys sairauspoissaoloihin kevätpölykaudella ja kevätpölykauden ulkopuolella.

	Kevätpölyaika			Muu aika		
	Viive	%-muutos	95% LV	Viive	%-muutos	95% LV
Kaikki työntekijät	0	0,5	-3,2; 4,4	0	1,5	-1,2; 4,4
	1	-1,6	-5,4; 2,5	1	0,5	-2,5; 3,6
	2	-2,5	-6,5; 1,6	2	0,4	-2,7; 3,5
	3	0,2	-3,8; 4,2	3	0,4	-2,3; 3,1
	4	-1,0	-4,6; 2,8	4	-0,3	-2,8; 2,3
	D2	-0,2	-4,5; 4,2	D2	1,1	-2,2; 4,6
	D5	-1,9	-7,6; 4,2	D5	1,0	-3,6; 5,9
Raitiovaunun kuljettajat	0	-4,6	-12,7; 4,4	0	6,2	-0,4; 13,3
	1	0,0	-9,1; 9,9	1	3,3	-3,9; 10,9
	2	-2,8	-11,4; 6,6	2	8,5	1,2; 16,2
	3	-7,7	-16,0; 1,4	3	8,0	1,3; 15,2
	4	-7,3	-16,0; 2,3	4	2,5	-4,3; 9,7
	D2	-2,9	-12,4; 7,8	D2	4,8	-3,2; 13,4
	D5	-11,0	-21,6; 1,0	D5	16,0	5,3; 27,7

Kursivoitu = p-arvo < 0,1

Lihavoitu = p-arvo < 0,05

LV = luottamusväli

Viive 0 = saman päivän pitoisuus

Viive 1 = edellisen päivän pitoisuus jne.

Viive D2 = kahden edellisen päivän keskiarvopitoisuus

Viive D5 = viiden edellisen päivän keskiarvopitoisuus.



Kuva: ScandinavianStockPhoto.

//

Karkeiden hiukkasten yhteys sairauspoissaoloihin näkyi voimakkaammin raitiovaunun kuljettajilla verrattuna kaikkiin työntekijöihin.

kahden ja kolmen päivän viiveellä, kun karkeiden hiukkasten pitoisuus nousi $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Yhteys oli voimakkaampi, kun tarkasteltiin viiden vuorokauden keskiarvopitoisuutta. Tällöin sairauspoissaolot lisääntyivät 16 %. Kevätpölykaudella hiukkaspitoisuudet eivät olleet yhteydessä raitiovaunun kuljettajien sairauspoissaoloihin.

Herkkyysanalyysissä perustulos ei muuttunut, kun malleissa tarkasteltiin ainoastaan kokopäiväisiä työntekijöitä.

Typpidioksidin lisääminen malleihin ei vaikuttanut olennaisesti arvioon hiukkasten vaikutuksesta sairauspoissaoloihin. Tulokset eivät olennaisesti poikenneet toisistaan karkeiden hiukkasten osalta myöskään ajanjaksoina 2002–2009 ja 2010–2017. Korkeiden otsoni- ja siitepölypitoisuuksien ei havaittu vaikuttavan karkeiden hiukkasten vaikutuksiin.

Johtopäätökset

Tässä aineistossa katupölylle altistuminen näytti lisäävän hieman Helsingin kaupungin työntekijöiden sairauspoissaoloja. Karkeiden hiukkasten pitoisuuden kasvaessa $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sairauspoissaolot lisääntyivät 1,8 %. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi ilmanlaadun heikentyessä keskimääräisestä (mediaani) heikommaksi (75. prosenttipiste = $7,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) seuraa 1–2 sairauspoissaoloa päivässä. Vaikutus on samaa luokkaa pienhiukkasten vaikutusten kanssa.

Karkeiden hiukkasten yhteys sairauspoissaoloihin näkyi voimakkaammin raitiovaunun kuljettajilla verrattuna kaikkiin työntekijöihin. Raitiovaunun kuljettajat altistuvat työssään helposti enemmän kaupunkiympäristössä esiintyvälle ilmansaasteille kuin sisäympäristöissä työskentelevät. Karkeat hiukkaset tunkeutuvat pienhiukkasia huonommin sisätiloihin, mikä vähentää katupölylle altistumista esimerkiksi toimistossa työskentelevillä. Raitiovaunun kuljettajat eivät sen sijaan voi välttyä ovien avautumisen seurauksena sisään pääseviltä epäpuhtauksilta. Raitiovaunun kuljettajilla havaittu suurempi karkeiden hiukkasten vaikutus sairauspoissaoloihin vahvistaa käsitystä katupölyn haitallisuudesta.

Karkeiden hiukkasten yhteys sairauspoissaoloihin havaittiin kevätpölykauden ulkopuolisena aikana. Tulos on syytä pyrkiä toistamaan muissa tutkimusasetelmissä jo siksi, että kevätkauden aineisto on varsin pieni. On kuitenkin mahdollista, että karkeat hiukkaset todella olisivat vähemmän haitallisia kevään katupölyaikana. Yhtenä selityksenä tälle voisi olla, että juuri jauhautuneet hiukkaset ovat esimerkiksi alkutalvesta biologisesti reaktiivisempia.

Katupölyä ja siten karkeita hiukkasia on ilmassa kaikkina vuodenaikoina ja hiukkaset ovat terveydelle haitallisia. Johtuen karkeiden hiukkasten vähäisestä kulkeutumisesta ulkoa sisätiloihin ovat vilkkaasti liikennöityjen katujen välttäminen, ikkunoiden ja ovien kiinni pitäminen sekä tehokkaasta tuloilman suodatuksesta huolehtiminen tehokkaita keinoja vähentää altistumista katupölylle. Myös katupölyn muodostumisen vähentäminen suosimalla kitkarenkaita nastarenkaiden sijaan sekä tehokas pölyntorjunta erityisesti kevät-pölykaudella vähentävät hengitysilmaan päätyvän katupölyn määrää ja siten altistumista.

Kiitokset

Kiitämme Helsingin seudun ympäristöpalvelut kuntayhtymää (HSY) ilmanlaatuaineistosta, Turun yliopistoa siitepölyaineistosta sekä Helsingin kaupunkia sairauspoissaoloaineistosta. Tutkimuksen on rahoittanut HSY.

Kirjallisuus

- Adar SD, Filigrana PA, Clements N & Peel JL. Ambient Coarse Particulate Matter and Human Health: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Current Environmental Health Reports*, 2014,1:258–274.
- Halonen JI, Lanki T, Yli-Tuomi T, Tiittanen P, Kulmala M & Pekkanen J. Particulate Air Pollution and Acute Cardiorespiratory Hospital Admissions and Mortality Among the Elderly. *Epidemiology* 2009;20:143–153.
- Hänninen O, Lehtomäki H & Korhonen A. Ilmansaasteet ja kuolleisuus kärjessä, tautitaakka yli kaksinkertainen – Ympäristöaltisteiden kansanterveysvaikutukset. *Ympäristö ja Terveys-lehti* 1/2020.
- Ostro BD. Air pollution and morbidity revisited. a specification test. *Journal of Environmental Economics and Management*, 1987,14:87–98.
- Soimakallio S, Hilden M, Lanki T, Eskelinen H, Karvosenoja N, Kuusipalo H, Lepistö A, Mattila T, Mela H, Nissinen A, Ristimäki M, Rehunen A, Repo A, Salonen Raimo, Savolahti M, Seppälä J, Tiittanen P, Virtanen S. Energia- ja ilmastostrategian ja keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman ympäristövaikutusten arviointi. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 59/2017.
- Ympäristöministeriö. Kansallinen ilman-suojeluohjelma 2030. Ympäristöministeriön julkaisuja 2019:7. ■