



Ilmanlaatu ja siihen vaikuttavat tekijät pääkaupunkiseudulla vuosina 2006 - 2015

Ilmansuojelusuunnitelman taustaraportti

Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä

Opastinsilta 6 A
00520 Helsinki
puhelin 09 156 11
faksi 09 1561 2011
www.hsy.fi

Lisätietoja

Päivi Aarnio, puhelin 045 635 7698
paivi.aarnio@hsy.fi

Copyright

Kartat, graafit, ja muut kuvat: HSY
Kansikuva: HSY/Hannu Bask

Tiivistelmä

Helsingin kaupunki on laatinut vuosille 2017 – 2024 ilmansuojelusuunnitelman, jonka tavoitteena on typpidioksidin pitoisuuksien alentaminen mahdollisimman nopeasti raja-arvon alapuolelle. Lisäksi tavoitteena on parantaa yleisesti kaupungin ilmanlaatua ja siten edistää terveellisen ja viihtyisän asumisympäristön toteutumista. Tämä raportti liittyy tausta-aineistona Helsingin ilmansuojelusuunnitelmaan.

Typpidioksidin (NO_2) pitoisuudet ylittävät edelleen vuosiraja-arvon paikoin Helsingin keskustan vilkasliikenteisissä katukuiluissa. Mittaustulosten, liikennemäärien ja katukuilujen ominaisuuksien perusteella tehtiin vuonna 2015 arvio typpidioksidin vuosiraja-arvon ylitysalueesta Helsingissä. Ylitysalueen katuosuuksien yhteispituudeksi arvioitiin 5,7 km. Asukkaita näiden katuosuuksien varsilla on noin 11 000.

Typpidioksidin pitoisuudet ovat pitkällä aikavälillä laskeneet. Lasku on ollut vuosien 2001 ja 2015 välillä tilastollisesti merkitsevää Mannerheimintien, Vallilan, Kallion ja Tikkurilan mittausasemilla. Pitoisuuksien lasku on kuitenkin ollut odotettua hitaampaa, mikä on pääosin aiheutunut siitä, että typpidioksidin osuus diesel-ajoneuvojen pakokaasupäästöissä on kasvanut, diesel-ajoneuvojen osuus autokannassa on lisääntynyt eivätkä diesel-ajoneuvojen typenoksidipäästöt ole todellisessa kaupunkiajossa vähentyneet läheskään siinä määrin kuin päästönormit edellyttävät.

HSY arvioi mallintamalla Helsingin ilmansuojelusuunnitelman toimenpiteiden ja ajoneuvotekniikan parantumisen vaikutuksia typpidioksidin pitoisuuksiin vuoteen 2024 mennessä eräissä Helsingin keskustan katukuiluissa. Tehtyjen mallitusten mukaan typpidioksidin pitoisuudet alenevat ajoneuvotekniikan kehittymisen myötä, mutta eivät riittävästi pitoisuuksien laskemiseksi raja-arvon alapuolelle edes vuoteen 2024 mennessä. Tehokkaimmiksi typpidioksidipitoisuuksia alentaviksi toimenpiteiksi todettiin ajoneuvoliikenteen hinnoittelun käyttöönotto ja bussiliikenteen päästöjen vähentäminen HSL:n kalustoskenaarion mukaisesti sekä Hämeentielle kadun muuttaminen joukkoliikennekaduksi. Ympäristövyöhykkeen kriteerien tiukennus tuottaa mallinnuksen mukaan vain pienen pitoisuusvähennyksen edellyttäen, että HSL:n bussikalustoon kohdistuvat toimenpiteet toteutuvat.

Katujen puhdistamisen tehostaminen ja pölynsidonta kalsiumkloridiliuoksella ovat tuottaneet tulosta pääkaupunkiseudulla: Hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) vuorokausiraja-arvotason ylittävien päivien määrät ovat vähentyneet eikä vuorokausiraja-arvo ole ylittynyt enää vuoden 2006 jälkeen. Myös hengitettävien hiukkasten keskimääräiset pitoisuudet ovat pitkällä aikavälillä laskeneet useilla pääkaupunkiseudun mittausasemilla. Lasku on ollut vuosien 2001 ja 2015 välillä tilastollisesti merkitsevää Tikkurilan, Mannerheimintien ja Vallilan mittausasemilla sekä melkein merkitsevää Kallion mittausasemalla.

Liikenteen pakokaasut, katupöly, puun pienpoltto ja kaukokulkeuma vaikuttavat eniten pienhiukkasten ($\text{PM}_{2,5}$) pitoisuuksiin pääkaupunkiseudulla. Pienhiukkasten pitoisuudet ovat kansainvälisesti katsoen matalia ja selvästi raja-arvon alapuolella. Maailman terveysjärjestön (WHO) vuosiohjearvo sen sijaan ylittyy pääkaupunkiseudulla paikoin vilkkaimmin liikennöityjen väylien varsilla sekä paikoin pientaloalueilla. Vuorokausipitoisuudelle annettu ohjearvo ylittyy vuosittain kaukokulkeuman ja/tai liikenteen päästöjen vuoksi. Epäsuotuisissa sääolosuhteissa myös puun pienpoltton päästöt

aiheuttavat paikoin pientaloalueilla WHO:n ohjearvon ylittäviä pitoisuuksia. Pitkällä aikavälillä pitoisuudet ovat laskeneet. Lasku on ollut tilastollisesti merkitsevää Mannerheimintien ja Kallion mitausasemilla ja melkein merkitsevää Luukissa.

Pääkaupunkiseudun pientaloalueilla tehdyissä mittauksissa on todettu bentso(a)pyreenin tavoitearvon ylittävän paikoitellen puun pienpolton vuoksi. Bentso(a)pyreenin pitoisuusmittausten ja päästöarvion perusteella arvioitiin, että bentso(a)pyreenin tavoitearvo mahdollisesti ylittyy 15 km²:n alalla, jolla asuu noin 51 000 pientaloasukasta. Liikenteen vaikutus bentso(a)pyreenin pitoisuuksiin on pieni.

Otsonipitoisuuden terveysperusteinen pitkän ajan tavoite on viimeisten kymmenen vuoden aikana ylittynyt pääkaupunkiseudulla joka vuosi vuosia 2012 ja 2015 lukuun ottamatta. Myös kasvillisuuden suojelemiseksi annettu pitkän ajan tavoite on ylittynyt lähes joka vuosi. Pitkällä aikavälillä otsonipitoisuudet ovat pääkaupunkiseudulla nousseet, mutta viime vuosina niissä ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia.

Rikkidioksidin, hiilimonoksidin, bentseenin ja raskasmetallien pitoisuudet ovat pääkaupunkiseudulla matalia eivätkä ylitä niille annettuja raja- tai tavoitearvoja.

Liikenteen pakokaasut, katupöly ja puun pienpoltto vaikuttavat eniten hengitysilman laatuun pääkaupunkiseudulla. Energiantuotannon päästöt ovat määrällisesti suuret, mutta ne vapautuvat korkeista piipuista ja niiden vaikutus ilmanlaatuun maanpintatasolla on vähäinen. Pitkällä aikavälillä pääkaupunkiseudun energiantuotannon päästöt ovat laskeneet selvästi, mutta viimeisen kymmenen vuoden aikana lasku on tasoittunut. Myös liikenteen pakokaasupäästöt ovat jatkuvasti vähentyneet. Katupölyn ja puunpolton päästöjen osuus hiukkasten kokonaispäästöistä on huomattava. Näiden päästöjen arviointi on kuitenkin hankalaa eikä päästöarvioita tehdä joka vuosi.

Julkaisija: Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä	
Tekijä: Päivi Aarnio, Anu Kousa, Marjatta Malkki	Pvm: 6.10.2016
Julkaisun nimi: Ilmanlaatu ja siihen vaikuttavat tekijät pääkaupunkiseudulla vuosina 2006 – 2015. Ilmansuojelusuunnitelman taustaraportti	
Avainsanat: Ilmanlaatu, ilmansuojelusuunnitelma, pääkaupunkiseutu	
Sarjan nimi ja numero: HSY:n julkaisuja 9/2016	Issn-l: 1798-6087
Isbn (nid.): -	Isbn (pdf): 978-952-7146-20-0
Issn (nid.): -	Issn (pdf): 1798-6095
Kieli: suomi	Sivuja: 121
Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä PL 100, 00066 HSY, puhelin 09 156 11, faksi 09 1561 2011, www.hsy.fi	

Sammandrag

Helsingfors stad har för åren 2017 – 024 utarbetat en luftkvalitetsplan som syftar till att sänka halterna av kvävedioxid så fort som möjligt under gränsvärdet. Dessutom är målsättningen att överlag förbättra luft-kvaliteten i staden och därigenom främja en hälsosam och trivsamt boendemiljö.

Denna rapport ingår i bakgrundsmaterialet för Helsingfors luftkvalitetsplan.

Halterna av kvävedioxid (NO₂) överskrider fortfarande årsgränsvärdet ställvis i de livligast trafikerade gatuschakten i Helsingfors centrum. Baserat på mätresultat, trafikmängder och gatuschaktens egenskaper gjordes år 2015 en bedömning om var årsgränsvärdet för kvävedioxid överskrids i Helsingfors. Den totala sträckan av de gatuavsnitt där värdet överskrids uppskattades vara 5,7 km. Det bor cirka 11 000 invånare längs dessa gatuavsnitt.

Halterna av kvävedioxid har minskat på lång sikt. Statistiskt signifikant har minskningen varit mellan åren 2001 och 2015 på mätstationerna vid Mannerheimvägen, i Vallgård, Berghäll och Dickursby. Halterna har dock sjunkit långsammare än förväntat, vilket i huvudsak har berott på att kvävedioxidens andel av dieselfordonens avgasutsläpp har ökat, dieselfordonens andel av bilstammen har ökat och kvävedioxidutsläppen från dieselfordonen inte har minskat i närapå den omfattning som utsläppsreglerna förutsätter.

HRM har med modeller bedömt vilka förbättringar åtgärderna enligt Helsingfors luftskyddsplan och den förbättrade fordonstekniken skulle ha på kvävedioxidhalterna i vissa gatuschakt i Helsingfors centrum före 2024. Enligt modellerna sjunker NO₂-halterna när fordonstekniken utvecklas, men inte tillräckligt mycket för att sänka halterna under gränsvärdet ens före år 2024. Luftkvalitetsplanens effektivaste åtgärder för att sänka kvävedioxidhalterna konstaterades vara att ta i bruk en prissättning av fordonstrafiken, att minska utsläppen från busstrafiken enligt HRT:s materielscenario samt att göra Tavastvägen till en kollektivtrafikgata. Enligt bedömningen skulle strängare kriterier för miljözonen endast ge en lite sänkt halt, under förutsättning att de åtgärder som hänför sig till HRT:s bussar genomförs.

En effektivare rengöring av gatorna och dammbindning med kalciumkloridlösning har gett resultat i huvudstadsregionen: De mängder av inandningsbara partiklar (PM₁₀) som överskrider dygnsgränsvärdet har minskat och dygnsgränsvärdet har inte överskridits sedan 2006. Också de genomsnittliga halterna av inandningsbara partiklar har sjunkit på lång sikt på flera av mätstationerna i huvudstadsregionen. Statistiskt signifikant har minskningen varit mellan åren 2001 och 2015 på mätstationerna i Dickursby, vid Mannerheimvägen och i Vallgård samt nästan signifikant i Berghäll.

Avgaser från trafiken, gatudamm, vedeldning och fjärrtransport påverkar mest halterna av finpartiklar (PM_{2,5}) i huvudstadsregionen. Halterna av finpartiklar är internationellt sett låga och klart under gränsvärdet. Däremot överskrider Världshälsoorganisationens (WHO) årsriktvärde i huvudstadsregionen ställvis längs de livligast trafikerade lederna och ställvis på småhusområden. Riktvärdet för dygns halten överskrids årligen till följd av fjärrtransport och/eller utsläpp från trafiken. Under ogynnsamma förhållanden ger utsläpp från vedeldningen också ställvis på småhusområden halter som överskrider WHO:s riktvärde. På lång sikt har halterna sjunkit. Sänkningen har varit statistiskt signifikant på mätstationerna vid Mannerheimvägen och i Berghäll och nästan signifikant i Luk.

I de mätningar som gjorts på småhusområden i huvudstadsregionen har målvärdet för benzo(a)pyren konstaterats överskridas ställvis på grund av vedeldning. Utifrån mätningarna av halterna av

benso(a)pyren och utsläppsuppskattningen bedömdes det att målvärdet för benso(a)pyren eventuellt överskrider på en areal av 15 km² där det bor cirka 51 000 småhusinvånare. Trafiken har endast en liten inverkan på halterna av benso(a)pyren.

Det långsiktiga, hälsobaserade målet för ozonhalten har under det senaste årtiondet överskridits varje år i huvudstadsregionen fränsett åren 2012 och 2015. Också det långsiktiga målet med avseende på skydd av växtligheten har överskridits nästan varje år. På lång sikt har ozonhalterna i huvudstadsregionen ökat, men under de senaste åren har förändringarna inte varit nämnvärda.

Halterna av svaveldioxid, kolmonoxid, bensen och tungmetaller är låga i huvudstadsregionen och överskrider inte de gräns- eller målvärden som getts för dem.

Avgasutsläpp från trafiken, gatudamm och vedeldning är det som främst påverkar inandningsluftens kvalitet i huvudstadsregionen. Utsläppen från energiproduktionen är till mängderna stora, men de frigörs från höga skorstenar och deras inverkan på luftkvaliteten nära markytan är liten. På lång sikt har utsläppen från energiproduktionen i huvudstadsregionen minskat märkbart, men under de tio senaste åren har minskningen jämnats ut. Avgasutsläppen från trafiken har också minskat ständigt. Utsläppen av små partiklar från gatudammet och vedeldningen utgör en betydande del av de totala utsläppen av små partiklar. Det är dock svårt att bedöma dessa utsläpp och några utsläppsuppskattningar görs inte varje år.

Utgivare: Samkommunen Helsingforsregionens miljötkjänster	
Författare: Päivi Aarnio, Anu Kousa, Marjatta Malkki	Datum: 6.10.2016
Publikationens namn: Luftkvaliteten och faktorer som påverkar den i huvudstadsregionen 2006 – 2015. Bakgrundsrapport för luftkvalitetsplanen	
Nyckelord: luftkvalitet, luftkvalitetsplan, huvudstadsregionen	
Publikationsseriens titel och nummer: HRM:s publikationer 9/2016	Issn-I: 1798-6087
Isbn (hft): -	Isbn (pdf): 978-952-7146-20-0
Issn (hft): -	Issn (pdf): 1798-6095
Språk: finska	Sidor: 121
Samkommunen Helsingforsregionens miljötkjänster PB 100, 00066 HSY, telefon 09 156 11, fax 09 1561 2011, www.hsy.fi	

Abstract

City of Helsinki has made an Air Quality Plan for the years 2017 – 2024. The aim of the plan is to reduce the concentrations of nitrogen dioxide below the annual limit value as soon as possible. Other aims are to improve air quality in general in the city and thus promote healthy and pleasant environment. This report gives background information for the air quality plan.

The concentrations of nitrogen dioxide still exceed the annual limit value in some busy street canyons in the City centre. The area where the limit value is exceeded was evaluated in 2015 based on the monitoring results, traffic volumes, and construction of the street canyons. The length of the streets with exceedances is 5.7 km and the population along these streets is about 11 000.

In the long run the concentrations of nitrogen dioxide have decreased. This decrease has been statistically significant at Mannerheimintie, Kallio, and Tikkurila monitoring sites. However, it has been more slowly than expected mainly because the share of nitrogen dioxide in the emissions of diesel vehicles has increased, the share of diesel vehicles in the car fleet has increased, and that the emissions of nitrogen oxides have not in real world city driving conditions decreased nearly as much as the emission norms require.

HSY modelled the effects of the measures of the Air Quality Plan and the development of vehicle technology on the concentrations of nitrogen dioxide by 2014 in some street canyons in Helsinki. According to the modelling nitrogen dioxide concentrations will decrease along with the improving vehicle technology but not enough to get them below the annual limit value before 2024. The most efficient measures to decrease nitrogen dioxide concentrations were vehicle traffic pricing, the reduction of the emissions from buses according to the HSL's bus fleet scenario and, in Hämeentie, the conversion of the street into a public transport street. According to the modelling stricter criteria in the environmental zone would result in a minor decrease of the nitrogen dioxide concentrations provided that the HSL's bus fleet scenario will be implemented.

The improvements made in street cleaning and dust binding with calcium chloride solution have been successful in the Helsinki metropolitan area. The number of days exceeding the level of the 24 h limit value for thoracic particles has decreased and the limit value has not been exceeded since 2006. In the long run, also the mean concentrations of thoracic particles have decreased at many monitoring sites in the metropolitan area. The decrease has, between 2001 and 2015, been statistically significant at Tikkurila, Mannerheimintie, and Vallila monitoring sites and almost significant at Kallio.

Traffic emissions, street dust, small scale wood burning, and long range transport are sources affecting most to the concentrations of fine particles (PM_{2.5}) in the Helsinki metropolitan area. The concentrations of fine particles are low compared internationally, and clearly below the EU limit value. The WHO annual guideline is, however, exceeded in some places along busiest streets and detached house areas. The 24 h WHO guideline is exceeded annually due to long range transport and/or traffic emissions. During unfavorable weather conditions emissions from small scale wood burning in detached house areas cause in some places concentrations that exceed the 24 h guideline. In the long run the concentrations of fine particles have decreased. The decrease has been statistically significant at Mannerheimintie and Kallio monitoring sites and nearly significant at Luukki.

Air quality measurements made at single-family housing areas have indicated that the target value for benzo(a)pyrene is exceeded in some places owing to small scale wood burning. Based on the monitoring results and emission survey it was evaluated that the target value is possibly exceeded in 15 km² area, the population of which is about 51 000. The effect of traffic on the concentrations of benzo(a)pyrene is small.

The health based long-term objective for ozone has during the past ten years been exceeded every year except 2012 and 2015. Also the long-term objective for the protection of vegetation has been exceeded nearly every year. In the long run the concentrations have increased, but during the past years no significant trends have been observed.

The concentrations of sulfur dioxide, carbon monoxide, benzene, and heavy metals are low and do not exceed the limit or target values.

Traffic emissions, street dust, and small scale wood burning are factors affecting most on air quality in the Helsinki metropolitan area. The emissions from energy production are large but they are released from high stacks and thus their effect of concentrations at ground level is small. In the long run the emissions from energy production have decreased but during the past years this decrease has levelled off. Also the tailpipe emissions of traffic have steadily been decreasing. The emissions of street dust or small scale wood burning are significant. However, their evaluation is complicated and emission surveys are not made every year.

Published by: Helsinki Region Environmental Services Authority	
Author: Päivi Aarnio, Anu Kousa, Marjatta Malkki	Date of publication: 6.10.2016
Title of publication: Air quality and factors affecting it in the Helsinki Metropolitan area during 2006 – 2015. Background report for the Air Quality Plan	
Keywords: Air quality, Air Quality Plan, Helsinki metropolitan area	
Publication series title and number: HSY publications 9/2016	Issn-I: 1798-6087
Isbn (print): -	Isbn (pdf): 978-952-7146-20-0
Issn (print): -	Issn (pdf): 1798-6095
Language: Finnish	Pages: 121
Helsinki Region Environmental Services Authority PO Box 100, 00066 HSY, Tel. +358 9 156 11, Fax +358 9 1561 2011, www.hsy.fi	

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	3
Sammandrag	5
Abstract	7
1 Johdanto	11
2 Taustatietoja pääkaupunkiseudusta	12
2.1 Sijainti, topografia ja meteorologiset olosuhteet	12
2.2 Väestö ja kaupunkirakenne	12
2.3 Liikenne	14
2.4 Energiantuotanto ja -kulutus	17
3 Ilmansaasteiden terveysvaikutukset	19
3.1 Yleistä	19
3.2 Uusimpia tutkimustuloksia ja arvioita	20
3.2.1 Hiukkaset	20
3.2.2 Typpidioksidi	21
3.2.3 Otsoni	22
3.2.4 Liikenteen pakokaasut ja katupöly	22
3.2.5 Puun pienpoltto	22
4 Ilmanlaatu ja sen kehittyminen	24
4.1 Yleistä	24
4.2 Typpidioksidi, NO ₂	25
4.2.1 Typpidioksidipitoisuuksien kehitys pääkaupunkiseudulla	25
4.2.2 Arvio typpidioksidin raja-arvon ylitysalueesta	29
4.2.3 Typpidioksidin pitoisuudet satelliittimittausten perusteella arvioituna	32
4.3 Hengitettävät hiukkaset, PM ₁₀	33
4.4 Pienhiukkaset, PM _{2,5}	36
4.5 Bentso(a)pyreeni	38
4.6 Otsoni, O ₃	39
4.7 Muut ilmansaasteet	41
5 Päästöt ja niiden kehittyminen	42
5.1 Energiantuotanto	42
5.2 Liikenne	44
5.2.1 Autoliikenne	44
5.2.2 Mopot ja moottoripyörät	46
5.2.3 Satamat	47
5.2.4 Lentoliikenne	48
5.3 Katupöly	48
5.4 Puun pienpoltto	49
5.5 Muut päästölähteet	51
5.5.1 Pienet pistelähteet	51
5.5.2 Kevyen polttoöljyn käyttö	51
5.5.3 Junaliikenne	51
5.5.4 Työkoneet	51

6	Ilmanlaadun tulevaisuuden haasteet pääkaupunkiseudulla	52
7	Ilmanlaadun seuranta pääkaupunkiseudulla	55
8	Ilmanlaadusta tiedottaminen	58
9	Asukkaiden näkemyksiä ilmanlaadusta	60
9.1	Asukkaiden arvioita ilmanlaadusta	60
9.2	Asukkaiden ympäristöasenteet ja ympäristökäyttäytyminen	61
10	Ilmanlaatu eräissä Euroopan kaupungeissa	63
10.1	Yleistä	63
10.2	Tukholma	65
10.3	Oslo	68
10.4	Kööpenhamina	71
10.5	Tallinna	72
10.6	Lontoo ja Yhdistynyt kuningaskunta	74
10.7	Pariisin metropolialue	80
11	Lähdeluettelo	82
12	Liitteet	90
	Liite 1. Ulkoilman raja-, kynnys-, tavoite- ja ohjearvot	
	Liite 2. Ilmanlaadun mittaustuloksia	
	Liite 3. OMI-satelliittimittauksiin perustuvat typpidioksidin pitoisuudet	
	Liite 4. Erilaisten toimenpiteiden vaikutus typpidioksidin pitoisuuksiin katukuiluissa	

1 Johdanto

Vaikka ilmanlaatu Helsingissä ja muualla pääkaupunkiseudulla on melko hyvä verrattuna useisiin muihin Euroopan pääkaupunkeihin, typpidioksidin vuosiraja-arvo ylittyi edelleen vuonna 2015 Helsingin vilkasliikenteisimmissä katukuiluissa. Ylittymisen syynä ovat liikenteen pakokaasupäästöt ja etenkin dieselautojen suuret typenoksidipäästöt. Alun perin raja-arvo tuli saavuttaa vuoteen 2010 mennessä, mutta Helsinki haki ja sai EU-komissiolta jatkoaikaa raja-arvon alittamiselle vuoden 2014 loppuun asti.

Typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten raja-arvojen ylittymisen johdosta pääkaupunkiseudulla laadittiin ilmansuojelun toimintaohjelmat pitoisuuksien alentamiseksi ja ilmanlaadun parantamiseksi vuosille 2008 – 2016. Myönteistä kehitystä on tapahtunut ja ilmanlaatu on kohentunut monilla katu-osuuksilla, eikä hengitettävien hiukkasten raja-arvo ole ylittynyt enää vuoden 2006 jälkeen Helsingin katuverkossa.

Typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksille annetut kansalliset ohjearvot sekä Maailman terveysjärjestön (WHO) pienhiukkasille antamat ohjearvot ylittyvät laajemmalla alueella, ts. monien pääkaupunkiseudun katujen ja pääväylien läheisyydessä. Liikenteen pakokaasupäästöjen ja katupölyn lisäksi ilmanlaatua heikentävät ajoittain ja paikoittain erityisesti puunpolton pienhiukaspäästöt. Muiden lähteiden osuus on vähäisempi tai niihin ei voida vaikuttaa paikallisin toimin (kaukokulkeuma).

Helsinki laatii uuden ilmansuojelusuunnitelman vuosille 2017–2024. Sen tavoitteena on raja-arvoylitysten estämisen lisäksi parantaa yleisesti ilmanlaatua ja siten edistää viihtyisän ja terveellisen asumisympäristön toteutumista. Tämä raportti kokoaa ilmansuojelusuunnitelmaan liittyvät taustatiedot pääkaupunkiseudun ilmanlaadusta, siihen vaikuttavista tekijöistä ja sen kehittymisestä vuosina 2006 – 2015. Raportissa esitellään myös pääkaupunkiseudun ilmanlaadun seurantaa, ilmanlaadusta tiedottamista ja asukkaiden näkemyksiä ilmanlaadusta sekä luodaan lyhyt katsaus ilmanlaatuun eräissä Euroopan kaupungeissa.

2 Taustatietoja pääkaupunkiseudusta

2.1 Sijainti, topografia ja meteorologiset olosuhteet

Pääkaupunkiseutu on Helsingin, Espoon, Vantaan ja Kauniaisten kaupunkien muodostama alue, joka sijaitsee Etelä-Suomessa Suomenlahden rannalla. Pitkän aikavälin (1981 - 2010) keskilämpötila oli Helsingin Kaisaniemessä talvella jouluihelmikuussa $-3,5\text{ °C}$ ja kesällä kesä-elokuussa $16,2\text{ °C}$. Pitkän aikavälin keskimääräinen sademäärä oli runsaat 650 mm vuodessa; sademäärä on pienin keuhällä. Pääkaupunkiseudulla lumipeite tulee keskimäärin joulukuun lopussa ja lähtee maaliskuun lopussa. Toisinaan talvet ovat vähälumisia ja märkiä. Vallitseva tuulen suunta on lounaasta.

Pääkaupunkiseutu ja sen ympäristö ovat topografialtaan tasaista, alavaa aluetta. Sen korkeimmatkin kohdat ovat vain noin 90 metriä meren pinnan yläpuolella. Tasaiset pinnanmuodot ja avoin sijainti meren rannassa edistävät ilman epäpuhtauksien sekoittumista ja laimenemistä.

Kylmän ilmaston vuoksi esiintyy talvella toisinaan voimakkaita maanpintainversioita, jolloin ilman epäpuhtauksien sekoittuminen ja laimeneminen on hyvin heikkoa. Epäpuhtauksien pitoisuudet saattavat tällaisissa tilanteissa kohota huomattavasti tavanomaista korkeammiksi.

Suomalaisten ja muiden ilmastoltaan samankaltaisten maiden kaupunkien ilmanlaadun erityispiirre ovat keuhäiset katupölyepisodit. Talven aikana katujen ja teiden pinnoille kertyy autojen nastareiden irrottamaa asfalttipölyä ja jauhautunutta hiekoitushiekkaa. Katupöly pääsee nousemaan ilmaan keuhällä, kun teiden pinnat sulavat ja kuivuvat. Tällöin hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuudet nousevat ajoittain erittäin korkeiksi vilkasliikenteisillä alueilla. Keuhälle tyypilliset aamuiset inversiotilanteet ja kuivat heikkotuuliset säät myötävaikuttavat pitoisuuksien kohoamiseen.

Pohjoinen sijainti kaukana Euroopan saasteisimmista alueista ja kylmä ilmasto pitävät otsonipitoisuudet kesälläkin melko alhaisina Suomessa verrattuna eteläisempään Eurooppaan. Pienhiukkasten pitoisuuksiin muualta kaukokulkeutuvat hiukkaset tuovat merkittävän lisän.

2.2 Väestö ja kaupunkirakenne

Pääkaupunkiseudun neljän kaupungin kokonaispinta-ala ilman merialueita on 792 km^2 . Vuonna 2015 alueella asui noin 1,1 miljoona henkilöä, joista Helsingissä runsaat puolet, hieman yli 600 000 asukasta (www.aluesarjat.fi). Myös väestötiheys oli Helsingissä suurin, runsaat $2800\text{ henkilöä/km}^2$, kun se koko pääkaupunkiseudulla oli $1500\text{ henkilöä/km}^2$ (Helsingin kaupunki 2015 a).

Taulukko 1. Pääkaupunkiseudun väestö vuosina 2010 ja 2015 sekä väestöennuste 2020 - 2040.

	2010	2015	2020	2030	2040
Helsinki	583 350	620 715	654 599	709 430	737 019
Espoo	244 330	265 543	286 807	321 823	353 264
Vantaa	197 636	210 803	223 892	244 346	259 888
Kauniainen	8 617	9 357	9 978	11 055	11 767
Pääkaupunkiseutu	1 033 933	1 106 418	1 175 276	1 28 654	1 361 938

Taulukko 2. Pääkaupunkiseudun kaupunkien ja Helsingin seudun pinta-ala ja väestötiheys vuonna 2014. Maapinta-alaan sisältyvät sisävedet, vesipinta-ala käsittää merialueet.

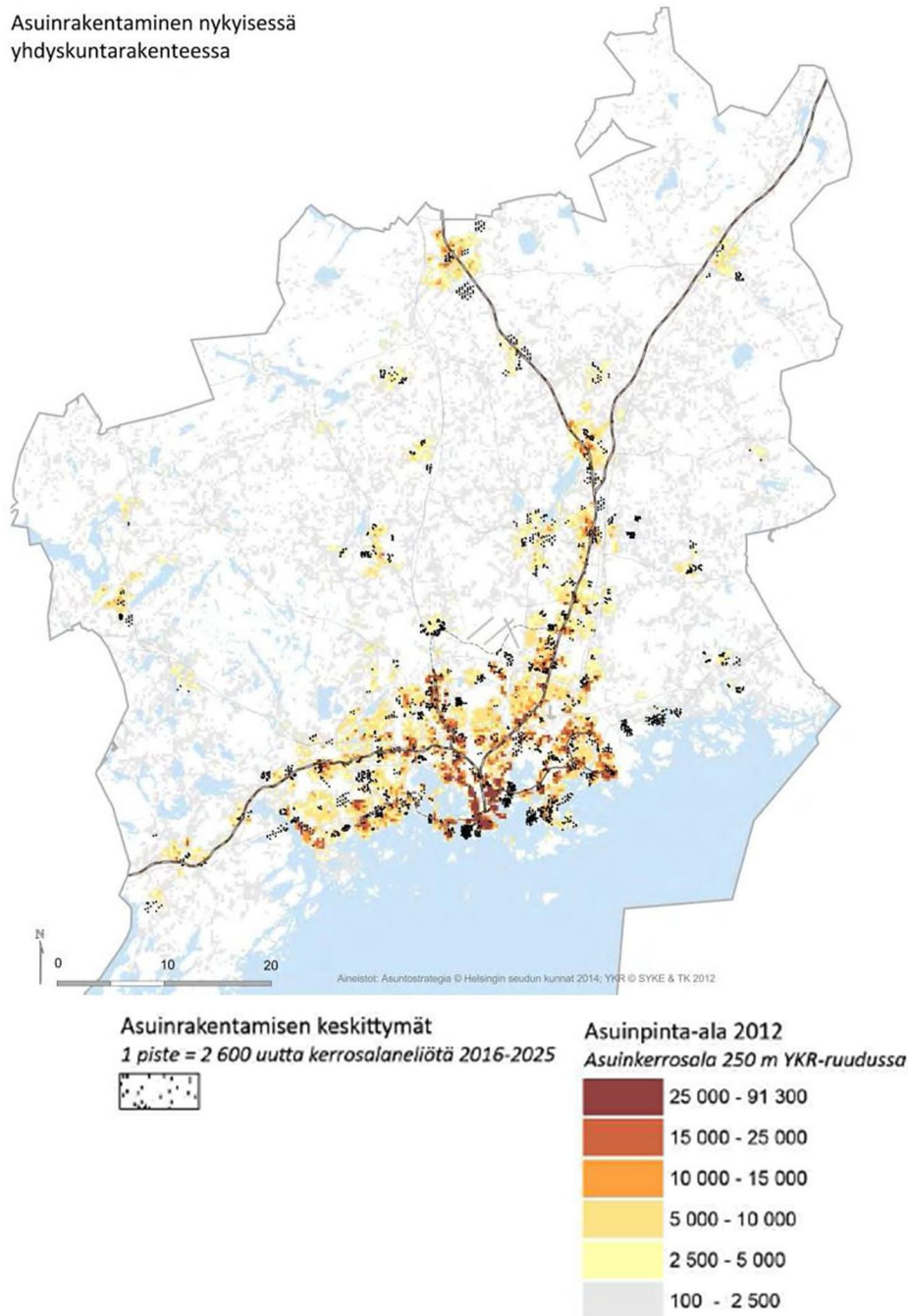
	Maapinta-ala	Vesipinta-ala	Yhteispinta-ala	Väestötiheys
	km ²	km ²	km ²	henk./maa-km ²
Helsinki	216	503	719	2867
Espoo	330	198	528	804
Vantaa	240	0	240	877
Kauniainen	6	0	6	1560
Pääkaupunkiseutu yht.	792	701	1493	1397
Helsingin seutu yht.	3841	1678	5519	365

Laajempi Helsingin seutu käsittää 14 kuntaa. Siihen kuuluvat pääkaupunkiseudun lisäksi länsi-, pohjois- ja itäpuolella olevat ns. kehyskunnat Kirkkonummi, Vihti, Nurmijärvi, Hyvinkää, Tuusula, Kerava, Järvenpää, Sipoo, Pornainen ja Mäntsälä. Koko Helsingin seudun asukasmäärä vuonna 2015 oli runsaat 1,4 miljoonaa ja väestötiheys koko alueella keskimäärin 365 henkilöä/km². (Helsingin kaupunki 2015 a).

Väestönkasvu Helsingin seudulla on nopeaa, noin 1,2 % vuodessa. 2000-luvun taitteessa asukasmäärä kasvoi voimakkaimmin pääkaupunkiseudun kehyskunnissa, mutta kasvu näillä alueilla on hidastunut ja painopiste on siirtynyt pääkaupunkiseudulle. Seudun suunnitelmissa varaudutaan siihen, että vuonna 2050 seudulla olisi kaksi miljoonaa asukasta ja 1,05 miljoonaa työpaikkaa (nykyisin noin 700 000 työpaikkaa). Suurin osa kasvusta varaudutaan vastaanottamaan pääkaupunkiseudulla.

Helsingin seudulla asuminen keskittyy ratojen ja pääväylien varteen, mutta osassa seutua maankäyttö on hajaantunut. Myös pääkaupunkiseutu on väljästi rakennettu. Helsingin kantakaupungissa rakenne on tiiveintä. Helsinkiä ja sitä ympäröivää kaupunkiseutua pyritään kehittämään yhdyskuntarakenteeltaan kohti verkostomaista ja monikeskuksisempaa rakennetta, jossa tehokkaat poikittaissuuntaiset liikenneyhteydet sitovat alakeskukset entistä tiiviimmin osaksi kaupunkikokonaisuutta (kuva 1) (HSL 2015).

Asuinrakentaminen nykyisessä
yhdyskuntarakenteessa

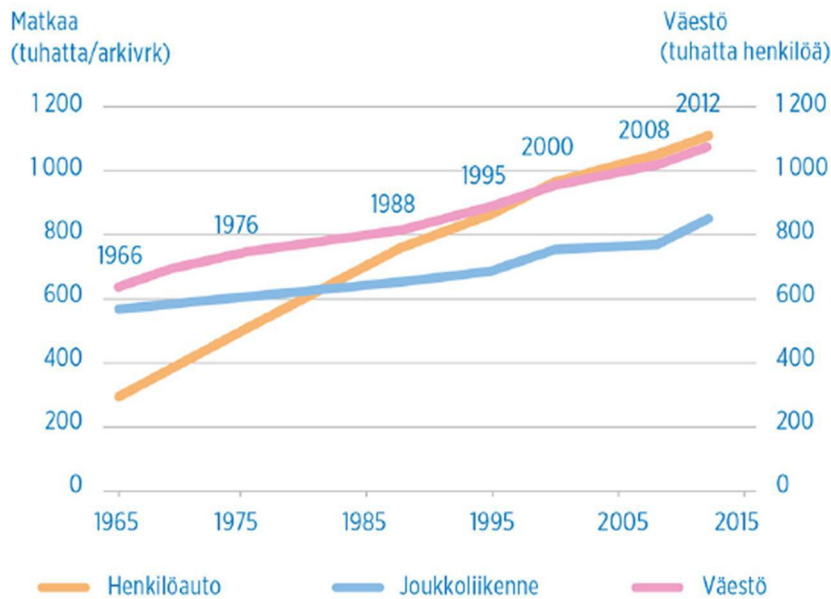


Kuva 1. Uuden asuntorakentamisen keskittymien sijoittuminen nykyiseen yhdyskuntarakenteeseen Helsingin seudulla vuoteen 2025 mennessä. (Asumisen tiedot perustuvat Asuntostrategialuonnokseen 2025.) (Lähde: HSL 2014).

2.3 Liikenne

Helsingissä oli vuoden 2015 lopussa liikennekäytössä henkilöautoja 328 kpl/1000 asukasta, mikä oli 9 % vähemmän kuin vuonna 2007. Koko pääkaupunkiseudulla oli vuoden 2015 lopussa henkilöautoja liikennekäytössä enemmän eli 379 kpl/1000 asukasta. Vuonna 2008 alkanutta taantumaa edeltävään vuoteen 2007 verrattuna autoliikennettä oli vuonna 2015 keskustan rajalla 14 % ja kantakaupungin rajalla 8 % vähemmän kuin vuonna 2007. Kaupungin rajalla (aiemmalla) oli 5 % enemmän autoliikennettä kuin vuonna 2007. Poikittaisliikenteen määrä on pysynyt Helsingissä likimain samalla tasolla. (Lilleberg ja Hellman 2016.).

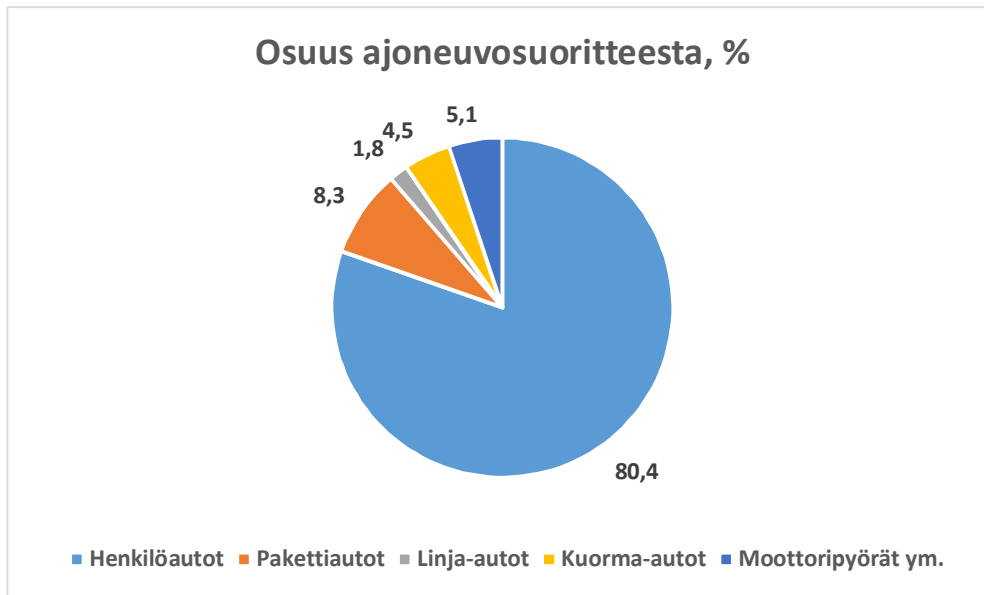
Mualla pääkaupunkiseudulla liikkuminen henkilöautoilla on edelleen lisääntynyt. Erityisen voimakkaasti ovat lisääntyneet erilaiset asiointi- ja ostomatkat sekä muu vapaa-ajan liikkuminen. Joukkoliikenteen osuus pääkaupunkiseudun joukkoliikenne- ja henkilöautomatkoista matkoista oli 43 % vuonna 2012 (kuva 2). Ensimmäistä kertaa sitten 1960-luvun osuus lievästi nousi. Joukkoliikenteen osuus matkoista on Helsingissä yli puolet, Espoossa ja Vantaalla vajaa kolmannes, radan varren kehyskunnissa vajaa viidennes ja muissa kehyskunnissa kymmenesosa (HSL 2013).



Kuva 2. Pääkaupunkiseudun asukkaiden henkilöauto- ja joukkoliikennematkat pääkaupunkiseudulla sekä väestönmuutos vuosina 1966 - 2012 (tutkimusvuodet merkitty kuvaan). (Lähde: HSL 2013).

Joukkoliikenteen palvelutaso on korkea muuhun maahan verrattuna, mutta palveluiden ja työpaikkojen saavutettavuudessa on silti merkittäviä eroja eri osa-alueiden välillä. Helsingin ydinkeskusta on varsin hyvin saavutettavissa joukkoliikenteellä, mutta reuna-alueilla saavutettavuus on henkilöautolla selvästi parempi.

Ajoneuvosuorite (ajoneuvojen kulkema matka) pääkaupunkiseudun yleisillä teillä ja kaduilla oli vuonna 2015 noin 6040 miljoonaa ajoneuvokilometriä. Henkilöautojen osuus ajoneuvosuoritteesta oli noin 80 %, paketti- ja kuorma-autojen yhteensä noin 10 % ja linja-autojen noin 2 sekä moottoripyörien, mopojen ja mopoautojen noin 5 % (kuva 3). (VTT 2016)



Kuva 3. Eri ajoneuvoryhmien osuus ajoneuvosuoritteesta (ajoneuvojen kulkema matka) pääkaupunkiseudun yleisillä teillä ja kaduilla vuonna 2015.

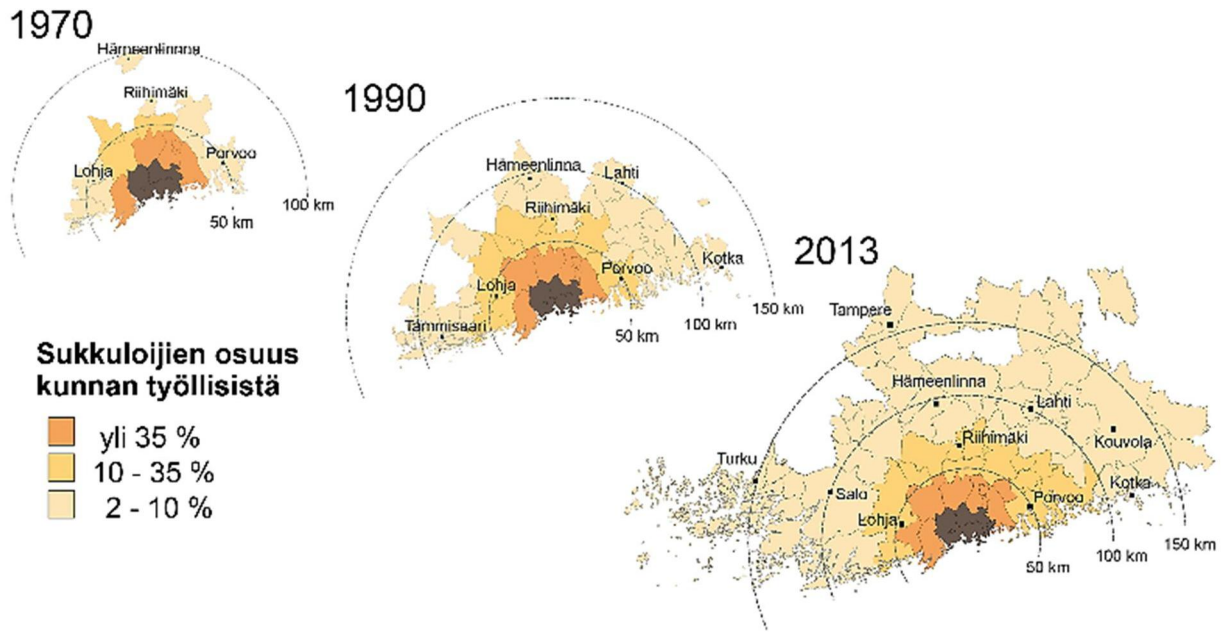
Helsingin kantakaupungin vilkkaimpien pääkatujen liikennemäärä oli syyskuussa 2014 paikoin runsaat 40 000 ajoneuvoa/vrk. Länsi- ja Itäväylän alussa liikennettä oli enemmän, Ruoholahdessa ennen Länsiväylää lähes 70 000 ajoneuvoa/vrk. Muualla pääkaupunkiseudulla liikennettä oli pääväylien vilkkaimmilla osuuksilla enimmillään runsaat 80 000 ajoneuvoa/vrk. Poikkeuksen muodosti Kehä I, jonka vilkkaimmalla osuudella Hämeenlinnanväylän ja Tuusulanväylän välissä autoja oli lähes 110 000 ajoneuvoa/vrk.

Helsingin seutu tuottaa Suomen bruttokansantuotteesta yli kolmanneksen. Pääkaupunkiseudulla käy töissä noin 120 000 seudun ulkopuolella asuvaa ns. sukkuloijaa. Helsingin seudun kehyskunnissa asuvien osuus näistä on 60 %, kauempana asuvien 40 %. Pääkaupunkiseudulla asuvien työssäkäynti seudun ulkopuolella on huomattavasti vähäisempää, noin 30 000 työssäkävijää. Aivan viime vuosina muualta tulevien työssäkäynti alueella on vähentynyt taloudellisen taantuman myötä, aiemmin kasvua oli 1-2 % vuodessa. (HSY 2015).

Pääkaupunkiseudulle suuntautuva työssäkäynti eli sukkulointi on kasvanut voimakkaasti viime vuosikymmenet. Pääkaupunkiseudun työssäkäyntialue ulottuu jo parin sadan kilometrin säteelle seudun keskuksesta (kuva 4).

Tilastokeskuksen työssäkäyntitilaston mukaan pääkaupunkiseudulla eli Helsingissä, Espoossa, Vantaalla ja Kauniaisissa kävi vuosien 2013 ja 2014 vaihteessa töissä 116 659 pääkaupunkiseudun ulkopuolella asuvaa. Vuotta aiempaan tilanteeseen verrattuna määrä laski noin 2,1 prosenttia.

Pääkaupunkiseudulla asuvien työssäkäynti seudun ulkopuolella eli niin sanottu vastasukkulointi on selvästi vähäisempää kuin pääkaupunkiseudulle suuntautuva sukkulointi. Vuosien 2012 ja 2013 vaihteessa yhteensä 31 390 pääkaupunkiseudun asukasta kävi töissä seudun ulkopuolella. Tämä vastasukkuloidijien määrä jatkoi pientä 0,8 prosentin kasvua edellisestä vuodesta. (HSY 2016).



©HSY ©Tilastokeskuksen työssäkäyntitilasto (tilanne 31.12.2013).

Kuva 4. Pääkaupunkiseudun työssäkäyntialueen laajentuminen 1970 – 2013 (Lähde HSY 2016.)

Helsingin seudun MAL (maankäyttö, asuminen, liikenne) -aiesopimus 2012 - 2015 on viitoittanut seudun pitkän aikavälin suunnitelmien valmistelua. Uusin liikennejärjestelmäsuunnitelma on tehty kiinteässä yhteistyössä maankäyttösuunnitelman ja asuntostrategian kanssa.

Helsingin seudun maankäyttösuunnitelman visiona on kehittää Helsingin seutua yhtenäisesti toimivana ja vetovoimaisena metropolialueena, jonka eheä yhdyskuntarakenne on toiminnoiltaan monipuolinen, ekotehokas ja tarjoaa monipuolisia asumisvaihtoehtoja. Tiiviin ydinalueen ympärillä on omaleimaisen keskustan verkosto ja luonnonläheinen ympäristö. Liikennejärjestelmä pohjautuu kestäviin liikkumismuotoihin ja palvelee seudun saavutettavuutta ja elinkeinoelämän kilpailukykyä. Liikkumisen odotetaan lisääntyvän seudun kasvun myötä myös tulevaisuudessa, mutta kasvu pyritään suuntaamaan ensisijaisesti joukko- ja kevyeen liikenteeseen (MASU 2050).

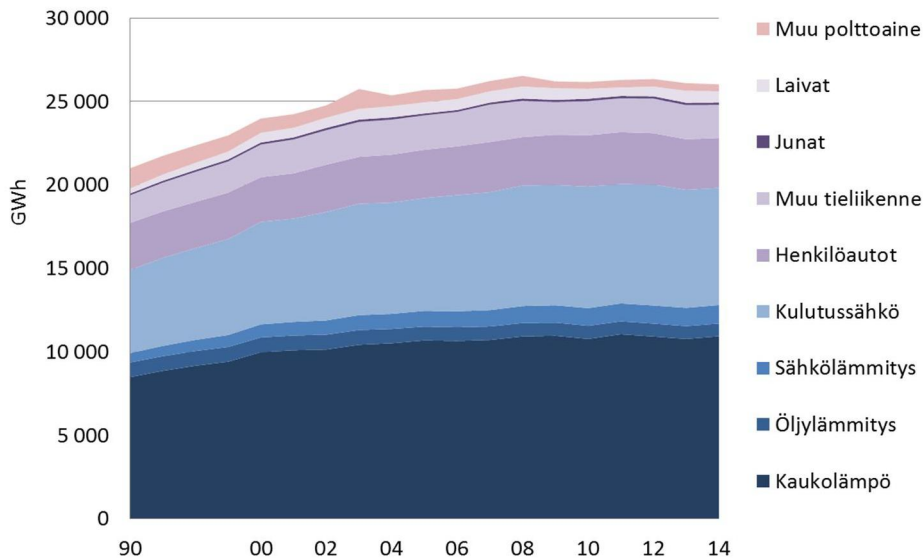
2.4 Energiantuotanto ja -kulutus

Pääkaupunkiseudulla sähköenergia ja kaukolämpö tuotetaan pääosin yhteistuotantona isoissa voimalaitoksissa, jolloin polttoainetta säästyy ja päästöjä jää syntymättä noin 40 % verrattuna siihen, että sähkö ja lämpö tuotettaisiin erikseen. Lisäksi talvella huippukulutuksen aikana käytetään alueellisia lämpökeskuksia.

Pääkaupunkiseudulla tuotetun kaukolämpö- ja sähköenergian määrä on viime vuosina vähentynyt. Vuonna 2014 tuotanto oli 14 % alempi kuin edellisen 10 vuoden keskiarvo. Energiantuotannon päästömäärät ja ominaispäästöt ovat vaihdelleet vuosittain melko voimakkaasti. Polttoaineina käytettiin vuonna 2014 pääasiallisesti maakaasua ja kivihiiltä, joiden kummankin osuus oli vähän vajaa puolet. Öljyn osuus käytetyistä polttoaineista oli prosentoin luokkaa ja sekajätteen 4 %. (Malkki ym. 2015.)

Energiankulutus pääkaupunkiseudulla on tasaantunut 26 000 GWh:n tasolle, mikä on vajaat 7 prosenttia koko Suomen energiankulutuksesta. Lähes puolet energiasta kuluu rakennusten lämmittämiseen. Vajaa 30 % on kulutussähköä. Henkilöautojen osuus energiankulutuksesta oli 11 % ja muun tieliikenteen noin 8 % (kuva 5). Asukasta kohti laskettu kokonaisenergiankulutus on vähentynyt vuodesta 2007 alkaen. Se oli vuonna 2014 noin 23,5 MWh/asukas. Myös sähkön kokonaiskulutus asukasta kohden on laskenut. Se oli noin 7,4 MWh/asukas vuonna 2014. (HSY 2016)

Mihin energiaa käytetään pääkaupunkiseudulla?



Kuva 5. Energiankulutus pääkaupunkiseudulla vuosina 1990 - 2014. (Lähde: HSY 2016.)

Kaukolämpö on selvästi yleisin rakennusten lämmönlähde pääkaupunkiseudulla ja erityisesti Helsingissä. Yleisin pientalojen (erillistalot, ei rivitaloja) päälämmitysmuoto on sähkölämmitys (~52 %). Noin viidesosa käyttää kaukolämpöä ja viidesosa öljyä. Puuta käyttää pääasiallisena lämmönlähteenä 2 % ja maakaasua 4 % pientaloista. (Tilastokeskus 2013.)

Puu on melko harvinainen pientalojen ensisijainen lämmitysmuoto pääkaupunkiseudulla, mutta noin 90 % pientaloista käyttää jossain määrin puuta lisälämmönlähteenä, tunnelmanluontiin tai saunan lämmittämiseen. Pääkaupunkiseudun pientaloissa käytetystä puusta pääosa poltetaan vaaravissa takoissa ja saunan puukiukaissa. (Kaski ym. 2016.) Vanhojen tulisijojen ja kiukaiden ominaispäästöt ovat usein suuret ja energiatehokkuus huono. Puun polton suosio on kasvanut ja lähes kaikkiin uusiin pientaloihin rakennetaan tulisija.

3 Ilmansaasteiden terveysvaikutukset

3.1 Yleistä

Ilmansaasteiden terveyshaitat ovat seurausta altistumisesta ilmassa oleville haitallisille aineille. Altistuminen on sitä suurempaa mitä korkeampia hengitysilman saastepitoisuudet ovat ja mitä kauemmin ihminen hengittää saastunutta ilmaa. Erityisesti kaupunkien keskustoissa ja muuten vilkkaasti liikennöidyillä alueilla liikkuvat ja asuvat ihmiset altistuvat ilmansaasteille. Myös pientaloalueilla tulisijojen savut saattavat lisätä merkittävästi altistumista. Suuri osa ulkoilman kaasumaisista ja hiukkasmaisista haitallisista aineista kulkeutuu rakennusten sisätiloihin. Terveyshaittojen kannalta merkittävimpiä ilmansaasteita ovat liikenteestä, puun pienpoltosta ja muista epätäydellisen palamisen lähteistä peräisin olevat pienhiukkaset. Vuonna 2013 Maailman terveysjärjestö WHO määritteli ilmansaasteet ja erityisesti hiukkaset syöpävaarallisiksi (IARC 2013).

Suomessa ilma on melko puhdasta, joten ilmansaasteet eivät merkittävästi vaikuta useimpien suomalaisten terveyteen. Ihmisten herkkyyks on oireilla kuitenkin vaihtelee, ja osa saa oireita herkemmin kuin toiset. Erityisen herkkiä ilmansaasteiden terveysvaikutuksille ovat ikääntyneet hengitys- ja sydänsairaat, pienet lapset sekä kaikenikäiset astmaatit. Pitkäaikainen, vuosia tai vuosikymmeniä kestänyt altistuminen on lyhytaikaista altistumista haitallisempaa.

Ilmansaasteet ovat maailmanlaajuisesti merkittävin yksittäinen ympäristöterveysriski. Maailman terveysjärjestön arvion mukaan ulkoilman saasteet aiheuttavat vuodessa 3,7 miljoonaa ennen aikaista kuolemaa (WHO 2015). Ilmansaasteet aiheuttavat merkittäviä terveyshaittoja myös Suomessa vaikka pitoisuudet meillä ovat kansainvälisesti vertailtuna melko matalia. Ilmansaasteiden aiheuttamien ennen aikaisten kuolemien määrästä on esitetty hieman erilaisia arvioita lähteestä riippuen, mutta suuruusluokka niissä on sama. Hänninen ym. (2016) arvioivat, että ilmansaasteet aiheuttivat Suomessa yhteensä noin 1600 kuolemantapausta vuonna 2013. Näistä suurin osa aiheutui pienhiukkasista. Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen (THL) ja Euroopan ympäristöviraston (EEA) EEA arvioiden mukaan ulkoilman pienhiukkasista aiheuttavat Suomessa vuosittain noin 1800 – 1900 ennen aikaista kuolemaa (Hänninen ym. 2010, EEA 2015). Paikalliset, liikenteen pakokaasuista ja katupölystä peräisin olevat pienhiukkaset aiheuttivat THL:n arvion mukaan Suomessa vuonna 2000 noin 800 ennen aikaista kuolemaa, vakituisten asuntojen puulämmitys noin 250 ja vapaa-ajan asuntojen puunpoltto noin kymmenen ennen aikaista kuolemaa (Ahtoniemi 2010, Salonen 2015). Ilmansaasteet aiheuttavat merkittävästi suuremmalle määrälle ihmisiä lievempiä terveyshaittoja esim. sairaalakäyntejä voinnin äkillisen huononemisen vuoksi, lisääntynyttä lääkityksen tarvetta, sydän- ja hengityselinoireita jne.

Pienhiukkasia ($PM_{2,5}$) pidetään erityisen haitallisina terveydelle. Ne pääsevät tunkeutumaan syvälle hengitysteihin, aina keuhkorakkuloihin asti, ultrapienet hiukkaset mahdollisesti edelleen hengityselimistöä verenkiertoon. Pienhiukkaset heikentävät hengityselimistön, sydämen ja verenkiertoelimistön terveyttä sekä lisäävät kuolleisuutta. Suomessa altistuminen pienhiukkasille on suurinta vilkkaiden liikenneväylien läheisyydessä ja vanhoilla, tiiviisti rakennetuilla pientaloalueilla, joilla käytetään runsaasti polttopuuta.

Hengitettävät hiukkaset (PM_{10}) kulkeutuvat alempiin hengitysteihin eli henkitorveen ja keuhkoputkiin. Ne heikentävät erityisesti hengityssairaiden hyvinvointia aiheuttaen hengityselinoireita ja -tulehduksia, heikentäen keuhkojen toimintaa, lisäten sairaalahoitoa vaativia astma- ja keuhkoah-

taumakohtauksia sekä aiheuttaen ärsytysoireita, kuten nuhaa ja yskää sekä kurkun ja silmien kutinaa ja kirvelyä. Pääkaupunkiseudulla toteutetun epidemiologisen tutkimuksen sekä kirjallisuustarkastelun perusteella korkeat katupölypitoisuudet ovat todennäköisesti yhteydessä myös vakaviin terveyshaittoihin kuten sydän- ja hengityselinsairauksien pahenemiseen ja jopa enneaikaiseen kuolemaan (Lanki 2013).

Typpidioksidi (NO₂) on ärsyttävä kaasu, joka lisää hengityselinoireita erityisesti lapsilla ja astmatikoilla. Se voi lisätä hengitysteiden herkkyyttä muille ärsykkeille, kuten kylmälle ilmalle ja siitepölylle. Myös lyhytaikaiset korkeat typpidioksidipitoisuudet ovat uusissa tutkimuksissa olleet yhteydessä terveyshaittoihin. Typpidioksidi toimii myös liikenneperäisten hiukkasten indikaattorina.

Otsoni (O₃) suojelee tai vahingoittaa eliöitä riippuen siitä, millä korkeudella sitä ilmakehässä on. Yläilmakehässä otsoni toimii suojakilpenä auringon vaarallisia ultraviolettisäteitä vastaan. Sen sijaan hengitysilmassa otsoni on ihmisille, eläimille ja kasveille haitallinen ilmansaaste. Otsonin aiheuttamia tyypillisiä oireita ovat silmien, nenän ja kurkun limakalvojen ärsytys. Hengityssairailta voivat myös yskä ja hengenahdistus lisääntyä ja toimintakyky heikentyä. Kohonneisiin otsonipitoisuuksiin voi myös liittyä lisääntynyttä kuolleisuutta ja sairaalahoitoja. Otsoni voi pahentaa siitepölyjen aiheuttamia allergiaoireita.

Bentso(a)pyreeni on syöpäriskiä lisäävä PAH-yhdiste (polysyklinen aromaattinen hiilivety). PAH-yhdisteitä syntyy epätäydellisessä palamisessa. Kohonneita pitoisuuksia esiintyy erityisesti asuinalueilla, joilla on paljon talokohtaista puulämmitystä. Liikenteen päästöjen vaikutus PAH-pitoisuuksiin on vähäinen.

Mustalla hiilellä tarkoitetaan voimakkaasti valoa sitovia hiukkasia, joissa on korkea epäorgaanisen hiilen pitoisuus. Musta hiili on yhdistetty sekä kasvihuoneilmiön voimistumiseen (sitoo tehokkaasti lämmittävää auringon säteilyä) että terveyshaittoihin. WHO:n asiantuntijaryhmä (Janssen ym. 2012) totesi katsauksessaan, että mustaa hiiltä ei pidetä itsessään terveydelle haitallisena, mutta se kuljettaa pinnalleen kiinnittyneitä terveydelle haitallisia metalleja ja orgaanisia yhdisteitä keuhkojen ääreisosiin ja jopa verenkiertoon asti.

3.2 Uusimpia tutkimustuloksia ja arvioita

Viime vuosina on saatu uutta näyttöä ilmansaasteiden terveysvaikutuksista. Maailman terveysjärjestö (WHO) pyysi vuonna 2013 asiantuntija-arviot näistä tuloksista sekä mahdollisista tarpeista uusia vuonna 2005 annetut WHO:n ohjeavot (WHO 2013 a, 2013 b ja 2013 c). Arvioissa keskityttiin vuoden 2005 jälkeen ilmestyneisiin uusiin tutkimustuloksiin ja arvion tavoitteena oli mm. tukea EU:n ilmansuojelupolitiikan kehittämistä. Tässä luvussa on referoitu REVIHAAP-projektin (Review of evidence on health aspects of air pollution) arvioita (WHO 2013 a), EEA:n uusinta katsausta Euroopan ilmanlaatuun (EEA 2015), Chafen ym. 2015 arviota puun pienpolton vaikutuksista sekä eräiden suomalaisten tutkimusten tuloksia (Ahtoniemi ym. 2010, Salonen ym. 2015, Pasanen ym. 2013).

3.2.1 Hiukkaset

Uusimmat tutkimustulokset vahvistavat sekä pienhiukkasten lyhytaikaisen että pitkäaikaisen altistumisen vaikutukset kuolleisuuteen ja sairastuvuuteen. Uutta tietoa on saatu myös pitkäaikaisen altistumisen vaikutuksista uusiin sairauksiin, kuten hermostollisiin sairauksiin ja diabetekseen. Lisävahvistusta on kertynyt myös karkeiden hiukkasten (halkaisijaltaan 2,5 – 10 µm) haitallisuudesta

sekä lyhyt- että pitkäaikaisessa altistumisessa. Tutkimuksissa ei havaittu mitään kynnyspitoisuutta, jonka alapuolella haittoja ei esiintyisi. (WHO 2013 a).

REVIHAAP-projekti suosittelee, että WHO arvioisi uudelleen hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten ohjearvot, ja samoin EU:n raja-arvot tulisi tarkistaa. Pienhiukkasilla ja hengitettävillä hiukkasilla tulisi olla raja-arvot sekä lyhytaikaisille pitoisuuksille (vuorokausipitoisuudet) että pitkän ajan pitoisuuksille (vuosikeskiarvot). Ne tarvittaisiin, koska karkeat hiukkaset ja pienhiukkaset deposoituvat eri tavoin hengitysteissä, niillä on erilaiset lähteet ja koostumus, niiden biologiset vaikutusmekanismit ja vaikutukset terveyteen ovat osittain erilaiset. (WHO 2013 a)

Mustalle hiilelle olisi hyödyllistä kehittää ohjearvo, joka kuvaaisi tieliikenteen vaikutuksia pienhiukkasista paremmin. Sen sijaan hiukkasten lukumääräpitoisuuksille, jotka kuvaavat ultrapieniä hiukkasia, ei raportin mukaan toistaiseksi ole mahdollista määrittellä ohjearvoa, koska tietoja on liian vähän pitoisuus-vaikutusfunktioiden määrittämiseksi. WHO on vuonna 2016 käynnistänyt globaalien ohjearvojen uudistustyön (WHO 2016).

Euroopan ympäristövirasto (European Environmental Agency EEA) on arvioinut pienhiukkasille altistumista ja terveysvaikutuksia Euroopassa. Pienhiukkasista arvioitiin aiheutuvan 40 Euroopan maassa 432 000 ennen aikaista kuolemaa vuonna 2012. Suomen osalta luku oli 1 900. Arviossa käytettiin hyväksi WHO:n HRAPIE-projektin (Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project) tuloksia (WHO 2013 c), alueellista tai kaupunkitaustaa edustavia mittaustuloksia sekä EMEP:n mallinnustuloksia. (EEA 2015).

3.2.2 Typpidioksidi

REVIHAAP-projektissa arvioitiin, ovatko nykyiset typpidioksidille annetut EU:n raja-arvot ja WHO:n ohjearvot perusteltuja ja riittäviä. Lisäksi arvioitiin, ovatko typpidioksidilla itsessään haitallisia terveysvaikutuksia vai liittyvätkö ne muihin ilmansaasteisiin, joiden merkkiaineena typpidioksidi toimii. Viimeaikaisissa tutkimuksissa on havaittu, että typpidioksidipitoisuuksien päivittäiset vaihtelut ovat yhteydessä kuolleisuuteen, sairaalakäynteihin ja hengityselinoireisiin. On myös uusia tutkimustuloksia, joiden perusteella pitkäaikaisella altistumisella typpidioksidille on yhteys kuolleisuuteen ja sairastavuuteen. Sekä lyhyt- että pitkäaikaisvaikutuksia koskevissa tutkimuksissa on havaittu haitallisia terveysvaikutuksia pitoisuuksilla, jotka ovat samaa tasoa tai alle EU:n nykyisten raja-arvojen ja WHO:n ohjearvojen. Asiantuntijat olivat kuitenkin johtopäätöksissään varovaisia ja totesivat, että sekä lyhytaikaisvaikutusten että erityisesti pitkäaikaisvaikutusten osalta typpidioksidi saattoi toimia joidenkin muiden ilmansaasteiden merkkiaineena. REVIHAAP-projekti suosittelee kuitenkin WHO:lle typpidioksidin ohjearvojen uudelleenarviointia. (WHO 2013 a)

Euroopan ympäristövirasto (European Environmental Agency EEA) arvioi vuonna 2015 ensi kertaa typpidioksidille altistumista ja terveysvaikutuksia Euroopassa. Arviossa käytettiin hyväksi WHO:n HRAPIE-projektin tuloksia (WHO 2013 c). Projektin suositusten mukaisesti vaikutukset laskettiin typpidioksidin vuosipitoisuuksista, jotka ylittivät $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Arviossa käytettiin hyväksi alueellista tai kaupunkitaustaa edustavia mittaustuloksia sekä EMEP:n mallinnustuloksia. Typpidioksidista arvioitiin aiheutuneen 40 Euroopan maassa 75 000 ennen aikaista kuolemaa vuonna 2012. Suomen osalta luku oli nolla, koska arvioon oli sisällytetty vain muutama alueellista tai kaupunkitaustaa edustava mittausasema, joilla pitoisuuksien vuosikeskiarvot eivät ylittäneet $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (EEA 2015).

3.2.3 Otsoni

Uusien tutkimustulosten perusteella on saatu näyttöä siitä, että lyhytaikaisaltistumisen lisäksi myös pitkäaikaisella, kuukausista vuosiin kestäväällä, altistumisella otsonille on haitallisia terveysvaikutuksia. Tämän perusteella REVIHAAP-projekti ehdotti, että otsonin pitkän ajan pitoisuuksille määriteltäisiin ohjearvo (WHO) tai tavoitearvo (EU) (WHO 2013 a). Euroopan ympäristövirasto (European Environmental Agency EEA) on arvioinut otsonille altistumista ja terveysvaikutuksia Euroopassa. Arviossa käytettiin hyväksi WHO:n HRAPIE-projektin tuloksia (WHO 2013 c), ilmanlaadun mittaus-tuloksia ja EMEP:n mallinnustuloksia. Otsonin arvioitiin aiheuttaneen Euroopassa noin 16 000 en-nenaikaista kuolemaa vuonna 2012, Suomessa luku oli 60.

3.2.4 Liikenteen pakokaasut ja katupöly

REVIHAAP-projektissa arvioitiin uusimpia tutkimustuloksia vilkasliikenteisten teiden läheisyyden vaikutuksesta ilmanlaatuun ja terveyteen. Vilkasliikenteisten väylien läheisyydessä asumisen on havaittu aiheuttavan haittaa terveydelle. Pienhiukkasten massapitoisuus tuskin selittää tätä vaiku-tusta, sillä se on vain vähän koholla väylien varrella. Sen sijaan muiden ilmansaasteiden kuten ult-rapienten hiukkasten, hiilimonoksidin, typpidioksidin, mustan hiilen, polysyklisen aromaattisten hii-livetyjen ja eräiden metallien pitoisuudet ovat suhteellisesti enemmän koholla teiden läheisyy-dessä. Joko yksin tai yhdistelminä jokin tai jotkin näistä ovat syynä havaittuihin vaikutuksiin. Nykyi-nen tietämys ei ole riittävää arvioimaan, mikä tai mitkä edellä mainituista ilmansaasteista aiheutta-vat havaitut vaikutukset, joskin pakokaasujen primäärit hiukkaspäästöt ovat tulleet useimmin esille. Katujen, renkaiden ja jarrujen kulumapäästöjen suhteellinen merkitys on kasvanut, kun pakokaasu-päästöt ovat vähentyneet. Toksikologiset tutkimukset ovat lisääntyvässä määrin osoittaneet, että ei-pakokaasuperäiset ilmansaasteet saattavat aiheuttaa ainakin osan havaituista haitallisista ter-veysvaikutuksista. (WHO 2013 a).

3.2.5 Puun pienpoltto

Puunpoltossa syntyy pienhiukkasia sekä soluille myrkyllisiä ja syöpävaarallisia PAH-yhdisteitä ja muita yhdisteitä, jotka vaikuttavat sydän- ja hengityssairauksien kehittymiseen ja oireisiin. Run-saasta pientalojen puulämmityksestä syntyvät korkeat pienhiukkasten vuorokausipitoisuudet voivat aiheuttaa vakavia oireita sydän- ja hengityssairaille ja lisätä pikkulasten hengityselinoireita ja -in-fektioita. Useita vuosia tai vuosikymmeniä kestävä altistuminen puunpolton savuille kohottaa kroo-nisiin sydän- ja hengityssairauksiin sairastumisen riskiä ja lisää ennenaikaisia kuolemia näitä pitkä-aikaissairauksia sairastavien keskuudessa. Vaikutus on samanlainen kuin liikenteen pakokaasuilla ja tupakansavulla, joka muistuttaa koostumukseltaan suuresti huonon puunpolton savua. (THL 2015).

WHO on tehnyt laajan katsauksen (Chafe ym. 2015) pienpolton vaikutuksista väestön altistumi-seen ja terveyshaittoihin. Puun ja hiilen pienpolton päästöt ovat kasvussa ja niistä seuranneista ul-koilman kohonneista pienhiukkaspitoisuuksista on arvioitu aiheutuneen 60 000 ennenaikaista kuo-lemaa Euroopassa vuonna 2010. Ahtoniemi ym. (2010) arvioivat, että vakituisten asuntojen puu-lämmitys johtaa 250 henkilön ennenaikaiseen kuolemaan vuodessa, kun vapaa-ajan asuntojen puunpoltosta aiheutuu vain kymmenkunta ennenaikaista kuolemaa (Salonen 2015).

THL:n johdolla on pääkaupunkiseudulla tehty takautuva paikkatietoihin ja rekisteriaineistoihin pe-rustuva epidemiologinen tutkimus pitkäaikaisen puunpolton savuille altistumisen terveyshaitoista (Pasanen ym. 2013). Pienalue-epidemiologiset tulokset viittaavat siihen, että vuosia tai vuosikym-meniä kestävä, lämmityskaudella kohonnut altistuminen puun epätäydellisen palamisen päästöille

riittää lisäämään ja/tai pahentamaan kroonisia sydämen sekä verenkierto- ja hengityselinten sairauksia samalla tavoin kuin tupakointi tai runsas altistuminen vanhojen dieselajoneuvojen pakokaasuille. Yhtenä mahdollisena selityksenä tälle voidaan pitää sitä, että naapureiden savuille altistuminen ei rajoitu vain ulkotiloihin, vaan jatkuu merkittävässä määrin myös asuntojen sisätiloissa. (Salonen ym. 2015).

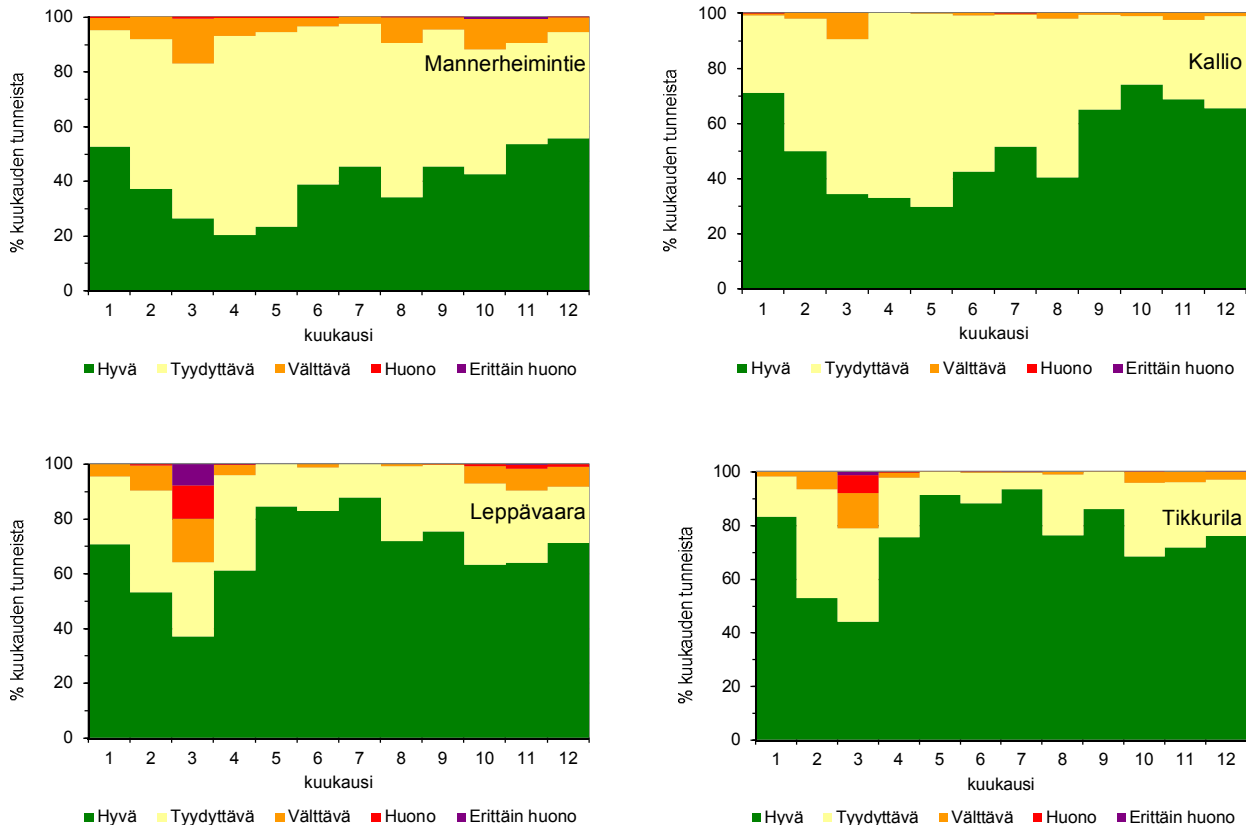
4 Ilmanlaatu ja sen kehittyminen

4.1 Yleistä

Ilmanlaatu on pääkaupunkiseudulla yleensä melko hyvä, mutta typpidioksidin ja hiukkasten pitoisuudet kohoavat ajoittain haitallisen korkeiksi etenkin vilkkaasti liikennöityjen katujen ja teiden ympäristössä. Ongelmallisimpia alueita ovat huonosti tuulettuvat vilkasliikenteiset katukuilut, joissa typpidioksidin vuosiraja-arvo edelleen ylittyy ja hiukkaspitoisuudet ovat korkeita liikenteen pakokaasupäästöjen ja katupölyn takia, sekä paikoin pientaloalueet, joilla käytetään tulisijoja lisälämmitykseen.

Otsonipitoisuudet ovat ajoittain korkeita keväisin ja kesäisin, erityisesti taajamien ulkopuolella. Bentso(a)pyreenin pitoisuudet ylittävät tavoitearvon paikoitellen pientaloalueilla, joilla poltetaan paljon puuta. Rikkidioksidin, lyijyn ja hiilimonoksidin pitoisuudet ovat matalia eivätkä enää nykyään yleensä aiheuta ilmanlaatuongelmia pääkaupunkiseudulla. Myös bentseenin ja raskasmetallien pitoisuudet ovat matalia.

Ilmanlaatu on ilmanlaatuindeksillä (ks. luku 8) kuvattuna pääkaupunkiseudulla valtaosan ajasta hyvä tai tyydyttävä (kuva 7). Ilmanlaatu heikkenee kuitenkin ajoittain välttäväksi, huonoksi tai jopa erittäin huonoksi. Välttävä ilmanlaatu aiheutuu useimmiten kohonneista typpidioksidin pitoisuuksista, keväällä myös hengitettävien hiukkasten pitoisuuksista tai kaukokulkeumien aikana pienhiukkasten ja otsonin pitoisuuksista. Huonoon ja erittäin huonoon ilmanlaatuun ovat useimmiten syynä korkeat hengitettävien hiukkasten pitoisuudet, silloin tällöin myös typpidioksidi. Myös paikallisten lähteiden tuottamat pienhiukkaset voivat ajoittain heikentää ilmanlaatua merkittävästi vilkasliikenteisissä ympäristöissä tai pientaloalueilla, joilla poltetaan paljon puuta.



Kuva 6. Pääkaupunkiseudun ilmanlaatu indeksillä kuvattuna vuonna 2015. Mannerheimintie edustaa Helsingin vilkasliikenteisen keskustan olosuhteita, Kallio kaupunkitaustaa ja Leppävaara sekä Tikkurila vilkasliikenteisiä aluekeskuksia Espoossa ja Vantaalla.

4.2 Typpidioksidi, NO₂

4.2.1 Typpidioksidipitoisuuksien kehitys pääkaupunkiseudulla

Pääkaupunkiseudulla typpidioksidin suurimmat päästölähteet ovat energiantuotanto ja liikenne, erityisesti raskas diesel-liikenne. Koska liikenteen päästöt vapautuvat matalalta, ne vaikuttavat eniten hengitysilman pitoisuuksiin. Päästöistä suurin osa on typpimonoksidia (NO), joka hapettuu ilmassa otsonin vaikutuksesta typpidioksidiksi. Usein otsonin puute rajoittaa hapettumista. Suojaisa, heikkotuulinen ympäristö ja lämpötilainversio kohottavat voimakkaasti typenoksidien pitoisuuksia.

Typpidioksidille on annettu vuosi- ja tuntiraja-arvo (liite 1). Vuosiraja-arvo ylittyy edelleen Helsingin vilkasliikenteisissä ja huonosti tuulettuvissa katukuiluissa liikenteen päästöjen takia. Raja-arvo tuli saavuttaa vuoteen 2010 mennessä. Ilmansuojeluohjelmien toimenpiteet eivät kuitenkaan ehtineet vaikuttaa riittävästi ennen sitä. Suomi haki ja sai EU-komissiolta jatkoaikaa raja-arvon alittamiselle vuoden 2014 loppuun asti, mutta tilanne ei ole parantunut kaikkialla riittävästi, vaikka pitoisuudet ovatkin alentuneet. Helsingin keskustassa Mannerheimintien mittausasemalla typpidioksidipitoisuus ei ole ylittänyt raja-arvoa vuoden 2010 jälkeen. Typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvot sekä pysyviltä että siirrettäviltä jatkuvatoimisilta mittausasemilta on esitetty taulukossa 3.

Vuonna 2015 typpidioksidipitoisuus ylitti vuosiraja-arvon 40 µg/m³ paikoitellen Helsingin katukuiluissa kuten Mäkeläkadulla ja Töölöntullissa (taulukko 3). Typpidioksidin pitoisuuksia kartoitetaan jatkuvatoimisten mittausten lisäksi passiivikeräinmenetelmällä. Vuonna 2015 keräyksiä tehtiin laajalti Helsingin kantakaupungissa. Raja-arvo ylittyi edelleen useassa kohteessa (liitteen 2 taulukko

1). Raja-arvon ylittymistä on lähemmin tarkasteltu luvussa 4.3. Espoossa, Vantaalla tai Kauniainsissa raja-arvoylityksiä ei ole mitattu.

Taulukko 3. Typpidioksidipitoisuuksien vuosikeskiarvot pääkaupunkiseudun mittausasemilla vuosina 2006 – 2015. Raja-arvon ylitykset on korostettu punaisella.

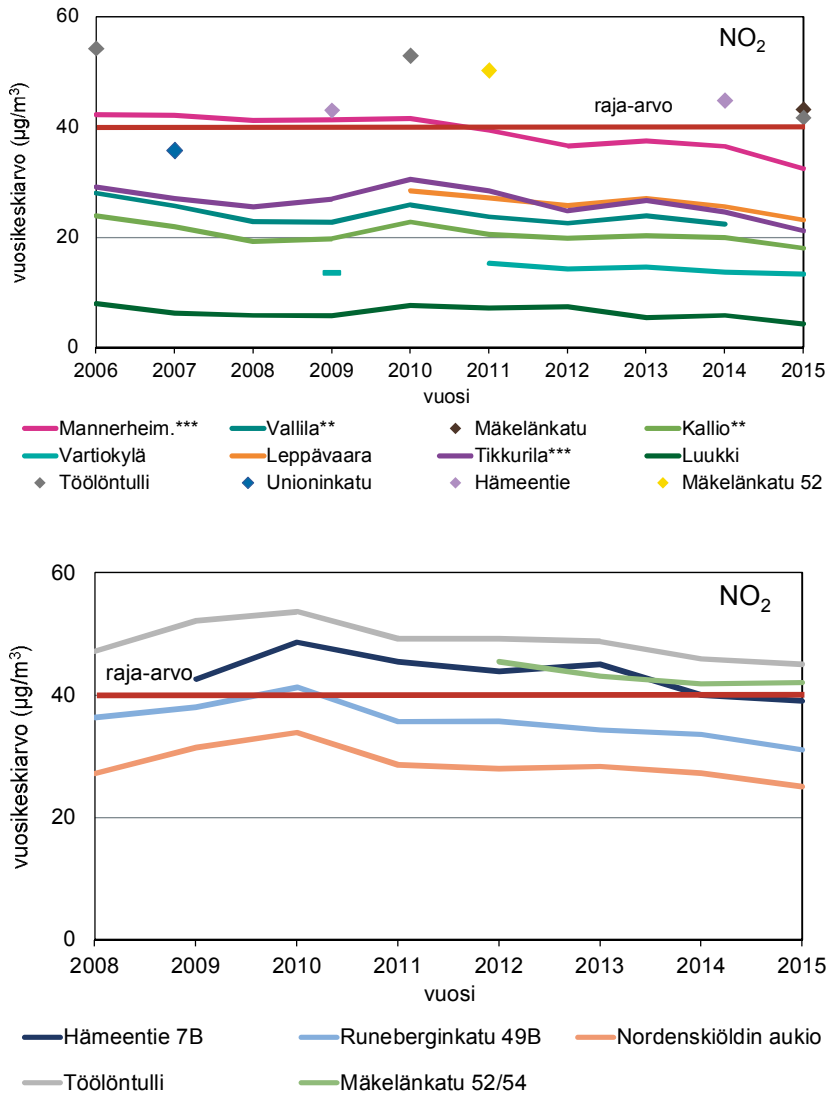
Helsinki	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Mannerheimintie	42	42	41	41	41	39	37	37	36	32
Vallila	28	26	23	23	26	24	23	24	22	
Kallio	24	22	19	20	23	20	20	20	20	18
Vartiokylä				14		15	14	15	14	13
Länsisatama1			22							
Länsisatama2							15			
Länsisatama3									23	
Katajanokka				16				18		
Eteläranta					23	23				
Hämeentie				43					45	
Töölöntulli	54				53					42
Unioninkatu		36								
Mäkelänkatu						50				43
Kehä I Malmi							34			
Tapanila								16		
Espoo ja Kauniainen	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Leppävaara3	25	23	21	21						
Leppävaara4					28	27	26	27	25	23
Luukki	8	6	6	6	8	7	7	5	6	4
Pohjois-Tapiola	27									
Espoon keskus		21								
Kauniainen			20							
Tuomarila				24						
Niittymaa					22					
Matinkylä						25				
Kattilalaakso							12			
Kauniainen								11		
Kehä II									25	
Lintuvaara										10
Vantaa	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Tikkurila	29	27	25	27	30	28	25	27	25	21
Kivistö	22									
Lentoasema		27								
Itä-Hakkila			13							
Koivuhaka				25						
Myyrmäki					27					
Päiväkumpu						13				
Hakunila							29			
Kehä III Varisto								33		
Ruskeasanta									13	
Hämeenlinnanväylä										31
Jätevoimala										11

Typpidioksidin tuntiraja-arvo ei ole 2000-luvulla ylittynyt millään mittausasemalla. Tuntiraja-arvo ylittyy, jos tuntipitoisuus on yli 200 µg/m³ enemmän kuin 18 tuntia vuodessa. Vuosina 2006, 2010 ja 2014 typpidioksidin tuntipitoisuus ei ylittänyt 200 µg/m³ kertaakaan millään mittausasemalla.

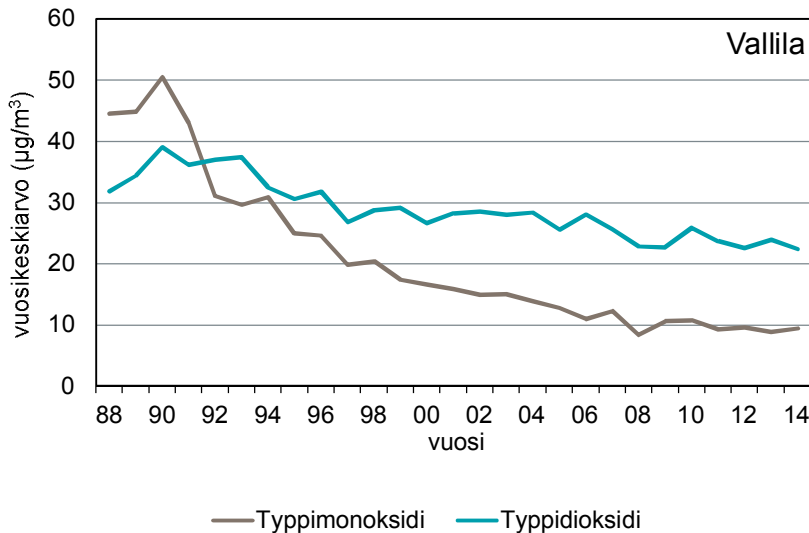
Muina vuosina ylityksiä mitattiin Helsingissä enimmillään 8 tuntia/vuosi. Espoossa ja Vantaalla ylityksiä ei pääsääntöisesti ole havaittu, poikkeuksena kuitenkin Espoon Matinkylä vuonna 2011, jolloin ylityksiä oli neljä tuntia.

Typpimonoksidin pitoisuudet laskivat voimakkaasti jo 1990-luvulla erityisesti autojen katalysaattoreiden käyttöönoton myötä. Viime vuosina pitoisuuksien lasku on ollut vähäisempää. Typpidioksidin pitoisuudet ovat laskeneet typpimonoksidia hitaammin (kuvat 7 ja 8). Typpidioksidin vuosipitoisuuksien kehityksen tilastollista merkitsevyyttä arvioitiin Ilmatieteen laitoksen MAKESENS-analyysillä (Salmi ym. 2002) vuosille 2001 – 2015. Pitoisuudet laskivat vuosina 2001- 2015 tilastollisesti erittäin merkitsevästi Mannerheimintielle ja Tikkurilassa ja merkitsevästi Vallilassa sekä Kalliossa. Leppävaarassa mittausarjat ovat liian lyhyitä trendin merkitsevyyden arvioimiseen.

Aiemmin arvioitiin, että autojen päästövähennystekniikoiden kehittymisen ja liikennemäärien vähenemisen ansiosta typpidioksidipitoisuudet laskisivat eivätkä ylittäisi raja-arvoa enää vuonna 2015, mutta näin ei ole tapahtunut. Tähän on useita syitä: Helsingin kantakaupungissa liikennemäärät eivät kuitenkaan ole kasvaneet. 1) Ominaispäästöt eivät ole käytännön olosuhteissa laskeneet päästönormien kiristymistä vastaavalla tavalla, ts. todellisessa liikenteessä päästöjen vähentämistekniikat eivät ole toimineet yhtä hyvin kuin päästönormin mukaisessa testissä. 2) Diesel-ajoneuvojen hiukkasia vähentävät tekniikat ovat lisänneet typpidioksidin osuutta pakokaasupäästöissä eli ne hapettavat typpimonoksidia typpidioksidiksi. 3) Verotus on ilmastosyistä suosinut dieselhenkilöautoja, joiden määrä ensirekisteröinnissä on kasvanut. Dieselautojen NO_x-päästöt ovat moninkertaisia bensa-autoihin verrattuna. 4) Liikennemäärien kasvu on joillakin alueilla osittain kumonnut ominaispäästöjen laskun vaikutukset.



Kuva 7. Typpidioksidipitoisuuksien kehitys pääkaupunkiseudun mittausasemilla vuosina 1988 – 2015 (ylhällä jatkuvatoimiset mittausasemat, alhaalla passiivikeräinkartoitukset). Pitoisuusmuutosten tilastollinen merkitsevyystaso on laskettu vuosille 2001 – 2015: * pitoisuuden lasku melkein merkitsevä, ** merkitsevä, *** erittäin merkitsevä.



Kuva 8. Typpimonoksidin pitoisuudet ovat laskeneet huomattavasti nopeammin kuin typpidioksidin. Esimerkki Vallilan mittausasemalta.

Typpidioksidin pitoisuudelle on annettu kansallinen tunti- ja vuorokausiohjearvo, joiden ylittymistä arvioidaan kuukausittain. Vuosina 2006 – 2015 typpidioksidin vuorokausipitoisuus ylitti ohjearvon Espoon ja Vantaan mittausasemilla harvoin, korkeintaan yhtenä kuukautena vuodessa. Helsingissä ylityksiä on vilkasliikenteisissä katukuiluissa ollut runsaasti, pahimmillaan Töölöntullissa joka kuukausi vuonna 2010. Liitteen 2 taulukkoon 2 on koottu vuosilta 2006 – 2015 niiden kuukausien lukumäärät, jolloin typpidioksidin vuorokausipitoisuus ylitti ohjearvon. Tuntiohjearvo on ylittynyt vuosina 2006 – 2015 hyvin harvoin: Vuosina 2007, 2008, 2010, 2011 ja 2014 ylityksiä ei ollut lainkaan. Vuonna 2006 tuntiohjearvo ylittyi Töölöntullissa toukokuussa, vuonna 2009 Mannerheimintien helmi- ja joulukuussa sekä Vallilassa ja Hämeentiellä joulukuussa. Vuonna 2012 tuntiohjearvo ylittyi helmikuussa Mannerheimintien, Vallilassa ja Kehä I:n varrella Malmilla sekä vuonna 2013 Kehä III:n varrella Varistossa maaliskuussa. Tuntiohjearvoon verrannollinen typpidioksidin pitoisuus sivusi ohjearvoa eli oli 150 µg/m³ Matinkylässä helmikuussa 2011 ja Hämeentiellä tammi-kuussa 2014.

4.2.2 Arvio typpidioksidin raja-arvon ylitysalueesta

Typpidioksidin pitoisuudet piti ilmanlaatuasetuksen (38/2011) mukaan saada raja-arvojen alapuolelle vuoden 2010 alkuun mennessä. Helsingin kaupunki sai EU:n suostumuksella ympäristöministeriöltä typpidioksidin vuosiraja-arvon noudattamiselle jatkoaikaa niin, että raja-arvo tulisi saavuttaa vuoden 2015 alkuun mennessä.

Helsingin kaupungin ilmansuojelun toimintaohjelmaa 2008 – 2016 varten laadittiin asiantuntija-arvio katukuiluista, joissa typpidioksidin ja/tai hengitettävien hiukkasten raja-arvo mahdollisesti ylittyi Helsingissä vuonna 2008 (kuva 10). Katuosuuksia, joilla typpidioksidin raja-arvon arvioitiin ylittyvän, oli kahdeksan kilometriä, ja niiden varrella asui noin 19 000 asukasta. Työpaikkoja ylityskatualueilla oli noin 20 000 (Helsingin kaupunki 2008 a).

Vuoden 2008 jälkeen on jatkuvatoimisin mittauksin ja passiivikeräinkartoituksin tuotettu runsaasti uutta tietoa typpidioksidin pitoisuuksista Helsingissä (kuva 8). Liitteen 2 taulukkoon 1 on koottu mittausasemien tulokset ja osa passiivikeräinkartoitusten tuloksista. Kuvaukset passiivikeräinkartoitusten mittauspaikoista ja kaikki tulokset löytyvät ilmanlaadun vuosiraporteista.

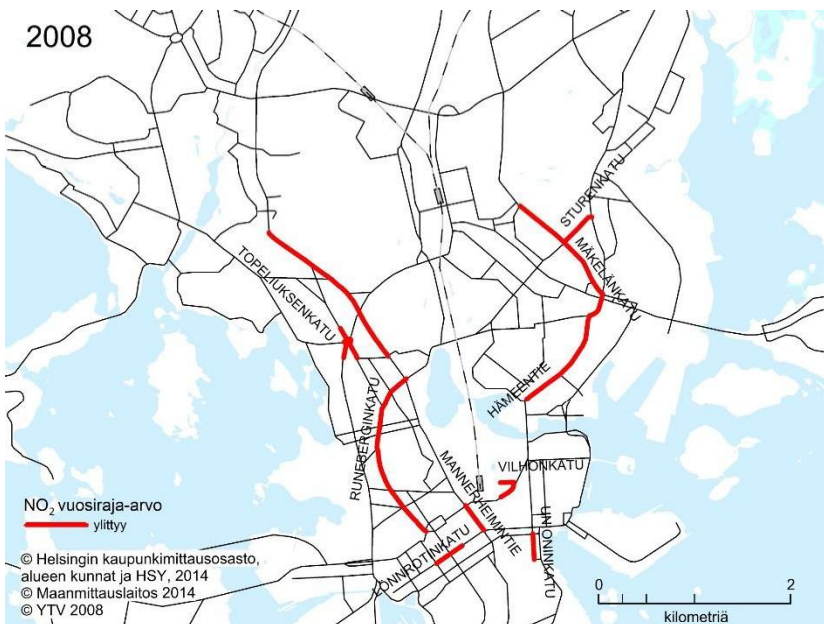
Typpidioksidin pitoisuudet ovat hieman laskeneet, joskaan pitoisuuksien lasku ei ole ollut niin nopeata kuin aiemmassa toimintaohjelmassa odotettiin.

HSY kartoitti vuonna 2015 laajasti typpidioksidin pitoisuuksia Helsingin vilkasliikenteisillä kaduilla raja-arvon ylitysalueen määrittämiseksi. Vuosiraja-arvo ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylittyi Mäkelänkadun uudella pysyvällä mittausasemalla ja siirrettävällä mittausasemalla Töölöntullissa (Kuva 8 ja liitteen 2 taulukko 1). Passiivikeräinkartoituksissa vuosiraja-arvon ylityksiä havaittiin Töölöntullissa, Mäkelänkadulla, Sörnäisten rantatiellä ja Pohjois-Esplanadilla (liitteen 2 taulukko 1). Huomattakoon, että vuosi 2015 oli sääolosuhteiden vuoksi ilmanlaadun kannalta hyvä vuosi, ja useimpien ilmansaasteiden vuosipitoisuudet olivat edellisvuosia selvästi matalampia. Vuosi 2015 oli ennätyksellisen lämmin, ja erityisesti talvikuukaudet olivat keskimääräistä lämpimämpiä. Koko vuoden sademäärä oli lähellä pitkän ajan keskiarvoa, mutta esim. maalis- ja huhtikuussa satoi keskimääräistä enemmän.

HSY teki asiantuntija-arvion ylitysalueesta pohjautuen viime vuosien mittaustuloksiin, liikennemäärätietoihin sekä katukuilujen ominaisuuksiin. Raja-arvon arvioidaan ylittävän kuvassa 10 punaisella merkityillä katuosuuksilla Mannerheimintielle, Mäkelänkadulla, Pohjois-Esplanadilla ja Sörnäisten rantatiellä, Hämeentielle, Vilhonkadulla ja Kaisaniemenkadun kuilumaisella osuudella sekä Mecklininkadulla.

Raja-arvon ylitysalueen katuosuuksien yhteispituus on 5,7 km. Asukkaita näiden katuosuuksien varsilla on noin 11 000. Verrattuna vuoden 2008 tilanteeseen ylitysalueen pituus on pienentynyt 2,3 km eli noin 30 %. Typpidioksidin vuosiraja-arvon ylittävillä pitoisuuksille altistuvien asukkaiden määrä vähentynyt 8 000:lla eli yli 40 %:lla.

Lisäksi raja-arvo on vaarassa ylittyä kuvassa 10 oranssilla merkityillä katuosuuksilla Mannerheimintien pohjoisosassa, Sturenkadulla, Mäkelänkadulla, Hämeentielle, Uudenmaankadulla ja Huopalahdentielle sekä Lönnrotinkadun alkupäässä. Riskialueen katuosuuksien pituus on 3,2 km. Asukkaita näillä katuosuuksilla on arviolta 4 000.



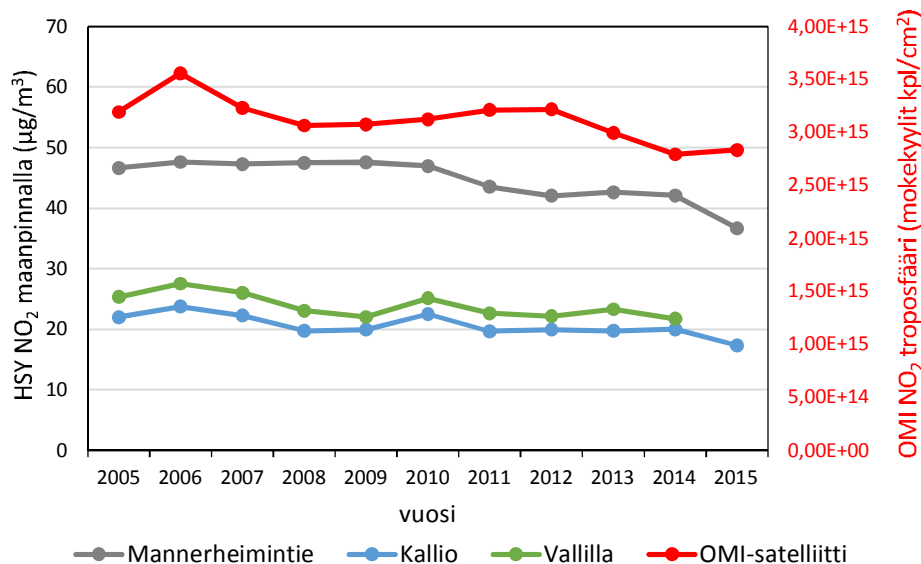
Kuva 9. Typpidioksidin raja-arvon ylitysalueet vuonna 2015 ja vertailun vuoksi tilanne vuonna 2008.

Muutokset vuoden 2015 arviossa verrattuna vuoden 2008 arvioon ovat seuraavat: arvioituun ylitysalueeseen eivät enää kuulu Runeberginkatu, Mannerheimintien eteläosa, Unioninkatu, osa Lönnrotinkatua ja Mäkeläinkadun itäosa eikä Nordenskiöldin kadun ja Topeliuksenkadun risteysalue. Uusia ylitysalueita tai alueita, joilla raja-arvo on vaarassa ylittyä, ovat Mäkeläinkadun pohjoisosa, Mechelininkatu, Mannerheimintien pohjoisosa, Sörnäisten rantatie, Pohjois-Esplanadin länsiosa, Uudenmaankatu sekä Huopalahdentie. Arvioinnin tarkentuminen sekä ilmanlaadussa ja liikenteessä tapahtuneet muutokset ovat syitä vuosien 2008 ja 2015 arviointien eroihin. Mittauksia jatketaan karttaan merkityillä katuosuuksilla ja karttaa päivitetään tarvittaessa.

4.2.3 Typpidioksidin pitoisuudet satelliittimittausten perusteella arvioituna

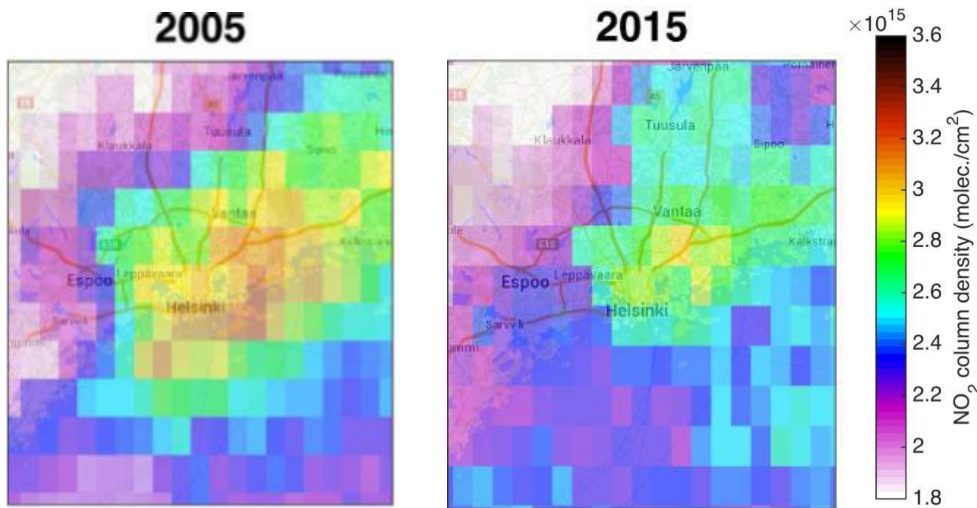
Uusi tutkimus on osoittanut, että satelliittimittauksia voidaan hyödyntää ilmansaasteiden pitoisuuksien arvioinnissa (Ilmatieteen laitos 2014). Ilmatieteen laitos on laatinut mm. pääkaupunkiseudulle aikasarjan typpidioksidin pitoisuuksista vuosille 2005 – 2015. Tutkimuksessa käytettiin suomalais-hollantilaisen Ozone Monitoring Instrumentin (OMI) tekemiä typpidioksidihavaintoja. OMI on mitannut typpidioksidin pitoisuuksia alailmakehässä lokakuusta 2004 alkaen ja se on laukaistu osana NASA:n Aura-satelliittia. Sen mittaustekniikka perustuu maan ilmakehästä ja pinnasta takaisin siroavaan auringonsäteilyyn.

Tämän kaltaisen uuden tutkimusmenetelmän mahdollisuuksia on havainnollistettu lyhyesti kuvissa 10 ja 11. Kuvassa 10 on esitetty aikasarja typpidioksidin pitoisuuksista vuosina 2005 – 2015. Kuvassa ovat mukana kaikki saatavilla olevat havainnot OMI:sta pääkaupunkiseudulla (koko vuosi). HSY:n tulokset ovat mittaustuloksia vuoden kaikilta päiviltä klo 11 - 14 välillä (vastaa OMI:n ohilen-toaikaa). Kuvasta nähdään, että OMI-instrumentin tuottama pitoisuustrendi noudattaa melko hyvin HSY:n mittausasemilla havaittuja trendejä.



Kuva 10. Typpidioksidin pitoisuuksien kehitys alailmakehässä OMI-satelliittimittausten ja maanpintatasolla HSY:n mittausten perusteella. (OMI-mittaukset lähde: Ialongo 2016).

Kuvassa 11 on esitetty OMI:n havaintoihin perustuvat typpidioksidin pitoisuuksien alueelliset jakaumat pääkaupunkiseudulla vuosina 2005 ja 2015. Karttakuvissa ovat mukana vain pilvettömät päivät, koska pilvet tuottavat kuviin liikaa epätarkkuutta. Pitoisuudet kasvavat lilasta/violetista punaiseen/mustaan. Kuvista näkyy pitoisuuksien paikallinen ja vuosien välinen vaihtelu sekä pitoisuuksien laskeva trendi vuosien 2005 ja 2015 välillä. Vastaavat karttakuvat kaikilta vuosilta 2005 - 2015 on esitetty liitteessä 3 (Ialongo 2016).



Kuva 11. OMI-satelliittimittauksiin perustuvat typpidioksidin pitoisuudet pääkaupunkiseudun yläpuolella alailmakehässä. Esimerkkinä vuodet 2005 ja 2015. Karttakuvat vuosilta 2005 – 2015 ovat liitteessä 3. (Lähde: Ialongo 2016).

4.3 Hengitettävät hiukkaset, PM₁₀

Hengitettävät hiukkaset ovat katujen ja teiden läheisyydessä suurimmaksi osaksi liikenteen nostattamaa katupölyä, jota kertyy katu ympäristöön erityisesti talven aikana. Keväällä, kun kadut sulavat ja kuivuvat, hiukkaset vapautuvat nopeasti aiheuttaen usein hyvinkin korkeita pitoisuuksia vaihtelevan pituisilla ajanjaksoilla. Pääkaupunkiseudulla kevätpölykausi ajoittuu yleensä maaliskoukokuuhun, mutta hiukkaspitoisuudet kohoavat usein selvästi myös syksyisin nastarengaskauden alettua. Myös rakennustyömaiden pölyäminen voi heikentää paikoin ilmanlaatua työmaiden läheisyydessä.

Suomessa nastarengaiden aiheuttamaa päällysteen kulumaa ja hiekoitusmateriaaleja pidetään merkittävimpinä lähteinä talven aikana tieympäristöön kertyville hiukkasille. Pääkaupunkiseudulla Nasta-tutkimusohjelmassa vuosina 2011 – 2013 tehty tutkimus osoitti, että kevätkaudella päällysteen kiviaineksistaperäisin olevat kulumatuotteet olivat suurin yksittäinen lähde, jonka osuus kevätkauden näytteissä oli 40 - 50 prosenttia. Pölyn muodostumisprosesseja koskevien tutkimusten perusteella merkittävin selittäjä kevätkaudella havaittavalle päällystyperäiselle pölylle on nastarengaiden aiheuttama päällysteen kuluma. Tutkimuskohteessa käytettiin tarkastellulla talvikaudella talvihiekoitusta ja suolausta. Talvihiekoituksessa käytetystä kivimateriaalista muodostuneet hiukkaset selittivät ilma- ja resuspensio-näytteissä havaitusta PM₁₀-katupölystä noin 25 prosenttia. Talvihiekoituksella oli pieni, arviolta muutaman prosentin merkitys myös päällystyperäisen pölyn muodostumisessa hiekkapaperi-ilmiön kautta (Kupiainen ym. 2013 a, Kupiainen ym. 2013 b). On huomattava, että ajoneuvotekniikan kehittyminen, jonka seurauksena suorat pakokaasupäästöt ovat viime vuosina laskeneet, ei vähennä katupölyä, vaan sen vähentämiseksi on kehitettävä muita keinoja.

Hengitettävillä hiukkasilla on annettu vuosi- ja vuorokausiraja-arvo sekä Suomen kansallinen vuorokausiohjearvo (liite 1). Maailman terveysjärjestö WHO on antanut hengitettävien hiukkasten vuosisipitoisuudelle EU:n raja-arvoa (40 µg/m³) tiukemman ohjearvon (20 µg/m³) ja vuorokausipitoisuudelle ohjearvon 50 µg/m³.

Pääkaupunkiseudulla hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ovat selvästi vuosiraja-arvon alapuolella, mutta ne ylittävät paikoin WHO:n vuosiohjearvon (Liitteen 2 taulukko 3).

Vuorokausiraja-arvo on vuosiraja-arvoa tiukempi ja se on ylittynyt Helsingin keskustassa Runeberginkadulla ja Kampissa vuonna 2003, Hämeentiellä vuonna 2005, Mannerheimintielle vuosina 2005 ja 2006 sekä Töölöntullissa vuonna 2006. Espoossa, Vantaalla ja Kauniaisissa vuorokausiraja-arvo ei ole ylittynyt. Vuoden 2006 jälkeen raja-arvoylityksiä ei ole raja-arvoa valvovilla asemilla todettu. Kehä I:n piennaralueella Malmilla raja-arvo ylittyi siirrettävällä mittausasemalla vuonna 2012. Tämän jälkeen hiukkaspitoisuuksia on mitattu pääväylien välittömässä läheisyydessä Kehä III:n piennaralueella Varistossa vuonna 2013, Kehä II:n varrella vuonna 2014 ja Hämeenlinnan väylän varressa vuonna 2015. Näillä mittausasemilla pitoisuudet pysyivät raja-arvon alapuolella. Pääväylien varteen sijoitetut mittausasemat olivat tutkimuskäytössä ja mittausten tavoitteena oli selvittää, kuinka korkeiksi pitoisuudet nousevat väylän välittömässä läheisyydessä. Asukkaat eivät altistu jatkuvasti näin korkeille pitoisuuksille. Tuloksia käytetään kehitettäessä pölyntorjuntaa, arvioidaessa pölynsidonnin tarvetta ja taustatietona kaupunkisuunnittelussa. Siten mainitut mittausasemat eivät olleet raja-arvoa valvovia asemia eikä niiden tuloksia raportoida EU:lle. (Taulukko 4).

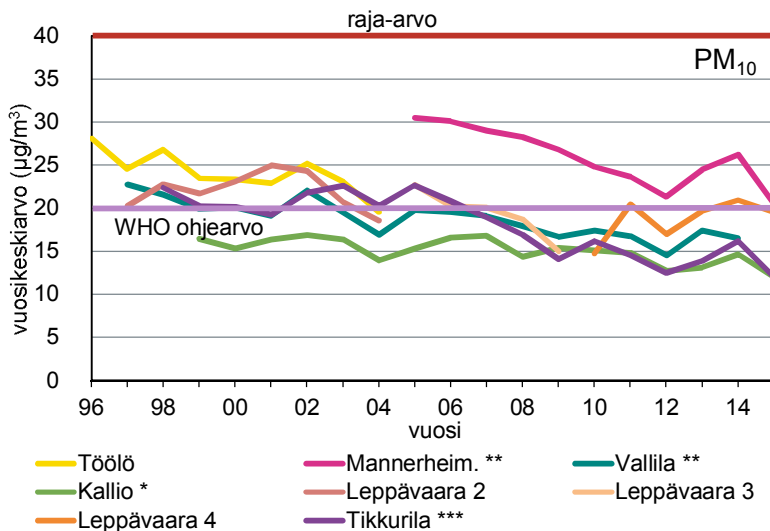
Vuorokausiraja-arvon ylityksistä on laadittu EU-komissiolle selvitykset, joissa on kuvattu mm. mitatut hiukkaspitoisuudet, ylitysten pääsyyt, laaditut toimenpidesuunnitelmat ja niiden toteutuminen (Viinanen 2005, Viinanen 2006, Viinanen ym. 2007).

Taulukko 4. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvotason ylitysten määrät pääkaupunkiseudun mittausasemilla vuosina 2006 -2015. Raja-arvo katsotaan ylittyneeksi, jos raja-arvotason ylityksiä on yli 35 vuodessa.

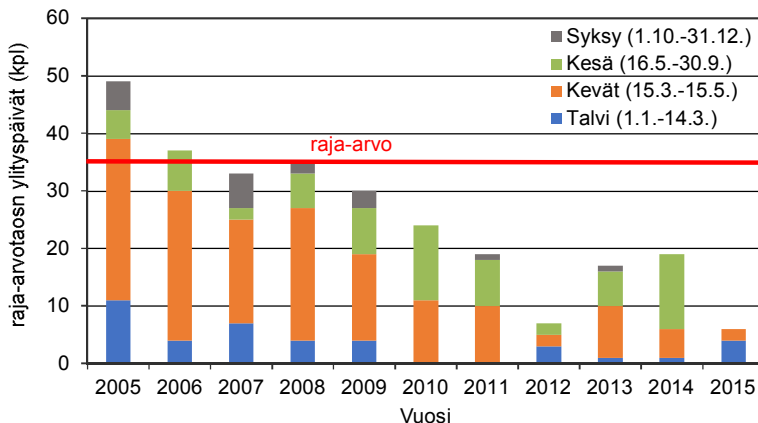
Helsinki	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Mannerheimintie	37	33	35	30	24	19	7	17	19	6
Vallila	13	10	7	5	3	3	3	3	1	
Kallio	10	6	4	3	3	2	0	0	0	1
Vartiokylä				4	1	0	0	0*		
Hämeentie				21					16	
Töölöntulli	59				30					24
Unioninkatu						28				25
Mäkelänkatu							36			
Kehä I Malmi										
Espoo ja Kauniainen	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Leppävaara3	14	16	12	9						
Leppävaara4					6	15	10	17	13	12
Pohjois-Tapiola	17									
Espoon keskus		16								
Kauniainen			11							
Niittymaa					13					
Kehä II									10	
Vantaa	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Tikkurila	18	13	5	4	8	4	1	4	4	6
Kivistö		8								
Lentoasema										
Itä-Hakkila			6							
Koivuhaka				12						
Myyrmäki					8					
Kehä III Varisto								30		
Hämeenlinnanväylä										11

* tuloksia alle 90 %

Talven ja kevään sääolot sekä katujen kunnossapito vaikuttavat siihen, kuinka paljon katupölyä kertyy katujen pinnoille ja milloin se nousee ilmaan. Tämän vuoksi kevään katupölykauden ajan-kohta ja voimakkuus vaihtelevat vuosittain. Viime vuosina katujen tehostettu puhdistus ja pölynsi-donta kalsiumkloridiliuoksella ovat pääsääntöisesti vähentäneet katupölyn pitoisuuksia. Liikenteen pakokaasujen ja energiantuotannon hiukkaspäästöt ovat merkittävästi vähentyneet 1990-luvun alusta alkaen.



Kuva 12. Hengitettävien hiukkasten vuosipitoisuudet pääkaupunkiseudun mittausasemilla vuosina 1996 – 2015. Pitoisuusmuutosten tilastollinen merkitsevyystaso on laskettu vuosille 2001–2015: * melkein merkitsevä, ** merkitsevä, *** erittäin merkitsevä.



Kuva 13. Hengitettävien hiukkasten raja-arvotason ylittävien päivien lukumäärät Helsingin Mannerheimintien mittausasemalla vuosina 2005 – 2015.

Kuten kuvista 12 ja 13 sekä liitteen 2 taulukosta 3 (vuosikeskiarvot) käy ilmi, erityisesti Helsingissä, mutta myös Vantaalla toteutetut toimet katupölyn vähentämiseksi ovat tuottaneet tulosta. Vuosipitoisuudet ovat laskeneet tilastollisesti merkitsevästi Mannerheimintien, Vallilan ja Tikkurilan mittausasemilla sekä melkein merkitsevästi Kallion mittausasemalla. Vuosipitoisuuksien kehityksen tilastollista merkitsevyyttä arvioitiin Ilmatieteen laitoksen MAKESENS-analyysillä vuosille 2001 – 2015 (Salmi ym. 2002). Vuorokausiraja-arvotason ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylityspäivien määrä on vähentynyt pysyvillä mittausasemilla Leppävaaraa lukuun ottamatta.

Kalsiumkloridilla tehtyjen pölynsidontakäsittelyjen lisäämisen ja katujen puhdistuksen menetelmien kehittämisen arvioidaan olevan merkittäviä tekijöitä havaittuihin laskeviin pitoisuustrendeihin, joskin myös muilla tekijöillä, kuten hiukkasten kaukokulkeumalla on vaikutusta ilmanlaadun vaihteluun vuositasolla. Liikennemäärät ja nastarenkaiden osuus talven liikennevirrassa ovat pysyneet Helsingin keskustassa melko vakaina, eivätkä ne siten selitä kevätkauden pölypitoisuuksien laskevaa kehitystä Helsingin keskustassa (Männikkö 2014). Pitkällä aikavälillä katupölyn muodostumista ovat vähentäneet myös siirtyminen kevytnastoihin, pesuseulotun hiekoitusmateriaalin käyttö sekä nopeusrajoitusten alentaminen.

Hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudelle on annettu kansallinen ohjearvo ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, saa ylittyä kerran kuukaudessa). Ohjearvo ylityskuukausia on viime vuosina ollut vähän, nollassa kahteen per vuosi asemasta riippuen (liite 2, taulukko 3).

Pääkaupunkiseudulla on viimeisten kymmenen vuoden aikana toteutettu useita tutkimushankkeita, joiden tavoitteena on ollut katupölyn aiheuttamien haittojen vähentäminen. Katupölyn päästötrendiä on seurattu Helsingin keskustan kaduilla Nuuskija-tutkimusautolla vuodesta 2006 lähtien. Mitaukset aloitettiin KAPU-hankkeessa vuosina 2006 - 2010 (Kupiainen ym. 2009, 2011), minkä jälkeen seuranta jatkettiin REDUST-hankkeessa vuosina 2011 – 2014 ja edelleen nk. KALPA-hankkeessa vuodesta 2015 eteenpäin. Mitattu katupölyn päästötrendi on ollut selvästi laskeva viimeisten yhdeksän vuoden aikana, mikä tukee ilmanlaatumittausten havaintoa katupölyn vähentyneestä määrästä (Männikkö ym. 2014). Vuosina 2011 – 2014 toteutettiin laaja EU:n Life+ -ohjelmasta rahoitusta saanut hanke REDUST, jonka tavoitteena oli löytää keinoja vähentää katupölyä kunnossapidon toimin. Lisätietoja tuloksista löytyy hankkeen verkkosivuilta (www.redust.fi) sekä mm. loppuraportista (Männikkö ym. 2014). NASTA-tutkimusohjelmassa selvitettiin vuosina 2011–2013 nastarenkaiden käytön vähentymisen vaikutuksia mm. ilmanlaatuun ja terveyteen sekä liikenneturvallisuuteen. Lisätietoja tuloksista mm. hankkeen verkkosivuilta (www.nasta.fi) sekä loppuraportista (Toiskallio ym. 2013).

4.4 Pienhiukkaset, $\text{PM}_{2,5}$

Ulkoilman pienhiukkaset ovat pääasiassa peräisin liikenteen pakokaasuista, katupölystä ja tulisijojen päästöistä. Lisäksi niitä kulkeutuu pääkaupunkiseudulle maan rajojen ulkopuolelta. Pienhiukkaspitoisuudet voivat olla korkeita liikenneväylien varsilla erityisesti ruuhka-aikoina, sekä pientalo-alueilla lämmityskaudella ja saunapäivinä. Suojaisa, heikkotuulinen ympäristö ja lämpötilainversio kohottavat voimakkaasti myös pienhiukkasten pitoisuuksia. Kaukokulkeumat aiheuttavat keskimäärin yli puolet pienhiukkasten pitoisuudesta jopa seudun vilkasliikenteisimmillä alueilla.

Pienhiukkasten pitoisuudet ovat pääkaupunkiseudulla kansainvälisesti katsoen matalia, mutta niiden haitalliset vaikutukset terveyteen ovat tulleet esille myös pääkaupunkiseudulla tehdyissä tutkimuksissa.

Vuonna 2011 voimaan tulleessa ilmanlaatuasetuksessa pienhiukkasten vuosipitoisuudelle on annettu vuosiraja-arvo ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$), altistumisen pitoisuuskatto ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sekä altistumisen vähentämistavoite. Suomen altistumisen vähentämistavoite määräytyy Helsingin Kallion mittausaseman vuosien 2009 – 2011 pitoisuuskeskiarvon perusteella. Pitoisuuskeskiarvo oli $8,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, joten altistumisen vähentämisvelvoitetta ei Suomella ole.

Suomessa pitoisuudet ovat selvästi vuosiraja-arvon ja altistumisen pitoisuuskaton alapuolella. Pääkaupunkiseudulla vuosipitoisuudet ovat vuosina 2006 – 2015 vaihdelleet välillä 6 – 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Vuosipitoisuudet pysyvillä ja siirrettävillä mittausasemilla vuosina 2006 -2015 on esitetty liitteen 2 taulukossa 5.

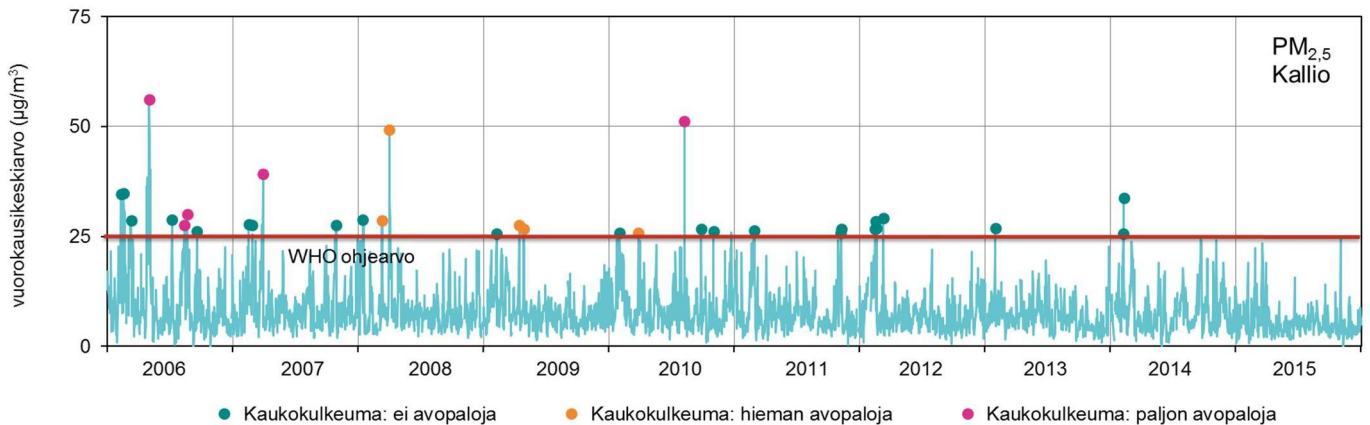
Koska EU:n määrittelemä raja-arvo on asiantuntijoiden mukaan liian korkea terveysvaikutukset huomioon ottaen, on ilmanlaadun arvioinnissa syytä tarkastella pitoisuuksia myös suhteessa Maailman terveysjärjestön (WHO) antamiin ohjearvoihin. WHO:n ohjearvo pienhiukkasten vuosipitoisuudelle on 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja vuorokausipitoisuudelle 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Kaukokulkeumat maamme rajojen ulkopuolelta vaikuttavat merkittävästi pienhiukkasten pitoisuuksiin. Kaukokulkeumaepisodioiden aikana suuri osa pienhiukkasista on yleensä peräisin Keski- ja Itä-Euroopan tavanomaisista päästölähteistä kuten liikenteestä, energiantuotannosta, teollisuudesta ja pienpoltosta. Osa episodeista on sellaisia, että lisäksi pienhiukkasia kulkeutuu Itä-Euroopan avopaloista kuten maastopaloista ja peltokulotuksista (kuva 14). (Niemi ym. 2006, 2009).

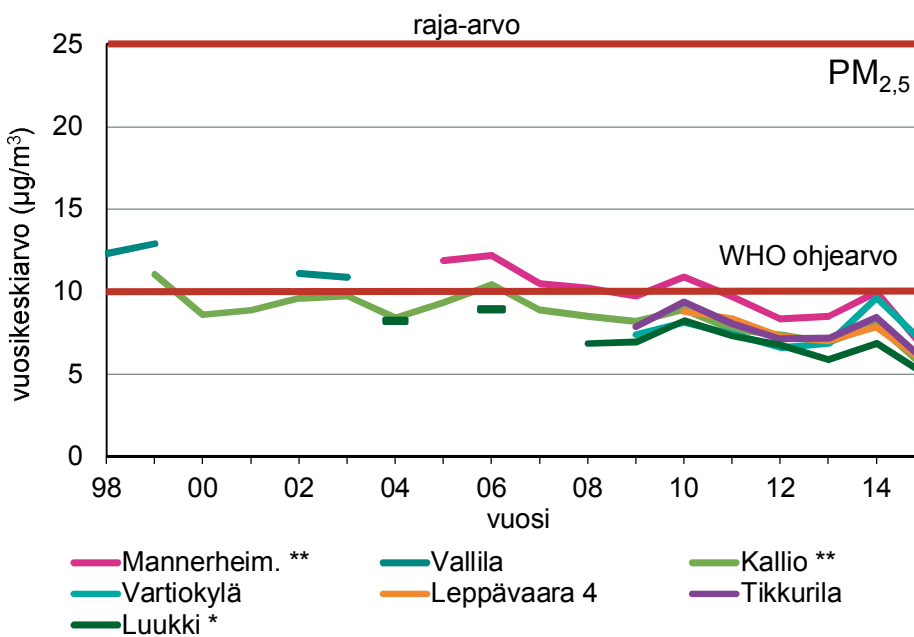
Vuonna 2006 Venäjän suunnalta kulkeutuneet metsäpalosavut nostivat pienhiukkaspitoisuuksia pääkaupunkiseudulla huomattavasti. Viime vuosina voimakkaita kaukokulkeumia on ollut vähän.

WHO:n vuosiohjearvo ylittyy pääkaupunkiseudulla paikoin vilkkaimmin liikennöidyissä ympäristöissä sekä pientaloalueilla. Vuorokausipitoisuudelle määritelty ohjearvo ylittyy vuosittain useita kertoja kaukokulkeuman ja vilkkaasti liikennöidyillä alueilla myös liikenteen päästöjen vuoksi. Epäsuotuisissa sääolosuhteissa puun pienpolttonkin päästöt aiheuttavat paikoin pientaloalueilla WHO:n ohjearvon ylittäviä pitoisuuksia. WHO:n vuorokausiohjearvon ylittävien päivien lukumäärät eri mittausasemilla on esitetty liitteen 2 taulukossa 6. Ylityspäivien määrät ovat vaihdelleet runsaasti vuodesta toiseen säätiloista ja kaukokulkeumista riippuen. Enimmillään ylityspäiviä oli 23 päivää Mannerheimintien ja Kallion mittausasemilla vuonna 2006, mikä aiheutui suurelta osin Suomen lähialueiden maasto- ja metsäpaloista.

Kuvassa 15 on esitetty pienhiukkasten pitoisuuksien kehitys vuodesta 1998 lähtien. Vuosipitoisuuksien kehityksen tilastollista merkitsevyyttä arvioitiin Ilmatieteen laitoksen MAKESENS-analyysillä (Salmi ym. 2002) vuosille 2001 – 2015. Mannerheimintiellä ja Kalliossa pitoisuuksien lasku on ollut merkitsevää ja Luukissa melkein merkitsevää, muilla mittausasemilla mittausarjat ovat liian lyhyitä trendien arvioimiseksi.



Kuva 14. Pienhiukkasten vuorokausipitoisuudet kaupunkitausta-asemalla Helsingin Kalliossa vuosina 2005 – 2015 ja päälähteiden luokittelu voimakkaiden episodien ajalta. Avopalojen merkitystä on arvioitu leviämismallinnustulosten perusteella (NAAPS-malli; <http://www.nrlmry.navy.mil/aerosol/>).



Kuva 15. Pienhiukkasten pitoisuudet ovat WHO:n ohjearvon tuntumassa sekä liikenneympäristöissä että pientaloalueilla. Pitoisuusmuutosten tilastollinen merkitsevyystaso on laskettu vuosille 2001–2015: * melkein merkitsevä, ** merkitsevä, *** erittäin merkitsevä.

4.5 Bentso(a)pyreeni

Bentso(a)pyreeni on syöpävaarallinen polysyklisiin aromaattisiin hiilivetyihin (PAH) kuuluva yhdiste. Sen merkittävin päästölähde Suomessa on puun pienpoltto. Polysyklisten aromaattisten hiilivetyjen seuranta virallisella PM₁₀-menetelmällä aloitettiin pääkaupunkiseudulla vuonna 2007.

Mittaukset ovat osoittaneet, että PAH-pitoisuudet voivat nousta pientaloalueilla puunpolton päästöjen vuoksi melko korkeiksi. Bentso(a)pyreenin vuosipitoisuudelle annettu tavoitearvo, 1 ng/m^3 (nanogrammaa kuutiometrissä ilmaa), ylittyy paikoin pääkaupunkiseudun pientaloalueilla, kuten vuonna 2008 Vantaan Itä-Hakkilassa ja vuonna 2011 Päiväkummussa. Helsingin Tapanilassa vuosipitoisuus oli tavoitearvon tasolla vuonna 2013. Vartiokylässä pitoisuudet sen sijaan ovat olleet vain noin puolet tavoitearvosta. Pitoisuudet vaihtelevat suuresti sekä pientaloalueiden välillä että niiden sisällä. Myös mittaustaikojen sijainnilla on suuri vaikutus pitoisuustasoihin, sillä lähitaloista peräisin olevat päästöt korostuvat mittaustuloksissa. Sen sijaan liikenteen vaikutus PAH-pitoisuuksiin on pieni: Vilkasliikenteisessä katukuiluissa kuten Töölöntullissa tai Unioninkadulla pitoisuudet olivat samalla tasolla kuin kaupunkitausta-alueella Kalliossa (taulukko 5). Bentso(a)pyreenin pitoisuuksista on mittaustuloksia liian vähän trendien arvioimiseksi.

Bentso(a)pyreenin pitoisuudet olisi pitänyt saada tavoitearvon alapuolelle vuoden 2013 alkuun mennessä. Tavoitearvon ylittymisen vuoksi HSY teki vuonna 2012 EU-komissiolle selvityksen tavoitearvon mahdollisista ylitysalueista ja toimista tavoitearvon saavuttamiseksi (HSY ja ympäristöministeriö 2012). Arviot päästöistä, ylitysalueesta ja altistuvien määrästä päivitettiin vuonna 2016 (Kaski ym. 2016). Näitä on käsitelty tarkemmin luvussa 5.4.

Taulukko 5. Bentso(a)pyreenin vuosipitoisuudet (ng/m^3) pääkaupunkiseudulla vuosina 2006 – 2015. Tavoitearvon ylitykset on merkitty punaisella.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Kallio	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
Mäkelänkatu									0,2
Unioninkatu	0,3								
Itä-Hakkila		1,1							
Vartiokylä			0,5	0,5	0,7	0,5	0,7	0,6	0,5
Töölöntulli				0,3					
Päiväkumpu					1,2				
Kattilalaakso						0,6			
Kauniainen							0,4		
Tapanila							1,0		
Ruskeasanta								1,0	
Lintuvaara									0,9

4.6 Otsoni, O_3

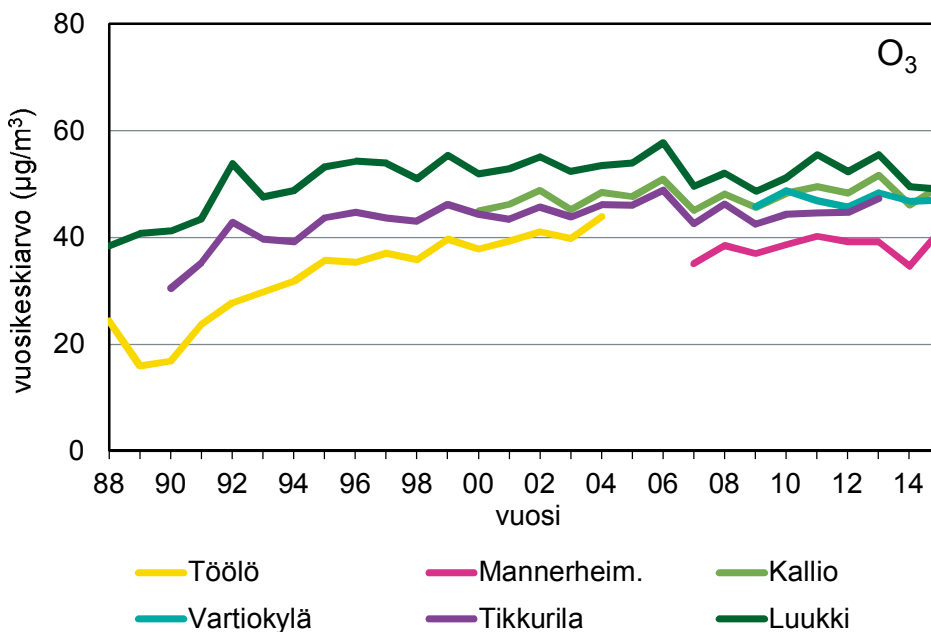
Otsonia ei ole päästöissä vaan sitä muodostuu auringonvalon vaikutuksesta hapen, typen oksidien ja hiilivetyjen välisissä kemiallisissa reaktioissa. Kaupunkien keskustoissa otsonia on vähemmän, koska sitä myös kuluu reaktioissa muiden ilmansaasteiden kanssa.

Suomessa otsonipitoisuudet ovat suurimmillaan aurinkoisella säällä keväällä ja kesällä taajamien ulkopuolella. Kaukokulkeutuminen muualta Euroopasta kohottaa Suomen otsonipitoisuuksia selvästi. Otsoni on alueellinen ilmansuojeluongelma, johon on vaikea vaikuttaa paikallisin toimenpitein.

Otsonille on annettu vuodelle 2010 tavoitearvot ja pitkän ajan tavoitteet (liite 1). Pääkaupunkiseudulla ei ole ylitetty vuodelle 2010 annettuja tavoitearvoja. Otsonipitoisuudet ylittävät kuitenkin paikoin sekä terveysperusteiset että kasvillisuusperusteiset pitkän ajan tavoitteet. Terveysten suojelemiseksi asetettu pitkän ajan tavoite on viimeisten kymmenen vuoden aikana ylittynyt vuosina 2012 ja 2015 lukuun ottamatta joka vuosi (taulukko 6). Pitkän ajan tavoite kasvillisuuden suojelemiseksi on ylittynyt lähes joka vuosi jonkin verran, sekin eniten vuonna 2006. Pitkällä aikavälillä otsonipitoisuudet ovat pääkaupunkiseudulla nousseet, mutta viime vuosina niissä ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia (kuva 16).

Taulukko 6. Otsonin pitkän ajan terveysperusteisen tavoitteen (8 tunnin liukuva keskiarvo yli 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ylittävien vuorokausien lukumäärä pääkaupunkiseudulla vuosina 2006 - 2015. Pitkän ajan tavoitteena on, että ylityksiä ei ole yhtään.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Mannerheimintie	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Mäkelänkatu										0
Kallio	11	0	0	2	10	2	0	1	3	0
Vartiokylä				2	7	2	0	1	0	0
Tikkurila	10	0	4	2	3	2	0	0		
Luukki	18	1	10	3	3	7	0	2	1	0



Kuva 16. Otsonipitoisuuksien vuosikeskiarvot pääkaupunkiseudun mittausasemilla vuosina 1988 - 2015.

4.7 Muut ilmansaasteet

Rikkidioksidin (SO_2) päästöt ja -pitoisuudet ovat laskeneet pääkaupunkiseudulla huomattavasti viime vuosikymmenien aikana. Rikkidioksidipitoisuudet eivät ylitä ohje- tai raja-arvoja, mutta satamien lähialueilla voi hetkellisesti esiintyä korkeita pitoisuuksia laivojen pakokaasujen vuoksi. Myös raskasta polttoöljyä käyttävien lämpökeskusten päästöt voivat ajoittain aiheuttaa kohonneita pitoisuuksia niiden ympäristössä.

Hiilimonoksidin (CO , häkä) pitoisuudet ulkoilmassa ovat nykyisin varsin matalia autojen polttoainien ja moottoritekniikan parantumisen sekä pakokaasujen katalyyttisen puhdistuksen ansiosta. Pitoisuudet laskivat voimakkaasti jo 1990-luvulla. Raja- tai ohjearvot eivät ole vaarassa ylittyä.

Haihtuviin orgaanisiin yhdisteisiin kuuluvaa *bentseeniä* (C_6H_6) mitataan vilkasliikenteisissä ympäristöissä ja pientaloalueilla, joilla on runsaasti puunpolttoa. Bentseenin pitoisuudet ovat pääkaupunkiseudulla selvästi vuosipitoisuudelle annetun raja-arvon alapuolella.

Raskasmetallien pitoisuudet ovat myös matalia ja selvästi niitä koskevien tavoite- ja raja-arvojen alapuolella. Aiemmin bensiinistä peräisin olevat lyijypitoisuudet olivat koholla liikenneympäristöissä. Lyijyllisen bensiinin myynti kiellettiin vuonna 1994.

5 Päästöt ja niiden kehittyminen

Merkittävimmät ilmansaasteiden päästölähteet pääkaupunkiseudulla ovat autoliikenne, tulisijojen käyttö ja energiantuotanto. Pitkällä aikavälillä pääkaupunkiseudun ilmansaastepäästöt ovat laske-
neet merkittävästi, mutta viimeisen kymmenen vuoden aikana lasku on tasoittunut. Alla olevassa
taulukossa 7 on esitetty arvio pääkaupunkiseudun eri päästölähteiden päästöistä vuonna 2015.

*Taulukko 7. Ilmansaasteiden päästöt ja eri päästölähteiden osuudet kokonaispäästöistä pääkau-
punkiseudulla vuonna 2015.*

	SO ₂ , t/v	%	NO _x , t/v	%	Hiukkaset, t/v*	%	CO, t/v	%	VOC, t/v	%
Pistelähteet										
Energiantuotanto	3941	97	6068	50	128	28	-		-	
Pienet pistelähteet**	29	1	268	2	12	3	366	3	178	10
Puun pienpoltto***			148	1	180	40	3170	25	351	20
Tie liikenteen pakokaasut****										
Autoliikenne	6		3645	30	111*	25	6110	48	653	38
Mopot ja moottoripyörät	0,2		65	1	12	3	2133	17	419	24
Satamat	46	1	1327	11	7	2	127	1	62	4
Lentoliikenne	50	1	612	5	1		870	7	60	3
Yhteensä	4071	100	12133	100	451	100	12775	100	1723	100

*Lisäksi liikenteen ei-pakokaasuperäisiä hiukkaspäästöjä arviolta 600 – 1500 t/v (Kupiainen ym. 2015)

**Ympäristöhallinnon VAHTI-tietojärjestelmään raportoidut päästötiedot vuodelta 2014

***Puunpientuotannon päästöarvio vuodelle 2014 (Kaski ym. 2016)

****Uusitulla LIPASTO -laskentajärjestelmällä arvioidut päästöt (VTT 2016)

- ei arvioitu

VOC = haihtuvat orgaaniset yhdisteet, pois lukien metaani

Taulukossa energiantuotannolla tarkoitetaan Helen Oy:n, Fortum Power and Heat Oy:n sekä Van-
taan Energia Oy:n voimalaitoksia ja lämpökeskuksia. Pienet pistelähteet ovat muita lupavelvollisia
laitoksia. Autoliikenteen, mopojen ja moottoripyörien päästöt ovat suoria pakokaasupäästöjä, katu-
pölyä on käsitelty erikseen luvussa 5.3. Viiva tarkoittaa, että tietoa ei ole saatavilla. Päästöjä on
tarkemmin esitelty pääkaupunkiseudun ilmanlaadun vuosiraporteissa (esim. Kaski ym. 2016).

5.1 Energiantuotanto

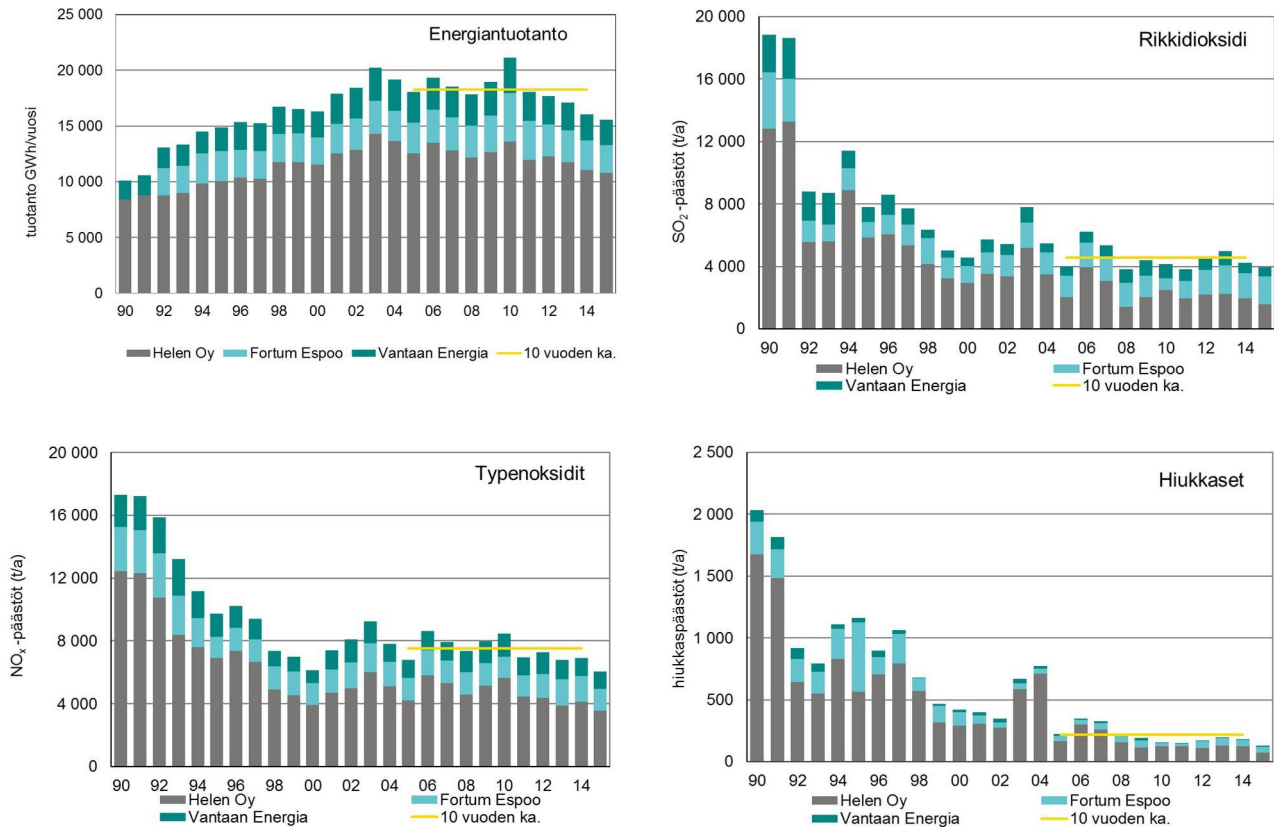
Suurin osa pääkaupunkiseudun energiantuotannon päästöistä tulee voimalaitoksista. Lämpökes-
kuksia käytetään yleisimmin talvella. Energiantuotannon päästöt ovat määrällisesti suuret, mutta
ne purkautuvat korkeista piipuista, joten ne leviävät laajalle alueelle eivätkä yleensä aiheuta paikal-
lisesti korkeita pitoisuuksia.

Pääkaupunkiseudulla on kolme energiantuotantoyhtiötä: Helen Oy, Fortum Power and Heat Oy
(tässä raportissa Fortum Espoo) ja Vantaan Energia Oy. Yhtiöillä on alueella kuusi sähkön ja läm-
mön yhteistuotantovoimalaitosta, Kellosaaren kaasuturbiinilaitos ja 22 lämpökeskusta.

Energiantuotannon osuus pääkaupunkiseudun vuoden 2015 rikkidioksidipäästöistä oli yli 90 %, ty-
pen oksidien päästöistä puolet ja hiukkaspäästöistä lähes 30 % (taulukko 7).

1990-luvulla energiantuotannon päästöt vähenivät merkittävästi, 2000-luvulla päästöissä tapahtu-
neet muutokset ovat olleet vähäisempiä (kuva 17).

Energiantuotannon päästöjen vähentymiseen ovat vaikuttaneet erityisesti rikinpoistolaitosten käyttöönotto sekä polttoaine- ja polttotekniset muutokset. Vuosittaiset muutokset johtuvat mm. sääolosuhteista ja sitä kautta lämmitystarpeesta sekä vesivoiman saatavuudesta. Merkittäviä tekijöitä ovat myös yhteispohjoismainen sähköntuotantorakenne ja päästöoikeuksien hinta.



Kuva 17. Energiantuotannon päästöjen kehittyminen vuosina 1990 - 2015. Tuotantolukuihin on laskettu yhteen tuotettu nettosähkö- ja nettokaukolämpöenergia. Vaakasuoralla viivalla on kuvattu edellisen kymmenen vuoden eli vuosien 2004 - 2014 keskiarvo.

Energiantuotannon päästöjen sääntely tulee kiristymään 2020-luvun alkupuolella nk. teollisuus- päästädirektiivin (IE-direktiivi 2010/75/EU) soveltamisen myötä. Vantaan Energia Oyj:n mukaan IE-direktiivin vaatimat muutokset toteutetaan Martinlaakson voimalaitoksella ja lämpökeskuksilla kansallisen siirtymäsuunnitelman mukaisesti vuoteen 2020 mennessä. Martinlaakson hiilikattilalaitoksen NO_x-päästötaso alenee noin 60 % ja rikkidioksidin noin 50 % vuoteen 2015 verrattuna. Lämpökeskuksilla typenoksidien ominaispäästötaso laskee keskimäärin 50 %. Samalla luovutaan kaikilla laitoksilla raskaan polttoöljyn käytöstä huippukuormilla, mikä poistaa yksittäiset päästöpiikit huippupakkasilla ja häiriötilanteissa. (Vantaan Energia Oyj 2015).

Vuosina 2010 - 2014 Fortum Power and Heat Oy:n tuotantolaitosten päästöt ovat vaihdelleet riippuen lähinnä kivihiilen, maakaasun ja muiden energiakustannusten ja verojen hintasuhteista. Fortum Power and Heat Oy:n mukaan IE-direktiivin kiristyvät päästörajat vähentävät Espoon laitosten rikkidioksidipäästöjä 60 – 80 %, typenoksidien päästöjä 50 - 70 % ja hiukkaspäästöjä 30 – 50 % vuosien 2010 – 2014 keskimääräisiin päästöihin. Myös jätevesien ynnä muiden kohteiden hukkalämmön talteenotto vähentää kaukolämmön tuotannon päästöjä. Puupellettien käyttö Kivenlahden lämpökeskuksella ja biopyrolyysiöljyn käyttö Vermon lämpökeskuksella vähentävät lähinnä fossiilisia CO₂-päästöjä (Fortum Power and Heat Oy 2015).

Myös Helenin laitosten päästöt laskevat tulevaisuudessa IE- direktiivin ansiosta. Biomassan ja muun uusiutuvan energian lisääminen vähentävät myös päästöjä (Helen 2015).

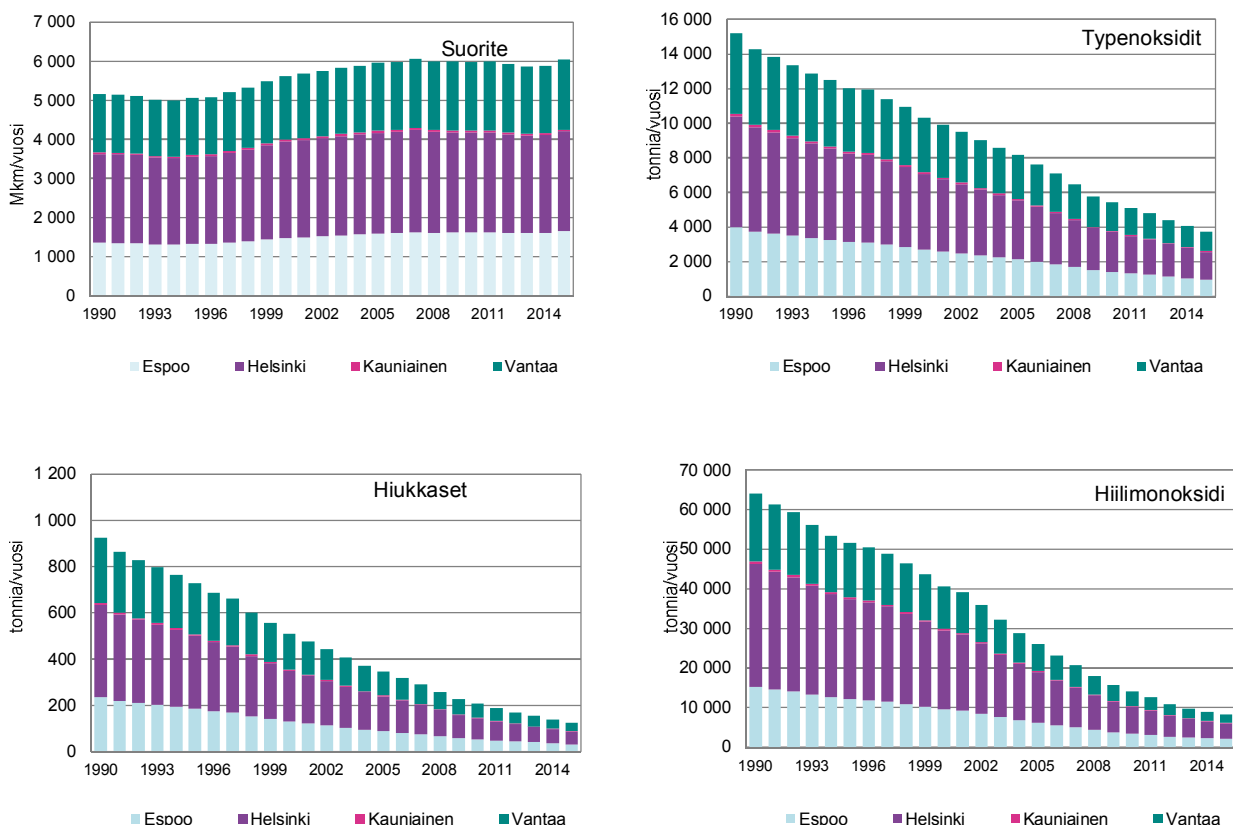
5.2 Liikenne

HSY:n päästökartoituksissa auto-, mopo- ja moottoripyöräliikenteen päästöt on saatu VTT:n LIISA-laskentajärjestelmästä. Järjestelmä uudistettiin vuosina 2013 - 2014. Uudistuksessa tarkistettiin kaikki päästökertoimet ja maantieliikenteen suoritelvut muutettiin uusien selvitysten mukaisiksi. Uudistuksen seurauksena liikenteen päästö- ja suoritiedot eivät ole vertailukelpoisia aiempiin. Vuotta 2012 aikaisemmat päästöt on arvioitu LIISA-järjestelmästä saatujen kertoimien avulla. (VTT 2016).

5.2.1 Autoliikenne

Autoliikenteestä aiheutuvia tärkeimpiä suoria pakokaasupäästöjä ovat hiukkaset, typenoksidit, hiilimonoksidi ja haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC), jotka ovat pääosin hiilivetyjä.

Vuonna 2015 autoliikenteen pakokaasut tuottivat pääkaupunkiseudun typenoksidien päästöistä noin 30 %, hiukkaspäästöistä 25 % ja noin puolet häkäpäästöistä sekä lähes 40 % haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöistä (taulukko 7). Pakokaasupäästöt ovat laskeneet teknisen kehityksen myötä liikenteen kasvusta huolimatta (kuva 18).



Kuva 18. Tieliikenteen (autot, moottoripyörät ja mopot) pakokaasupäästöjen kehitys pääkaupunkiseudulla vuosina 1990 – 2015.

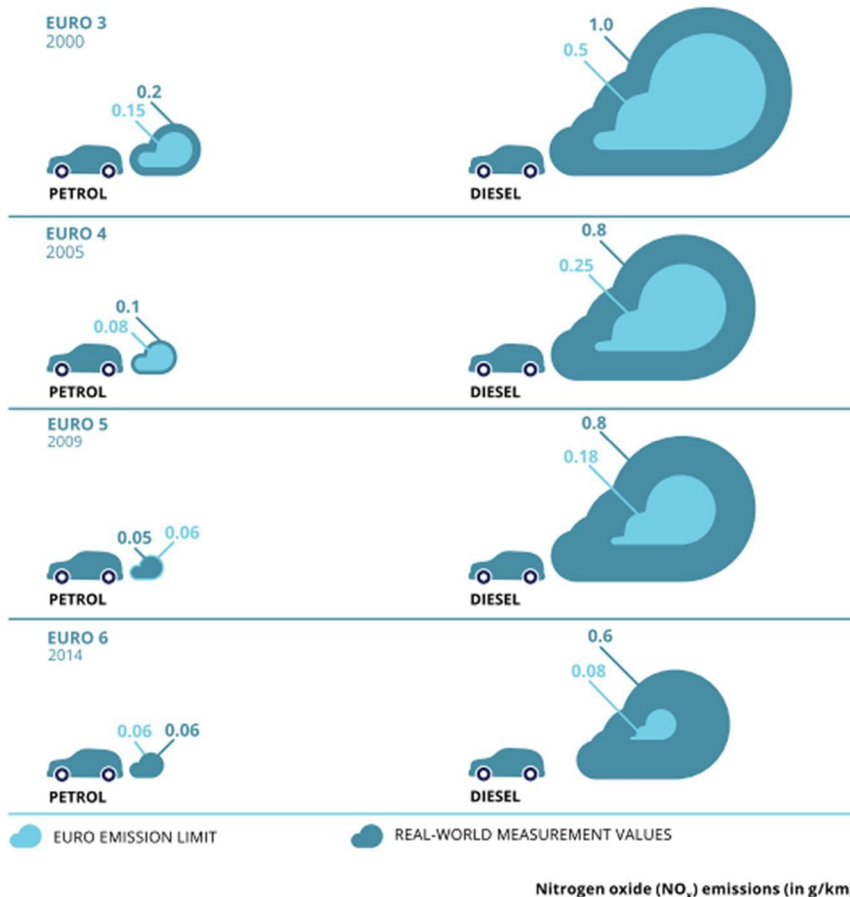
Ajoneuvotekniikan ja polttoaineiden kehitys käänsivät autoliikenteen päästöt laskuun 1990-luvun alussa. Vuodesta 1992 on kaikissa uutena myytävissä bensiinikäyttöisissä autoissa ollut kolmitoi-

mikatalysaattori, joka on vähentänyt typenoksidi-, hiilimonoksidi- ja VOC-päästöjä. Dieselaajoneuvoissa päästöjen vähentämistekniikat ovat vähentäneet hiukkaspäästöjä, mutta toisaalta ne ovat lisänneet typpidioksidin osuutta pakokaasuissa.

Vuoden 2008 alussa voimaan tullut autoverouudistus lisäsi dieselaajoneuvojen osuutta autokannassa. Verotus on suosinut dieselautoja, koska niiden CO₂-päästöt ovat vastaavia henkilöautoja pienemmät. Vuonna 2008 dieselaajoneuvojen osuus koko Suomen henkilöautojen ensirekisteröinneistä oli lähes 50 %. Sen jälkeen osuus on laskenut ollen vuosina 2012 – 2014 noin 39 %. Vuonna 2014 dieselkäyttöisten henkilöautojen osuus ensirekisteröinneistä oli pääkaupunkiseudulla 43 %. Vuoden 2015 lopussa dieselkäyttöisten henkilöautojen osuus koko maan autokannasta oli noin 26 %. (Trafli 2015). Dieselkäyttöisillä autoilla ajetaan enemmän kuin bensiinikäyttöisillä, joten niiden vaikutus päästöihin on suurempi kuin autokannan osuudesta voisi päätellä (Mäkelä ym. 2013).

Todellisissa kaupunkiajon olosuhteissa dieselaajoneuvojen typenoksidipäästöjen vähennystekniikat eivät ole toimineet kiristyvien päästönormien edellyttämällä tavalla, ja päästöjen väheneminen on siten ollut vähäisempää kuin on oletettu. Raskaiden dieselien Euro VI-normi tuli voimaan vuoden 2014 alusta myytävillä ajoneuvoille, ja tähän mennessä tehtyjen mittausten perusteella niiden typenoksidien ja hiukkasten päästöt ovat jo hyvin pienet (VTT 2015 a, Tøi 2015). Sen sijaan vuonna 2015 voimaan tullut uusia henkilöautoja koskeva Euro 6 –määräys ei ole vähentänyt diesel-henkilöautojen typenoksidien päästöjä odotetusti, vaan todelliset ajonaikaiset NO_x-päästöt ovat testeissä olleet keskimäärin seitsenkertaiset päästöraja-arvoon verrattuina (ICCT 2014). Tilannetta on havainnollistettu kuvassa 19. EU:n komissio valmistelee kuitenkin säädöspakettia, joka velvoittaa mittaamaan myös henkilöautojen päästöjä todellisessa ajossa (RDE, Real Driving Emissions), kuten raskaan kaluston osalta jo tehdään. Säädöksen mukaan todellisen ajon typenoksidipäästöt saavat ensi vaiheessa olla RDE-testissä korkeintaan 2,1-kertaiset laboratoriotesteihin verrattuna uusilla malleilla alkaen syyskuusta 2017 alkaen ja kaikilla uusilla autoilla syyskuusta 2019 alkaen. Toisessa vaiheessa ero on saatava supistumaan kertoimeen 1,5 uusilla malleilla vuoden 2020 alusta ja kaikilla uusilla autoilla vuoden 2021 alusta alkaen. (EU komissio 2015 c).

Typpidioksidin osuus diesel-ajoneuvojen pakokaasupäästöissä on kasvanut, diesel-ajoneuvojen osuus autokannassa on lisääntynyt eivätkä diesel-ajoneuvojen typenoksidipäästöjen vähennystekniikat ole vähentäneet todellisia ajonaikaisia päästöjä normien edellyttämällä tavalla, minkä seurauksena typpidioksidin pitoisuudet Euroopan kaupungeissa eivät ole laskeneet odotetulla tavalla.



Kuva 19. Bensiini- ja dieselkäyttöisten henkilöautojen keskimääräiset typenoksidipäästöt(g/km) todellisessa ajossa (tummansininen) verrattuna Euro-normeihin (vaaleansininen). Lähde: EEA 2016).

Uusien ajoneuvojen ominaispäästöt siis pienenevät tulevaisuudessa edelleen tiukentuvien pako-kaasupäästömääräysten ansiosta. Myös kokonaispäästöt vähenevät, joskin kehitystä hidastavat muun muassa autokannan hidas uusiutuminen sekä liikennemäärien kasvu. Sähköautojen yleistyminen vähentäisi päästöjä tehokkaasti, mutta toistaiseksi niiden määrä on lisääntynyt hyvin hitaasti.

Autotekniikan kehittyminen ei kuitenkaan vaikuta nk. epäsuoriin päästöihin. Tienpinnan kulumisesta, talvirenkaista ja hiekoituksesta aiheutuvat hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten päästöt ovat tulevaisuudessa edelleen haasteena. Teiden ja katujen kunnossapidon ja hoidon kehittäminen (hiekoitus, suolaus, puhtaanapito ja pölynsidonta) ovat jatkossakin tärkeitä keinoja vähentää katupölyn haittoja. Myös talvirengasvalinnoilla ja nopeusrajoituksilla voidaan vaikuttaa merkittävästi katupölypäästöihin.

5.2.2 Mopot ja moottoripyörät

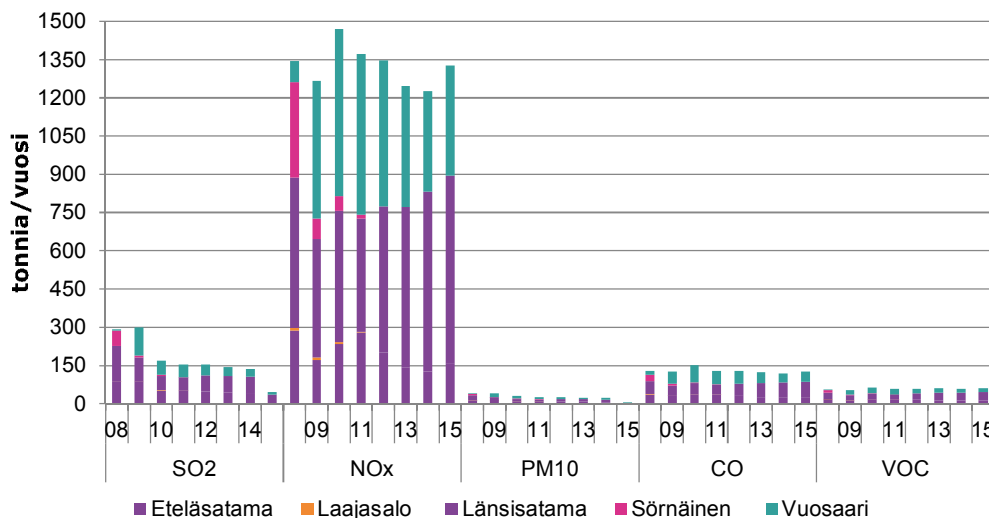
Mopojen, moottoripyörien (vuonna 2015 lisäksi mopoautojen) päästöarviot pääkaupunkiseudulle on saatu uudesta LIPASTO-järjestelmästä vuosille 1980 – 2014 (VTT 2016). Typenoksidien ja hiukkasten päästöistä mopojen ja moottoripyörien osuus vuonna 2015 oli vähäinen, muutaman prosentin luokkaa. Hiilimonoksidin päästöistä niiden osuus oli hieman alle ja haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöistä hieman yli 20 %.

5.2.3 Satamat

Satamatoiminnan päästöarvioon sisällytetään alusten päästöt Helsingin satamien laitureissa ja satamajärjestyksen mukaisilla vesiliikennealueilla. Mukana ovat alusten päästöjen lisäksi muun satamatoiminnan kuten työkoneiden, satamassa asioivien rekkojen ja kuorma- ja henkilöautojen päästöt. Huviveneilyn päästöt tunnetaan puutteellisesti, joten niitä ei ole tässä raportissa arvioitu (Kaski ym. 2016).

Kansainvälinen merenkulkujärjestö IMO tiukensi alusten polttoaineiden rikkipitoisuuksia Itämerellä vuonna 2010. Nk. rikkipäästöjen valvonta-alueilla (SECA), jotka käsittävät Itämeren, Pohjanmeren ja Englannin kanaalin, polttoaineen korkein sallittu rikkipitoisuus laski vuonna 2010 1,5 prosentista 1,0 prosenttiin sekä 1.1.2015 alkaen 0,1 prosenttiin. IMO:n päätös eteni nk. EU:n rikkidirektiiviksi (2012/33/EU), joka tuli voimaan vuoden 2015 alussa. Direktiivin vaikutukset näkyivät sekä rikkidioksidin päästöissä (kuva 20) että HSY:n tekemissä ilmanlaatumittauksissa (Kaski ym. 2016).

Satamien osuus pääkaupunkiseudun vuoden 2015 typenoksidipäästöistä oli hieman yli 10 %, ja muista epäpuhtauksista muutaman prosentin luokkaa (taulukko 7). Vuosaaren satama aloitti vuonna 2008, jolloin Sörnäisten satama jäi pois käytöstä. Sörnäisten sataman alueelle jäi Helsingin energian Hanasaaren voimalaitoksen hiilisatama, jonka päästöjä ei ole mukana laskennassa. Laajasalon sataman toiminta loppui vuonna 2011. Laskentajärjestelmä uudistui vuonna 2007, joten päästöt ennen tätä ja tämän jälkeen eivät ole täysin vertailukelpoiset. Maaliikenteen ja työkoneiden päästöjen laskentaa tarkennettiin vuonna 2009. (Kaski ym. 2016).



Kuva 20. Helsingin satamien päästöt ja vuosina 2008 – 2015.

Helsingin Satama arvioi, että satamien liikennemäärät todennäköisesti kasvavat tulevaisuudessa, mutta samaan aikaan alus- ja moottorikehitys sekä uusien polttoaineiden käyttöönotto vähentävät päästöjä/alus. Alusten rikkipäästöt ovat vähentyneet 2015 alusta, koska alukset joutuvat käyttämään vähärikistä polttoainetta tai aluksissa on oltava pesuri rikin poistamista varten. Todennäköisesti myös typenoksidien päästörajoitukset tulevat lähivuosina voimaan Itämerellä, ensin uusille rakennettaville aluksille, myöhemmin kaikille aluksille. Aikataulu on tosin vielä epävarma. Nesteytettyä maakaasua (LNG) polttoaineena käyttävien alusten tulo liikenteeseen sekä maasähkönkäytöksen lisääntyminen vähentävät päästöjä. (Rantanen 2015).

Vuosaaren satamassa liikenteen arvioidaan lisääntyvän yli 20 % vuoteen 2024 mennessä, Eteläsatamassa ja Katajanokalla laivaliikenne pysynee suurin piirtein nykytasolla. Länsisatamassa kasvua voidaan odottaa olevan matkustaja- ja ajoneuvoliikenteessä joitain prosentteja vuodessa. Aluskäyntimäärä pysynee suurin piirtein samana. (Rantanen 2015).

5.2.4 Lentoliikenne

Lentoliikenteen päästöihin on laskettu mukaan lentokoneiden LTO-syklin (Landing and Take Off Cycle) aikaiset päästöt sekä Finavian maakaluston päästöt. LTO-syklin aikaiset päästöt ulottuvat lentoonlähdoissä noin 6 km matkalle ja laskeutumisissa noin 18 km matkalle. Näin ollen kaikki LTO-syklin aikaiset päästöt eivät kohdistu pääkaupunkiseudulle. Paikalliseen ilmanlaatuun vaikuttavat alle 300 m korkeudessa tapahtuvat lentoliikenteen päästöt. Lentoliikenteen päästöarvioissa ovat mukana Helsinki-Vantaan ja Helsinki-Malmin lentoasemat.

Pääkaupunkiseudun vuoden 2015 kokonaispäästöistä lentoliikenteen ja Finavian maakaluston yhteenlaskettu osuus oli epäpuhtaudesta riippuen 1 - 6 % (taulukko 7).

Päästöarvion mukaan lentoliikenteen päästöt muodostavat noin 90 % ja Finavian maakaluston päästöt pari prosenttia lentoasema-alueen päästöistä. Lentoasema-alueella on myös muita päästöjä, jotka eivät sisälly Finavian raportointiin päästöihin: mm. muiden toimijoiden, kuten lento-, rahti- ja maahuolintayhtiöiden maakaluston päästöt sekä sotilasilmailun ja helikoptereiden päästöt ja bussi-, taksi-, ja autoliikenne.

Päästöt vaihtelevat vuosittain johtuen liikennemäärien muutoksista ja lentoyhtiöiden lentokonekaluston muutoksista LTO-syklin osalta. Ominaispäästöt ja polttoaineen kulutus ovat erilaiset eri konetyypeillä. Maakaluston päästöjen määrän vaihteluun vaikuttavat myös talven sääolosuhteet. (Malkki ym. 2015).

5.3 Katupöly

Suorien pakokaasupäästöjen lisäksi liikenne aiheuttaa myös epäsuoria hiukkaspäästöjä, jotka ovat peräisin mm. asfaltin kulumasta, hiekoitus- ja suolausmateriaaleista sekä renkaiden ja jarrujen kulumatuotteista. Nämä epäsuorat, ei-pakokaasuperäiset päästöt tunnetaan huonosti eikä niiden merkityksestä ole kattavaa kuvaa. Pääosa kulumisesta syntyvistä hiukkasista on kohtalaisen suuria eli karkeita hiukkasia. Tutkimuksissa on kuitenkin havaittu, että näillä liikenteen ei-pakokaasuperäisillä hiukkaspäästöillä on huomattava vaikutus myös pienhiukkaspitoisuuksiin.

Kupiainen ym. (2015) arvioivat ei-pakokaasuperäisten hiukkasten päästöjä pääkaupunkiseudun katu- ja tieverkolla vuosina 2008 - 2012. Laskenta toteutettiin kahdella eri menetelmällä: resuspensiolähtöisesti käyttäen hyväksi NORTRIP- ja REDUST-hankkeiden tuloksia ja kokemuksia sekä kulumalähtöisesti mukaillen Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission UNECE:n kaukokulkeumasopimuksen menetelmiä.

Resuspensiolähtöinen laskenta huomioi talvirenkaiden lisäksi liukkaudentorjunnassa käytettävän talvihiekoituksen, suolauksen sekä sää- ja kosteusolojen vaikutuksen ilmapäästöihin, minkä seurauksena resuspensiolähtöisesti arvioidut päästöt ovat huomattavasti korkeammat varsinkin keväällä verrattuna kulumalähtöiseen tapaan. Pääkaupunkiseudun tie- ja katuverkon PM₁₀-päästöt olivat tarkastelujaksolla (2008–2012) noin 600 – 1150 tonnia/vuosi arviointitavasta riippuen. PM_{2,5}-päästöt vastaavalla ajanjaksolla olivat noin 100 – 165 tonnia/vuosi.

Vertailun vuoksi HSY:n vuodelle 2015 kokoaman pääkaupunkiseudun päästöarvion mukaan tieliikenteen pakokaasuperäisten hiukkaspäästöjen määrä oli 123 tonnia vuodessa ja polttoperäisten hiukkasten kokonaispäästö määrä noin 450 tonnia vuodessa. Tulokset osoittavat ei-pakokaasuperäisten hiukkaspäästöjen olevan merkittävä tekijä pääkaupunkiseudun liikennepäästöjen kokonaisuudessa. Päästöjen arviointimenetelmiin ja työssä käytettyihin laskentatapoihin liittyy vielä epävarmuuksia, mutta laskettuja tuloksia voidaan pitää suuntaa-antavina.

Nastarenkaiden osuutta katupölyn muodostuksessa selvitettiin NASTA-tutkimusohjelmassa vuosina 2011 – 2013 (www.nasta.fi) ja REDUST-hankkeessa vuosina 2011 – 2014 (www.redust.fi). Erityyppisistä talvirenkaista mitatut päästöt vaihtelivat huomattavasti. Yleisesti ottaen nastalliset talvirenkaat aiheuttivat huomattavasti korkeampia päästöjä kuin kitkarenkaat puhtailla kaduilla, mikä osoittaa nastarenkaiden lisäävän pölykuormaa katu ympäristössä talven aikana. Kun kaduilla testin aikana olevat pölymäärät olivat korkeita, molemmat talvirengastyypit nostivat tehokkaasti pölyä ilmaan tien pinnasta. Nastarenkaiden aiheuttaman asfaltin kulumisen todettiin olevan keskeisin katupölyn lähde pääkaupunkiseudulla (Kupiainen ym. 2013 a, Kupiainen ym. 2013 b).

Uudet nastarengassäännökset astuivat voimaan heinäkuussa 2013. Uusien säännöksiä tarkoituksena on vähentää nastarenkaiden aiheuttamaa päällysteen kulumista ja uusien säännöksiä odotetaan myös vaikuttavan PM₁₀-päästöjen muodostumiseen. Rengasvalmistajat ovat valinneet erilaisia lähestymistapoja säännösten täyttämiseksi, ja uusia tutkimuksia tarvitaan uuden nastarengas sukupolven vaikutusten arvioimiseksi (Männikkö ym. 2014, Gustafsson ym. 2015).

5.4 Puun pienpoltto

Puun poltossa syntyy terveydelle haitallisia päästöjä: pienhiukkasia, häkää sekä orgaanisia yhdisteitä. Huono poltto tuottaa terveydelle haitallisempia pienhiukkasia kuin hyvät polttotavat. Etenkin huonossa palamisessa vapautuu syöpävaarallisia hiukkasia, nokea sekä hengitysteitä ja silmiä ärsyttäviä yhdisteitä. (HSY 2012).

HSY on arvioinut puun pienpolton päästöt pääkaupunkiseudulla vuodelle 2014 (Kaski ym. 2016). Selvitys rajattiin koskemaan yhden ja kahden asunnon taloja sekä muita erillisiä pientaloja, joita pääkaupunkiseudulla on 68 820 kpl. Rivitalot, ketjutilat, luhtitalot, vapaa-ajan asunnot sekä vuokrattavat lomamökit rajattiin pois selvityksestä.

Päästöarvion pohjana on HSY:n, Työtehoseuran ja Suomen ympäristökeskuksen vuonna 2014 yhteistyössä tekemä kyselytutkimus, jossa kerättiin tietoja tulisijojen määristä ja tyypeistä sekä puunkäytöstä ja käyttötottumuksista. Kysely lähetettiin 2500 pientaloasukkaalle ja vastausprosentti oli 35.

Noin kaksi prosenttia selvityksen kohteina olleista pääkaupunkiseudun pientaloista käytti puuta vuonna 2013 ensisijaisena lämmönlähteenä Rakennus- ja huoneistorekisterin mukaan (Tilastokeskus 2013). Pääkaupunkiseudun pientaloista yli 90 prosentilla on kuitenkin tulisija (Kaski ym. 2016), ja puuta käytetään lisälämmönlähteenä, tunnelman luontiin tai esimerkiksi saunan lämmittämiseen.

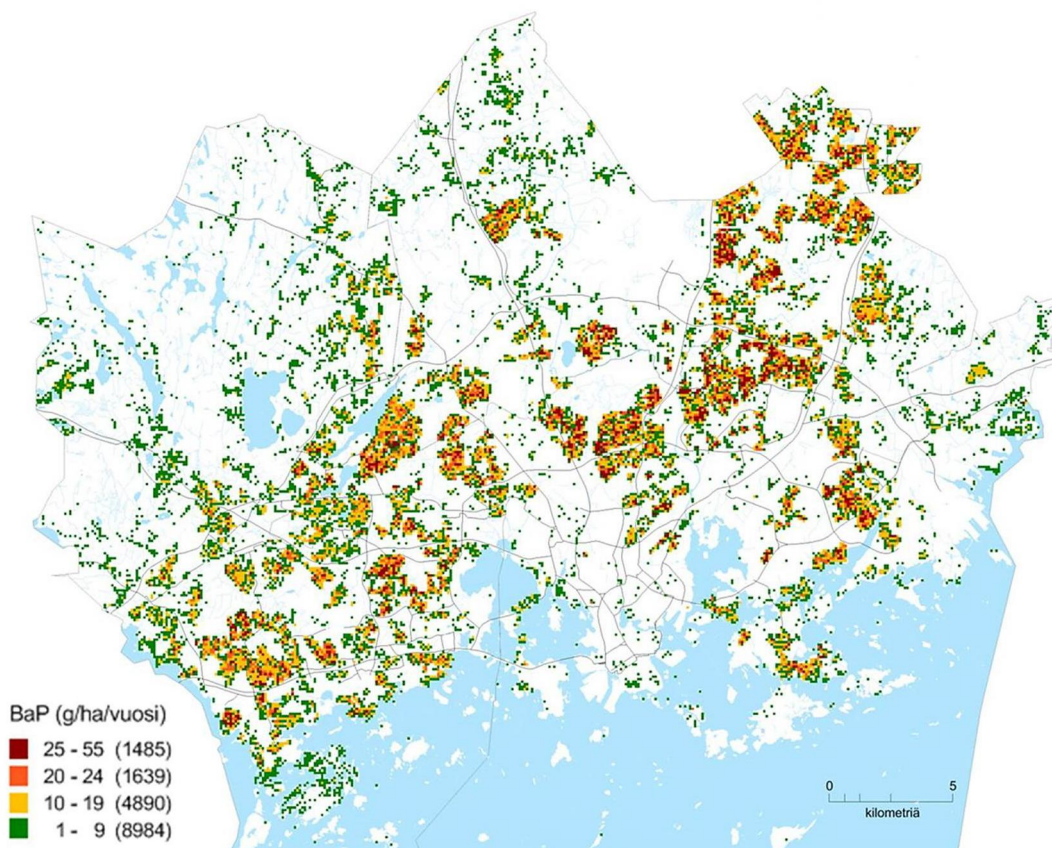
Päästöarvio perustuu kyselystä selvinneisiin puunkäyttömääriin. Kyselyllä selvitettiin puunkäyttömäärät eri tulisijaluokille sekä keskimääräinen puunkäyttömäärä vuodessa (kiinto-m³). Eri tulisijaluokkien päästökertoimina käytettiin Suomen ympäristökeskuksen päästökerronnaineistoa (Savolahti ym. 2015), jota täydennettiin Suomen ympäristökeskuksen sekä Itä-Suomen yliopiston puun

puenpolton asiantuntijoiden kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta. Bentso(a)pyreenin päästöker-toimina käytettiin HSY:n omia arvioita, jotka perustuvat Todorović. ym. (2007) raporttiin sekä asian-tuntija-arvioihin.

Puun pienpolton päästöjen osuus pääkaupunkiseudun kokonaispäästöistä on merkittävä: hiukkas-ten päästöistä noin kolmannes, hiilimonoksidin noin neljännes ja haihtuvien orgaanisten yhdistei-den päästöistä yli 10 % (taulukko 7, sivulla 37).

Pääkaupunkiseudun ilmanlaadun mittauksissa on todettu polysyklisiin aromaattisiin hiilivetyihin kuuluvan bentso(a)pyreenin tavoitearvon ylittävän paikoitellen tiiviisti rakennetuilla pientaloalueilla puun pienpolton vuoksi.

Kuvassa 21 on esitetty bentso(a)pyreenin arvioidut päästötiheydet pääkaupunkiseudulla laskettuna 100 x 100 metrin ruuduille. Bentso(a)pyreenin pitoisuusmittausten ja päästöarvion perusteella HSY arvioi, että bentso(a)pyreenin tavoitearvo mahdollisesti ylittyy kartan punaisilla alueilla, joilla pääs-tötiheys on yli 25 g/ha/vuosi. Tavoitearvon mahdollisesti ylittävien ruutujen pinta-ala on 15 km², ja niiden alueella asuu noin 51 000 pientaloasukasta.



Kuva 21. *Bentso(a)pyreenin päästöt kartalla. Selitteessä suluissa kyseisten ruutujen määrä kartalla (Kaski ym. 2016). © Helsingin kaupunkimittausosasto, alueen kunnat ja HSY 2014. © Maanmit-tauslaitos 2014. © HSY 2016.*

Puuta ja muita uusiutuvia energialähteitä suositaan ilmastosyistä, ja samasta syystä yhdyskuntara-kennetta tiivistetään. Siksi olisi samalla myös tärkeää huolehtia siitä, ettei asuinalueiden ilman-laatu pääse heikkenemään. Vähäpäästöisempien tulisijojen kehittäminen ja käyttöönotto, normit ja muu sääntely sekä ohjeistus oikeista puun säilytys- ja polttotavoista ovat keinoja puunpolton haitto-ten vähentämiseksi. HSY käynnisti vuonna 2012 pääkaupunkiseudulla ”Käytä tulisijaasi oikein” –kampanjan ja laati sitä varten puunpoltoa käsittelevän oppaan (HSY 2012), jota nuohoojat jakavat

alueen kotitalouksiin. Vuosina 2015 – 2017 Urbaani puuvaja-hankkeessa edistetään ja viestitään polttopuiden säilyttämisestä, jotta myös päästöt olisivat pienemmät.

5.5 Muut päästölähteet

5.5.1 Pienet pistelähteet

Taulukossa 7 on esitetty muiden lähteiden ohella pienten pistelähteiden ja kevyen polttoöljyn käytön päästöt. Pienillä pistelähteillä tarkoitetaan HSY:n päästökartoituksissa muita ympäristölupavollisia laitoksia kuin Helenin, Fortumin Power and Heat Oy:n ja Vantaan Energia Oy:n energiantuotantolaitoksia. Pääkaupunkiseudulla on melko vähän näitä pieniä lupavollisia laitoksia, mutta matalan päästökorkeuden takia niillä voi olla paikallisia vaikutuksia ilmanlaatuun. Pieniä pistelähteitä ovat mm. pienet lämpökeskukset, jätevedenpuhdistamot, lääketehtaat, painolaitokset, pakkausteollisuus, maalaamot, polttoainevarastot ja asfalttiasemat. Pääkaupunkiseudun kokonaispäästöistä pienten pistelähteiden osuus on hiilivetyjä lukuun ottamatta muutaman prosentin luokkaa. Niiden vuosivaihtelu on suurta, eikä päästöissä ole havaittavissa selvää trendiä. Taulukossa 7 esitetyt päästötiedot ovat vuodelta 2104 ja ne on saatu ympäristöhallinnon VAHTI-tietojärjestelmästä.

5.5.2 Kevyen polttoöljyn käyttö

Noin puolet kevyestä polttoöljystä (POK) käytetään Suomessa rakennusten lämmityksessä. Työkoneiden osuus kokonaiskulutuksesta on neljännes, rakennustoiminnan vajaa viidennes, teollisuuden alle 10 % sekä vesiliikenteen ja rautateiden myös alle 10 % (Tilastokeskus 2012). Kevyen polttoöljyn päästöt ovat epäpuhtaudesta riippuen noin 1–2 % seudun kokonaispäästöistä eikä päästötietoja enää vuonna 2015 kerätty. Kevyttä polttoöljyä käyttävien pintalähteiden päästöt ovat viime vuosina pienentyneet käytön vähentyessä.

5.5.3 Junaliikenne

Junaliikenteen suorat päästöt ovat pienet, koska liikennöinti pääkaupunkiseudulla tapahtuu suurimaksi osaksi sähköjunilla. Välillisiä päästöjä muodostuu sähköntuotannosta, mutta ne sisältyvät osittain tässä raportissa esitettyihin energiantuotannon päästötietoihin.

5.5.4 Työkoneet

Työkoneet ovat merkittävä ilmansaasteiden lähde. VTT arvioi koko Suomen työkoneiden päästöjä osana liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmää (LIPASTO). Viimeisin päivitys työkoneiden päästömalliin (TYKO) tehtiin vuonna 2014, jolloin uudistettiin päästökertoimet (TYKO 2014, <http://lipasto.vtt.fi/tyko/index.htm>).

Kuntakohtaisiin työkoneiden päästöarvioihin liittyy suuria epävarmuuksia ja siksi niitä ei käsitellä tässä. Suomen ympäristökeskus (SYKE) tarkentaa arvioita vuoden 2016 aikana.

6 Ilmanlaadun tulevaisuuden haasteet pääkaupunkiseudulla

Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla on pääosin melko hyvä ja seutu on puhtaimpia metropolialueita Euroopassa. Rikkidioksidin, typpimonoksidin, typpidioksidin, hiilimonoksidin, hiukkasten ja lyijyn sekä bentseenin pitoisuudet ovat pitkällä aikavälillä laskeneet. Otsonin pitoisuudet ovat pitkällä aikavälillä nousseet, mutta viimeisen kymmenen vuoden aikana niissä ei ole tapahtunut juurikaan muutoksia. Hiukkasiin sitoutuneiden mustan hiilen, bentso(a)pyreenin sekä metallien mittaussarjat ovat liian lyhyitä trendien arvioimiseksi.

Pääkaupunkiseudun ilmanlaadun kannalta ongelmallisimmat ilmansaasteet ovat pienhiukkaset, typpidioksidi, hengitettävät hiukkaset, bentso(a)pyreeni ja otsoni. Pienhiukkasten tärkeimmät lähteet ovat liikenne, kaukokulkeuma ja puun pienpoltto, joka on myös bentso(a)pyreenin suurin päästölähde. Typpidioksidin ilmanlaadun kannalta tärkein päästölähde on liikenne, erityisesti dieselkäyttöiset ajoneuvot. Hengitettävien hiukkasten merkittävin päästölähde on katupöly. Ilmanlaadun kannalta ongelmallisimpia alueita ovat huonosti tuulettuvat vilkasliikenteiset katukuilut, vilkasliikenteisten väylien lähialueet, sekä tiiviisti rakennetut pientaloalueet, joilla käytetään paljon puuta lämmönlähteenä.

Pienhiukkaset, typpidioksidi, hengitettävät hiukkaset, otsoni ja bentso(a)pyreeni tulevat säilymään haasteina myös lähitulevaisuudessa.

Autoliikenteen osalta uusien ajoneuvojen pakokaasuperäisten ilmansaasteiden ominaispäästöt pienenevät tulevaisuudessa tiukentuvien pakokaasupäästömääräysten ansiosta. Myös kokonaispäästöt vähenevät, joskin kehitystä hidastavat muun muassa autokannan hidas uusiutuminen sekä liikennemäärien kasvu. Sähköautojen yleistyminen vähentäisi päästöjä tehokkaasti, mutta toiseksi niiden määrä on lisääntynyt hyvin hitaasti.

Katupölypäästöjen kehitystä on vaikea arvioida. Pääkaupunkiseudun väkiluvun ennustetaan kasvavan voimakkaasti. Sen seurauksena myös liikennemäärät kasvavat, mikä lisää katupölypäästöjä. Katujen ja teiden kunnossapidon toimenpitein voidaan toisaalta huomattavasti vähentää katupölypäästöjä. Nastarenkailla, niiden ominaisuuksilla ja osuudella liikennevirrassa on myös suuri vaikutus katupölypäästöihin. Myös ajonopeuksien alentamisella voidaan katupölyn määrää vähentää. Pääkaupunkiseudulla on viime vuosina kiinnitetty kasvavaa huomiota katupölypäästöjen torjuntaan, ja toimenpiteet ovat tarpeen jatkossakin hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien hallitsemiseksi.

Puuta ja muita uusiutuvia energialähteitä suositetaan ilmastosyistä, ja samasta syystä yhdyskuntarakennetta tiivistetään. Puun pienpoltolla on tiiviisti rakennetuilla pientaloalueilla huomattava vaikutus ilmanlaatuun. Puun käyttömäärä pientaloissa on Suomessa kasvanut 1980-luvulta lähtien jatkuvasti. 2000-luvulla kasvu on ollut vuositasona noin 4 % (Savolahti ym. 2015). Energia- ja ilmastostrategiassa kotitalouksien puulämmityksen oletetaan pysyvän vuoden 2011 tasolla vuoteen 2020 asti ja laskevan siitä vuoteen 2030 (TEM 2013). Pääkaupunkiseudulla tehdyssä kyselyssä asukkaat arvioivat, että puunkäyttömäärät pysyvät pääkaupunkiseudulla ennallaan tai kasvavat (Kaski ym. 2016).

Vuonna 2015 tulivat voimaan kiinteän polttoaineen kattiloiden (EU 2015/1189) ja kiinteää polttoainetta käyttävien paikallisten tilälämmittimien (EU 2015/1185) ekosuunnitteluasetukset. Ne koskevat

vuoden 2022 jälkeen myytäviä uusia tulisijoja ja puukattiloita mutta eivät esim. kiukaita. Säädösten myötä tulisijojen energiatehokkuusvaatimukset tehostuvat ja samalla säädellään myös päästöjä ilmaan. Säädöksen vaikutus pienpolton päästöihin Suomessa on hidasta, koska varaavien tulisijojen käyttöikä on pitkä ja laitekanta uusiutuu hitaasti. (Savolahti ym. 2015).

Kaukokulkeumalla on suuri vaikutus pienhiukkasten ja otsonin pitoisuuksiin. Euroopassa toteutetut hiukkasten ja hiukkasia muodostavien kaasujen (rikkidioksidin, typenoksidien, ammoniakkin ja haihtuvien orgaanisten yhdisteiden) päästövähennykset vähentävät pienhiukkasten kaukokulkeumaa. Otsoni on alueellinen ilmanlaadun ongelma ja sen pitoisuuksiin on vaikea vaikuttaa paikallisista toimin, vaan pitoisuuksien alentaminen vaatii kansainvälistä yhteistyötä. Otsonia muodostavien yhdisteiden päästöt ovat laskusuunnassa Euroopassa, mutta tämä ei ole johtanut vastaavaan pitoisuuksien laskuun, koska otsonin pitoisuudet eivät riipu suoraviivaisesti otsonia muodostavien yhdisteiden päästöistä, vaan siihen vaikuttavat monet tekijät (EEA 2015).

Kaupungit voivat myös omin toimenpitein vaikuttaa ilmansaasteiden päästöihin, niiden leviämisolosuhteisiin sekä ilmansaasteille altistumiseen. Maankäyttö, rakennetun ympäristön ominaisuudet, liikennemäärät, kulkutapajakauma jne. vaikuttavat paikalliseen ja alueelliseen ilmanlaatuun ja altistumiseen.

Pääkaupunkiseudun kaupungit ja HSY sekä HSL laativat ilmansuojelun toimintaohjelmat vuosille 2008 – 2016 (Helsingin kaupunki 2008 a, Espoon kaupunki 2008, Kauniaisten kaupunki 2008, Vantaan kaupunki 2008, YTV 2008). Helsinki on laatimassa uutta suunnitelmaa vuosille 2017 – 2024 (Helsingin kaupunki 2016). Näissä ohjelmissa ja suunnitelmassa tavoitteena on erityisesti typpidioksidin, hengitettävien hiukkasten sekä pienhiukkasten pitoisuuksien alentaminen. Esitetyt toimenpiteet kohdistuvat erityisesti liikenteen, katupölyn sekä pienpolton haittojen vähentämiseen. HSY on mallintanut Helsingin valmisteilla olevan ilmansuojelusuunnitelman toimenpiteiden vaikutuksia typpidioksidin pitoisuuksiin raja-arvon ylitysalueilla. Tulokset on esitetty Helsingin ilmansuojelusuunnitelmassa ja raportti on tämän raportin liitteenä 4.

Helsingin seudun kunnat, Uudenmaan liitto ja HSL ovat laatineet yhteistyössä maankäyttösuunnitelman (MASU 2050). Sen lähtökohtina ovat MAL-neuvottelukunnan ja HLJ-toimikunnan laatimat MAL-visio ja –tavoitteet. Ilmanlaadun kannalta huomionarvoisia MAL-tavoitteita ovat mm. eheä, ekotehokas ja toiminnoiltaan monipuolinen yhdyskuntarakenne ja kestäviin liikkumismuotoihin pohjautuva liikennejärjestelmä. Tavoitteena on myös vähentää liikkumisen tarvetta ja parantaa liikennejärjestelmän ekotehokkuutta.

Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelma (HLJ 2015) on valmisteltu kiinteässä yhteistyössä maankäyttösuunnitelman kanssa. HLJ:n tavoitteena on mm. liikenteen ympäristöhaittojen ja –kuormituksen vähentäminen, pyöräilyn houkuttelevuuden ja sujuvuuden edistäminen ja kävely-yhteyksien ja –ympäristöjen parantaminen jalankulkijoiden ehdoilla toimiviksi. (HSL 2015).

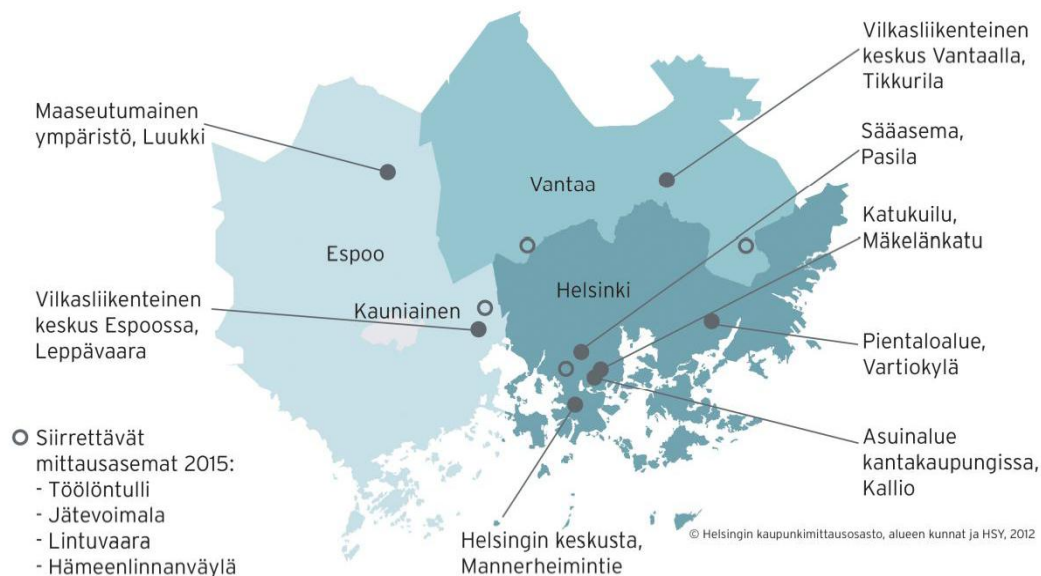
Helsingin uuden yleiskaavaehdotuksen perusoletuksena on, että liikennettä kehitetään erityisesti jalankulkuun, pyöräilyyn ja julkiseen liikenteeseen tukeutuen. Yleiskaavaehdotuksen liikenteeseen ja maankäyttöön liittyvät toimet pyrkivät parantamaan kestävien liikkumistapojen edellytyksiä. (Helsingin kaupunki 2015). Yleiskaavan tavoitteena on kävelyn, pyöräilyn ja joukkoliikenteen palvelutason parantaminen ja kulkutapaosuuksien lisääminen, mikä vähentäisi liikennemääriä.

Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelman ja maankäyttösuunnitelman, Helsingin liikkumisen kehittämisohjelman sekä Helsingin yleiskaavaehdotuksen tavoitteena on joukkoliikenteen, kävelyn ja pyöräilyn edistäminen sekä yksityisautoilun vähentäminen. Näiden tavoitteiden toteutuminen vähentää liikennemääriä ja parantaa liikenteen sujuvuutta ja sen myötä liikenteen päästöt vähenevät.

Ilmastosyistä kaupunkirakennetta tiivistetään ja liikkumistarpeen vähentyessä päästötkin pienenevät. Ilmanlaadun kannalta tiivistäminen kuitenkin saattaa johtaa rakenteisiin, jotka heikentävät ilmansaasteiden sekoittumista ja laimenemista ja siten heikentävät ilmanlaatua. Esimerkiksi Helsingin vilkasliikenteisten sisääntuloväylien muuttaminen kaupunkibulevardeiksi, joissa asuin- ja työpaikkarakentamista on osoitettu väylien välittömään läheisyyteen, uhkaa lisätä ruuhkautumista ja heikentää ilmanlaatua ellei autoliikenteen määrää samalla saada hillittyä.

7 Ilmanlaadun seuranta pääkaupunkiseudulla

Pääkaupunkiseudun ilmanlaatua arvioidaan jatkuvatoimisin mittauksin, keräinmenetelmin, mallintamalla ja bioindikaattoreiden avulla. Lisäksi seurantaan kuuluvat päästökartoitukset. Vuonna 2015 HSY seurasi pääkaupunkiseudun ilmanlaatua monipuolisin jatkuvin mittauksin 11 kohteessa (kuva 22). Mittausasemista seitsemän on pysyviä ja neljän paikka vaihtuu kalenterivuositain eli ne ovat siirrettäviä mittausasemia.



Kuva 22. HSY:n ilmanlaadun mittausasemat vuonna 2015.

Mittauksin selvitetään ajoneuvoliikenteen, energiantuotannon, satamatoimintojen, lentokentän ja pienpolton vaikutuksia sekä asuin- ja tausta-alueiden ilmanlaatua. HSY huolehtii sopimusperusteisesti Helen Oy:n, Vantaan Energia Oy:n sekä Fortum Power and Heat Oy:n voimalaitosten ja lämpökeskusten, Helsingin Sataman sekä Finavian ympäristölupien mukaisen ilmanlaadun velvoite-tarkkailun.

Asemilla mitataan kaupunki-ilman tärkeimpien ilmansaasteiden eli hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) ja pienhiukkasten ($PM_{2,5}$) ja mustan hiilen (BC), hiukkasten lukumäärän sekä typenoksidien (NO_x), otsonin (O_3), rikkidioksidin (SO_2), hiilimonoksidin (CO), bentseenin ja eräiden muiden haihtuvien orgaanisten hiilivetyjen (VOC) pitoisuuksia. PM_{10} -näytteistä analysoidaan lyijyn, arseenin, kadmiumin, nikkelin sekä eräiden polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen (PAH) pitoisuuksia. Lisäksi mitataan säätilaa kuvaavia muuttujia (taulukko 8). Aikaisempien vuosien mittauspaikoista ja tuloksista löytyy tietoa paikkatietokartan kautta HSY:n verkkosivuilta www.hsy.fi

Taulukko 8. Ilmanlaadun mittausasemat ja niillä mitatut ilmansaasteet vuonna 2015.

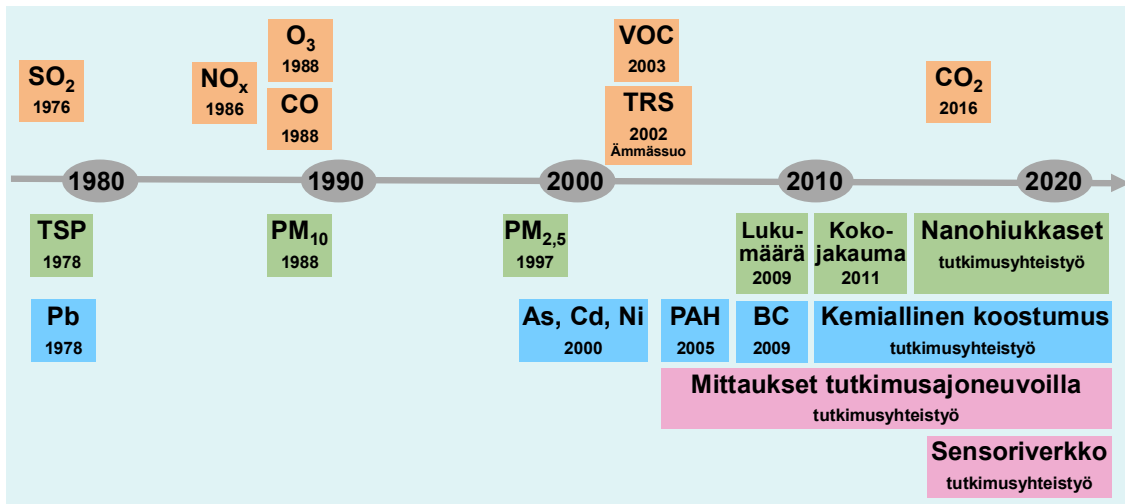
Mittausasema	Edustavuus	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO _x	SO ₂	O ₃	BC	CO	VOC	PAH	metallit	hiukkasten lukumäärä
Mannerheimintie	vilkasliikenteinen keskusta	x	x	x		x	x					
Mäkelänkatu	vilkasliikenteinen katukuilu	x	x	x		x	x		x	x		x
Kallio	kaupunkitausta	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x
Vartiokylä	pientaloalue		x	x		x				x		
Leppävaara	vilkasliikenteinen keskus	x	x	x			x					
Tikkurila	vilkasliikenteinen keskus	x	x	x				x	x			
Luukki	maaseutu, tausta-asema		x	x	x	x						
Jätevoimala	jätevoimalan vaikutusalue		x	x	x						x	
Töölöntulli	vilkasliikenteinen katukuilu	x	x	x			x					
Lintuvaara	pientaloalue		x	x						x		
Hämeenlinnanväylä	pääväylän vaikutusalue	x	x	x								
Hernesaari	sataman ja lämpökeskuksen vaikutusalue				x							

Ilmanlaatua pyritään mittaamaan mahdollisimman lähellä hengityskorkeutta. Käytännössä mittauskorkeus on yleensä noin neljä metriä. Liikenneympäristöjä edustavat mittausasemat on sijoitettu siten, että näytteenoton etäisyys suurista tienristeyksistä on vähintään 25 metriä ja etäisyys lähimmän ajokaistan reunasta on enintään 10 metriä.

Mittausasemat on pyritty sijoittamaan edustaviin kohteisiin. Tulosten avulla voidaan siten arvioida ilmanlaatua myös muissa samankaltaisissa ympäristöissä. Vuoden 2015 mittausasemien edustavuus on esitetty taulukossa 8.

Typpidioksidipitoisuuksia seurataan myös suuntaa antavalla passiivikeräinmenetelmällä. Seuranta kestää koko vuoden ja tulokset ovat hyvin vertailukelpoisia jatkuvatoimisten mittausten kanssa. Vuodesta 2004 alkaen keräyksiä on tehty noin 400 eri paikassa pääkaupunkiseudulla. Vuonna 2015 seurantoja tehtiin ns. raja-arvoa valvovissa kohteissa, joissa seurantaa tehdään vuosittain, sekä useissa erityiskohteissa eri puolilla Helsingin keskustaa.

HSY:n mittausverkossa tehdään yhteistyössä tutkimuslaitosten ja yliopistojen kanssa ilmanlaatuun liittyvää tutkimusta ja mitataan sellaistenkin epäpuhtauksien pitoisuuksia, joille ei ole annettu raja- tai ohjearvoja. Mustan hiilen ja hiukkasten lukumäärän pitoisuusmittaukset käynnistyivät vuonna 2009. Ilmatieteen laitos ja HSY ovat MMEA-tutkimusohjelmassa projektissa toteuttaneet vuosina 2013 – 2015 Mannerheimintiellä mittauskampanjan, jonka aikana seurattiin jatkuvatoimisesti hiukkasten koostumusta aerosolimassaspektrometrillä. HSY perusti vuoden 2015 alusta Mäkeläncadulle nk. supermittausaseman, joka mahdollistaa entistä laajemman tutkimusyhteistyön ja uusien innovatiivisten mittausmenetelmien testaamisen ja käyttöönoton.



Kuva 23. Ilmanlaadun seurantamenetelmien kehitys HSY:n mittausverkossa.

HSY:n tavoitteena ilmanlaadun seurannassa on vuoteen 2020 mennessä mm tuottaa kattava käsitys hiukkasten ominaisuuksista, lähteistä ja trendeistä (pakokaasut, katupöly ja muut lähteet). Lisäksi tavoitteena on selvittää, miten hiukkasten pitoisuudet ja ominaisuudet sekä NO₂/NO_x-pitoisuudet muuttuvat vilkasliikenteisissä ympäristöissä. HSY:n tavoitteena on myös ottaa käyttöön ilmanlaadun reaaliaikainen tilannekuvakartta ja ilmanlaatuennuste, joiden avulla visualisoidaan keskeisten päästölähteiden aiheuttamia ilmanlaatuhaittoja pääkaupunkiseudulla (kuva 23).

8 Ilmanlaadusta tiedottaminen

Ajantasaisen ja riittävän ilmanlaatutiedon välittäminen asukkaille on ilmanlaadun seurannan keskeisiä tavoitteita. Ilmanlaatuun liittyvissä Valtioneuvoston asetuksissa (38/2011 ja 164/2007) säädetään ilmanlaatutietojen saatavuudesta ja väestölle tiedottamisesta sekä väestön varoittamisesta. Ilmanlaatutietojen on oltava yleisesti saatavilla esim. internetin, ilmanlaatu puhelimen, lehtien, radion, television tai näyttö- ja ilmoitustaulujen välityksellä.

Pääkaupunkiseudun ilmanlaatutiedot ovat ajantasaisesti saatavilla HSY:n verkkosivuilla (www.hsy.fi). Jatkuvat mittaukset tulokset päivittyvät tunnin välein. Verkkosivuilla esitetään myös tietoja epäpuhtauksien terveys- ja muista vaikutuksista sekä yleistä tietoa ilmansuojelusta. Ilmanlaadusta tiedotetaan arkisin radiossa, tv:ssä sekä lehdistössä. Erityistilanteissa tiedotusta lisätään ja syvennetään pääkaupunkiseudun varautumissuunnitelman (HSY 2010) sekä asiantuntija-arvioiden perusteella. Viestintää on kehitetty ja ilmanlaadusta viestitään päivittäin myös sosiaalisessa mediassa Twitterissä ja uutisten yhteydessä myös Facebookissa.

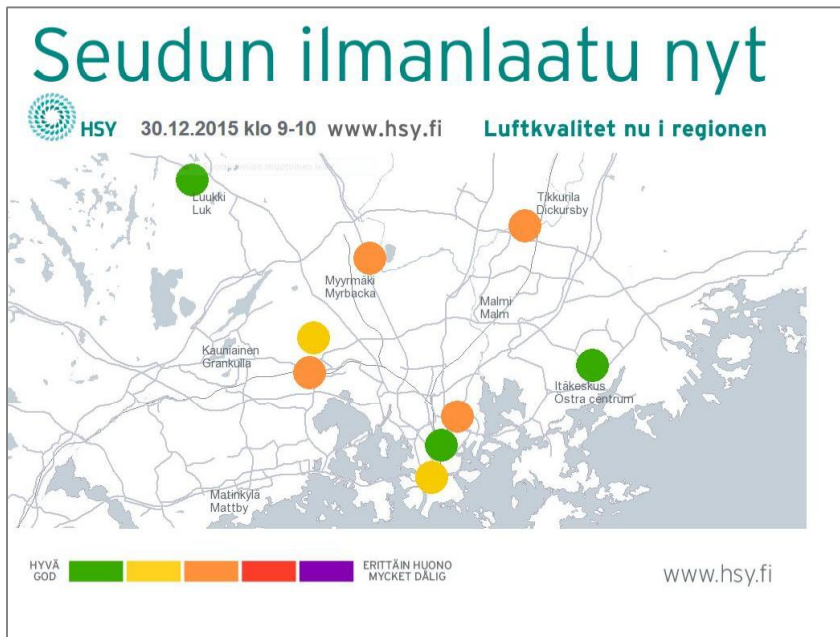
Ilmanlaatutiedon ja tiedotuksen yksinkertaistamisessa apuna käytetään ilmanlaatuindeksiä. Indeksillä arvioidaan sanallisesti ilmansaasteiden pitoisuuksien ja niiden terveysvaikutusten välistä yhteyttä. HSY:n kehittämä indeksi jakaa ilmanlaadun viiteen luokkaan hyvästä erittäin huonoon. Ilmanlaatuindeksi kuvaa hetkellistä ilmanlaatua suhteutettuna ilmanlaadun ohje-, raja-, kynnys- ja tavoitearvoihin sekä tunnettuihin terveysvaikutuksiin. Indeksillä on lähinnä terveysperusteinen, mutta sen sanallisessa luonnehdinnassa otetaan huomioon myös materiaali- ja luontovaikutuksia (taulukko 9). Indeksillä kehittelemässä on käytetty Terveystieteen ja hyvinvoinnin laitoksen asiantuntemusta.

Taulukko 9. Ilmanlaatuindeksin luonnehdinnat.

Ilmanlaatu	Välittömät terveysvaikutukset	Muut vaikutukset
Hyvä	ei todettuja	lieviä luontovaikutuksia pitkällä aikavälillä
Tyydyttävä	hyvin epätodennäköisiä	-"
Välttävä	epätodennäköisiä	selviä kasvillisuus- ja materiaali-vaikutuksia pitkällä aikavälillä
Huono	mahdollisia herkillä yksilöillä	-"
Erittäin huono	mahdollisia herkillä väestöryhmillä	-"

Indeksi lasketaan tunneittain jokaiselle mittausasemalle ja niille ilmansaasteille, joita kyseisellä asemalla mitataan. Indeksissä ovat mukana rikkidioksidin, typpidioksidin, hiilimonoksidin, hengitettävien hiukkasten, pienhiukkasten ja otsonin pitoisuudet. Jokaiselle epäpuhtaudelle lasketaan pitoisuuksien perusteella indeksi, joista korkein määrää mittausaseman ilmanlaatuindeksin arvon. Suomessa käytössä oleva indeksi eroaa ulkomaisista ilmanlaatuindekseistä sekä laskentatavan että pitoisuusrajojen osalta.

Yleisölle tarkoitettuja ilmanlaatu näyttöjä (kuvat 24) on runsaasti eri puolilla pääkaupunkiseutua esim. raitiovaunuissa ja metrossa sekä HSL:n aikataulunäyttöillä Espoossa ja Vantaalla.



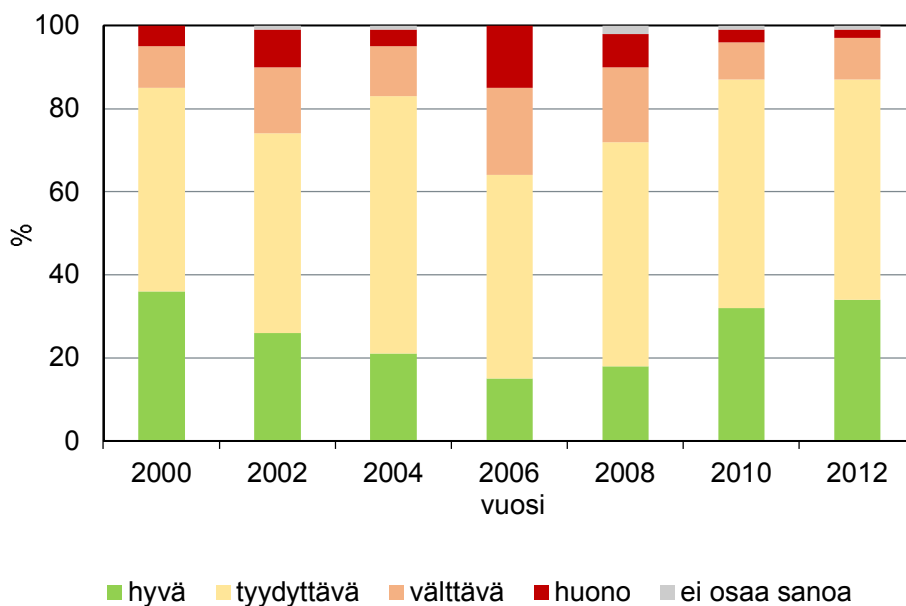
Kuva 24. Esimerkki ilmanlaatu näyttö sisällöstä.

Vuosittain julkaistaan katsaus ilmanlaadusta, päästöistä, niiden kehittymisestä ja niihin vaikuttavista tekijöistä. Neljännesvuosittain julkaistaan suppea katsaus ilmanlaadun mittaustuloksista. HSY laatii ilmanlaatuun liittyviä esitteitä ja valistusaineistoja yhteistyössä eri toimijoiden kanssa. Asukkaille on tehty oppaita katupölyn haitoista ja torjunnasta sekä tulisijan päästöihin vaikuttamisesta. Urbaani puuvaja-hankeessa tuotetaan myös paremmista tulisijankäyttötavoista lehtisiä, joita nuohoojat ja omakotiyhdistykset jakavat, sekä lyhyitä videoita.

9 Asukkaiden näkemyksiä ilmanlaadusta

9.1 Asukkaiden arvioita ilmanlaadusta

Pääkaupunkiseudun asukailta on kysytty arviota ilmanlaadusta vuosina 2000 - 2012 kahden vuoden välein Gallup-tutkimuksina. Tuoreimmassa, vuonna 2012 tehdyssä kyselyssä ilmanlaatua piti hyvänä kolmannes haastatelluista. Kaksi prosenttia haastatelluista piti ilmanlaatua huonona (Nurmela 2012). Hyvän osuus oli jälleen vuoden 2000 tasolla välillä tapahtuneen notkahduksen jälkeen (kuva 25).



Kuva 25. Asukkaiden arviot pääkaupunkiseudun ilmanlaadusta vuosina 2000 - 2012.

Valtaosa eli yli 80 % vuonna 2012 vastanneista piti ilmansaasteita kuitenkin häiritsevinä. Eniten häiritsevinä pidettiin katupölyä ja liikenteen pakokaasuja (71 ja 50 % vastanneista). Pientalojen tulisijojen savut koki häiritseviksi 4 % vastanneista. Vastaavasti eniten oireita koettiin saatavan katupölystä ja liikenteen pakokaasuista. Haastatelluista vajaa kolmannes oli ilmansaasteiden takia välttänyt joitakin paikkoja ja 16 prosenttia oli muuttanut liikkumistapojaan. 14 prosenttia oli rajoittanut ajoittain omaa ulkona liikkumistaan tai välttänyt voimakasta räsytystä ulkona huonon ilmanlaadun vuoksi. 13 prosenttia ei ollut voinut pitää ikkunoita kunnolla auki ja 10 prosenttia ei ollut kyennyt oleilemaan pihalla tai parvekkeellaan.

Keväällä 2006 tehdyssä kyselyssä ilmanlaatu arvioitiin heikommaksi kuin sitä edeltävinä tai sitä seuraavina vuosina. Vuonna 2006 oli hankala kevätpölykausi ja pääkaupunkiseudulle kulkeutui samaan aikaan pienhiukkasia maan rajojen ulkopuolelta. Myös VR:n makasiinien palo Helsingin keskustassa herätti huomiota. Myöhemmin samana vuonna lähialueiden metsäpalosavut kulkeutuivat myös pääkaupunkiseudulle, mutta nämä eivät ehtineet vaikuttaa keväällä tehtynä kyselyaikana. Kaikesta huolimatta yli 60 % vastanneista piti ilmanlaatua hyvänä tai tyydyttävänä.

Vuoden 2006 jälkeen ilmanlaatu on ollut parempi ja kevätpölykaudet helpompia. Ilmanlaatua hyvänä tai tyydyttävänä pitävien osuus onkin kasvanut lähelle 90 prosenttia vastanneista. Vain kaksi

prosenttia arvioi ilmanlaadun huonoksi keväällä 2012, kun huonoksi arvioivien osuus oli peräti 15 % keväällä 2006.

9.2 Aukkaiden ympäristöasenteet ja ympäristökäyttäytyminen

Pääkaupunkiseudulla on tehty myös tutkimuksia asukkaiden ympäristöasenteista ja omasta ympäristökäyttäytymisestä. Helsingissä tutkimus on tehty viisi kertaa vuodesta 1989 alkaen. Vantaalla selvityksiä on tehty neljä kertaa vuosina 1978, 1991, 1997 ja 2009 sekä Espoossa vuosina 2007 ja 2014. Tutkimukset koskivat eri ympäristönsuojelun osa-alueita eivätkä ne ole vertailukelpoisia keskenään erilaisesta kysymystenasettelusta johtuen.

Helsingin viimeisimmän, vuonna 2011 tehdyn kyselyn painopistealueita olivat kaupungin strategian mukaisesti liikenne, ilmastomuutos ja Itämeren suojelu (Hakkarainen ja Koskinen 2011). Tulosten mukaan työttömyyden vähentämisen ohella ympäristönsuojelu koettiin toiseksi tärkeimmäksi yhteiskunnalliseksi tavoitteeksi. Yli puolet vastaajista oli sitä mieltä, että Helsinki on onnistunut hyvin julkisen liikenteen järjestelyissä. Ilmanlaatu oli hoidettu hyvin runsaan viidenneksen mielestä ja huonosti noin joka kymmenennen vastaajan mielestä. Ympäristönsuojelumäärärahoista ilmanlaatu olisi saanut viidenneksen, vesistöjen tilan parantamisen kannatus oli pari prosenttia suurempi.

Helsingiläisten, erityisesti naisten, ympäristöasenteet olivat edelleen hyvin myönteisiä. Tämä myös näkyi naisten ostopäätöksissä, ilmastomuutosta hillitsemissä toimenpiteissä ja autoilua hillitsevien keinojen kannatuksessa. Toisaalta kyselyssä mitattu ympäristökäyttäytyminen, kuten auton omistaminen ja lentäminen, ei ollut yhteydessä ympäristöasenteisiin vaan tuloihin. Ympäristönsuojelun kannatus ei näkynyt siten, että helsinkiläiset olisivat vähentäneet esim. vapaa-ajan lentomatkoja. Niitä tehtiin, jos niihin oli varaa.

Autoilun vähentämiseen tähtäävää toimintaa tuettiin asennetasolla, mutta ympäristökäyttäytymistä ei oltu yhtä valmiita muuttamaan. Moottoriajoneuvojen vähentämiskeinoista enemmän kannatusta saivat kevyen ja julkisen liikenteen kehittäminen. Vähemmän suosiota taas saivat keinot, joilla autoilua hankaloitetaan. Ruuhkamaksujen käyttöönottoa kannatti noin 40 % vastanneista ja noin 20 % vastanneista ei ottanut kantaa sen puolesta tai vastaan. Pyöräilyolosuhteiden parantamista kannatettiin hyvin voimakkaasti.

Myös vantaalaiset suhtautuivat ympäristönsuojeluun vuonna 2009 hyvin myönteisesti (Kristiansson 2011). Neljä viidestä kyselyyn vastanneesta oli sitä mieltä, että ympäristönsuojelu tulisi asettaa etusijalle, vaikka talous kärsisi. Ympäristönsuojeluun panostaminen oli työttömyyden torjunnan jälkeen toiseksi tärkein yhteiskunnallinen kysymys.

Vantaan ilmanlaatua pidettiin yleisesti hyvänä. Runsas puolet vastaajista ilmoitti ilmanlaadun olevan erittäin tai melko hyvä. Keskimukaisesti ilmanlaadun arvioi kaksi viidestä vastaajasta ja erittäin tai melko huonoksi harvempi kuin joka kymmenes vastaaja. Maailmanlaajuisista ympäristöongelmista viisi suurinta huolenaihetta olivat ilman saastuminen, vesien laadun heikkeneminen, jätemäärien kasvu, elinympäristön kemikalisoituminen ja luonnonvarojen ehtyminen.

Yleisin syy oman auton käyttöön oli vantaalaisvastaajilla se, että auto oli käytettävissä. Muina syinä mainittiin joukkoliikennematkojen hitaus, matkalippujen kalleus ja arjen rutiinien vaikeutuminen. Li-

kennepoliittisista keinoista suosituimpia olivat joukkoliikenteen hintojen tuntuva alentaminen, kevyen liikenteen verkon kehittäminen ja pyöräilyn tukeminen verokeinoin. Ruuhkamaksujen käyttöönottoa kannatti vajaat 40 % vastanneista.

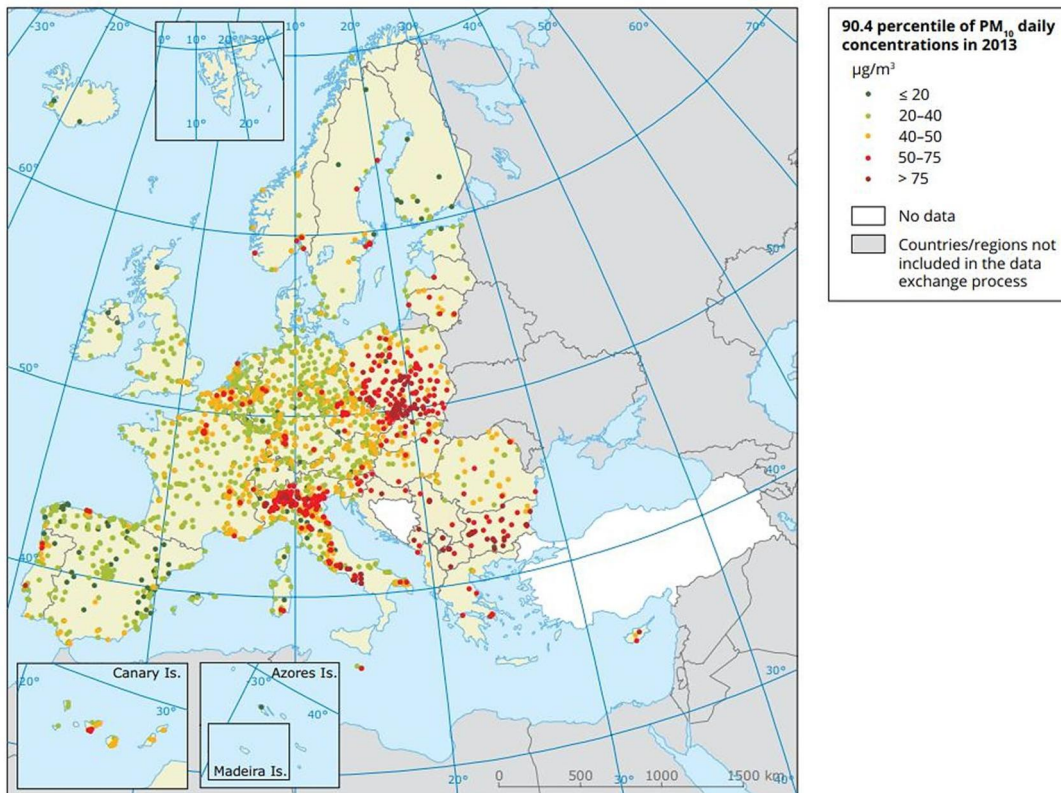
Espoolaiset kokivat vuonna 2013 liikenteen kasvun sekä kemikaalien aiheuttaman ympäristön pilaantumisen pahimmiksi paikallisesti ympäristön tilaa heikentäviksi tekijöiksi (Miettinen 2014). Maailmanlaajuisesti pahimpina ongelmina pidettiin ilmansaasteita, jätemäärän kasvua ja ilmastonmuutosta. Suurin osa vastanneista oli valmis tarvittaessa tinkimään omasta elintasostaan ilmastonmuutoksen torjumiseksi. Vain työpaikkojen lisääminen koettiin rahanjakokysymyksessä ympäristönsuojelua tärkeämmäksi.

Parhaana keinona yksityisautoilun vähentämiseksi pidettiin julkisen liikenteen kehittämistä ja houkuttelevuuden parantamista. Lähes yhtä usein kannatettiin kävelyn ja pyöräilyn mahdollisuuksien parantamista. Liikenteen ruuhkamaksujen käyttöönottoa piti erittäin tai jonkin verran kannatettavana lähes 60 % vastanneista.

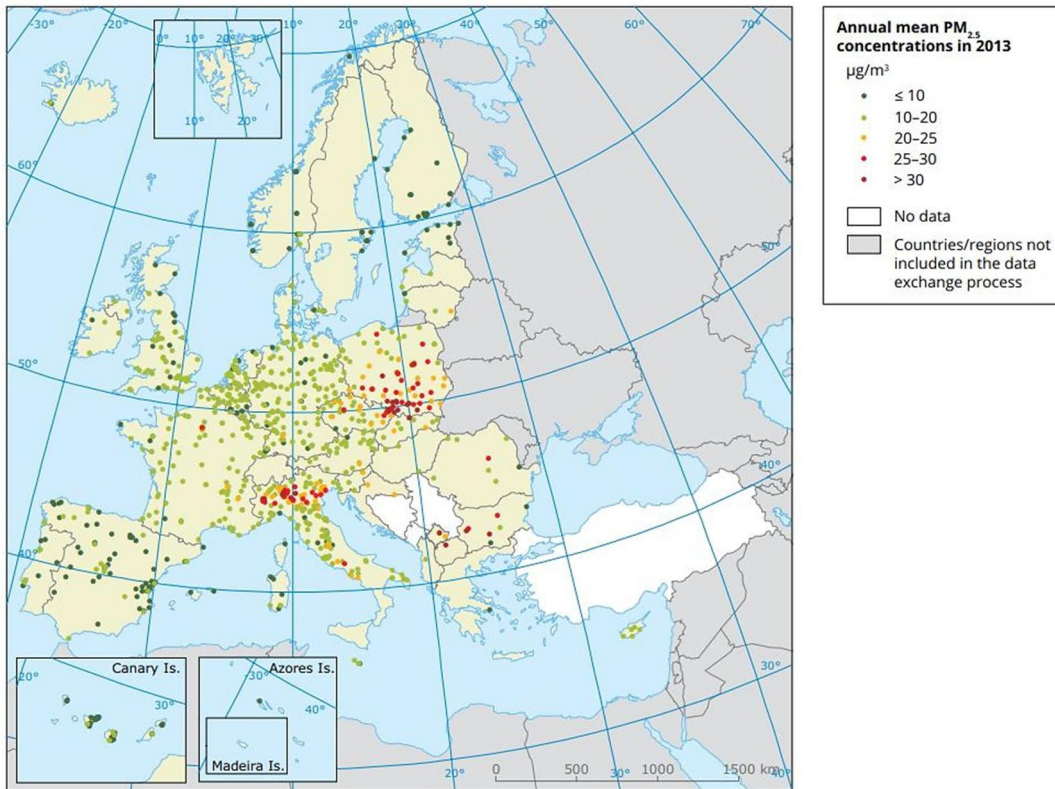
10 Ilmanlaatu eräissä Euroopan kaupungeissa

10.1 Yleistä

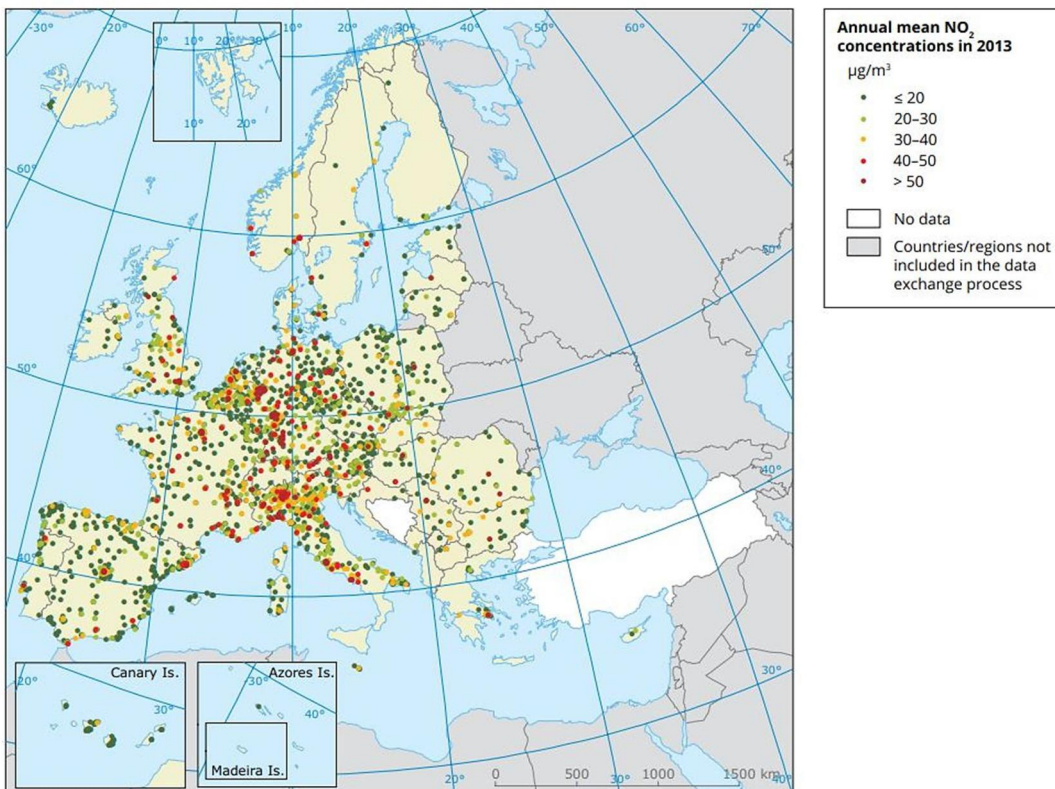
Ilmansaasteet ovat suurin yksittäinen ympäristöterveysriski Euroopassa. Euroopan ympäristöviraston uusimman, vuotta 2013 koskevan raportin mukaan hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ylittivät vuorokausiraja-arvon 22 jäsenmaassa ja pienhiukkasten vuosiraja-arvon seitsemässä maassa. Typpidioksidin vuosiraja-arvo ylittyi 19 jäsenmaassa ja otsonin tavoitearvo 18 jäsenmaassa (kuvat 26 – 28). Suomi ei kuulu näiden 19 maan joukkoon, koska tarkastelussa ei otettu huomioon passiivikeräinmenetelmällä Helsingissä vuonna 2013 mitattuja vuosiraja-arvon ylityksiä, vaikka ne oli EU:lle raportoitu. Jatkuvatoimisilla mittausasemilla ei vuonna 2013 mitattu ylityksiä Suomessa.



Kuva 26. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvoon verrannolliset pitoisuudet Euroopassa vuonna 2013. Vuorokausiraja-arvo ylittyy punaisella merkityillä mittausasemilla. (EEA 2015).



Kuva 27. Pienhiukkasten vuosipitoisuudet Euroopassa vuonna 2013. Raja-arvo ylittyy punaiseksi tai tummanpunaiseksi merkityillä mittausasemilla (EEA 2015).



Kuva 28. Typpidioksidin vuosipitoisuudet Euroopassa vuonna 2013. Vuosiraja-arvo ylittyy punaisella ja tummanpunaisella merkityillä mittausasemilla (EEA 2015).

Taulukosta 10 ilmenee, että suuri osa EU-maiden kaupunkien väestöstä altistuu pitoisuuksille, jotka ylittävät EU:n raja- tai tavoitearvot. WHO:n ohjearvot ylittävälle pitoisuuksille altistuu vielä suurempi osuus kaupunkien väestöstä.

Taulukko 10. EU:n raja- tai tavoitearvot tai WHO:n ohjearvot ylittävälle pitoisuuksille altistuvan kaupunkiväestön osuudet 28 EU-maassa keskimäärin vuosina 2011 – 2013. Lähde: EEA 2015.

Pollutant	EU reference value	Exposure estimate	WHO AQG	Exposure estimate
PM _{2.5}	Year (25)	9–14	Year (10)	87–93
PM ₁₀	Day (50)	17–30	Year (20)	61–83
O ₃	8-hour (120)	14–15	8-hour (100)	97–98
NO ₂	Year (40)	8–12	Year (40)	8–12
BaP	Year (1 ng/m ³)	25–28	Year (RL, 0.12 ng/m ³)	85–91
SO ₂	Day (125)	<1	Day (20)	36–37

EEA:n arvion mukaan pienhiukkasista aiheutui noin 430 000 ennenaikaista kuolemaa Euroopassa (40 valtiota) vuonna 2012, typpidioksidista 75 0000 ja otsonista 17 000.

10.2 Tukholma

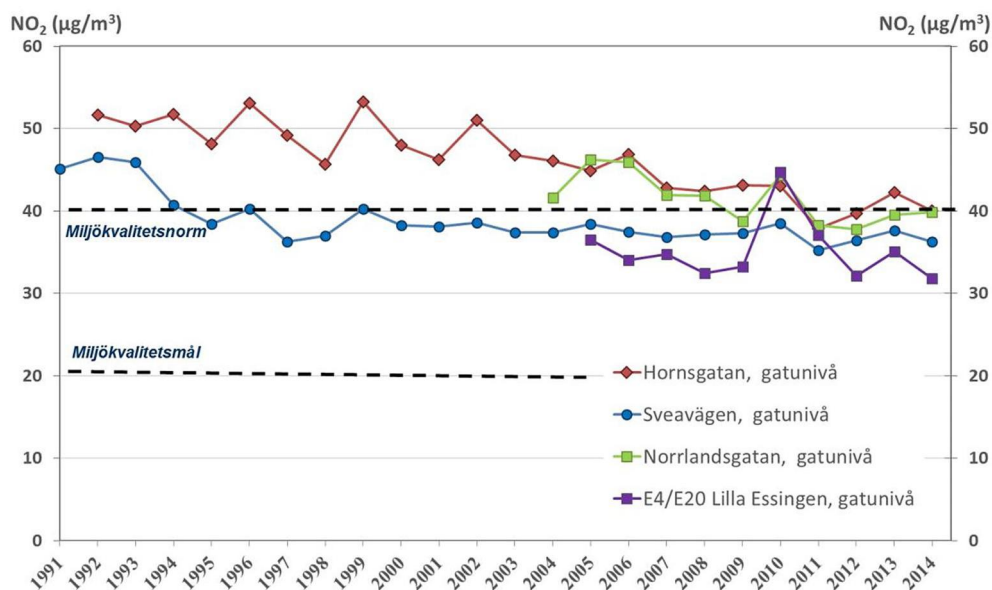
Tukholmassa ilmanlaatua seurataan mittauksin, mallintamalla ja päästökartoituksia hyödyntäen. Ilmanlaadun mittausasemia on Tukholman alueella kuusi ja lisäksi on alueellinen tausta-asema Norrtäljen kunnassa sekä sääasema. Hornsgatanilla ja Sveavägenillä, jotka edustavat liikenneympäristöjä, mittauksia tehdään kadun kummallakin puolella, Hornsgatanilla lisäksi kattotasolla. Tor-
kel Knutssoninkadulla mittauksia tehdään vain kattotasolla eli se edustaa kaupunkitaustaa. Lilla Essingenin mittausasema on niin ikään liikenneasema: se sijaitsee E4/E20 moottoritien reunassa (liikennemäärä 130 000 ajoneuvoa vuorokaudessa) ja lisäksi on alueellinen tausta-asema Norrtäljen alueella sekä sääasema. Myös Norrlandsgatanin asema edustaa liikenneympäristöä. Kanaanin alueellisella tausta-asemalla seurataan vain typpidioksidin pitoisuuksia passiivikeräimellä sekä märkälasseumaa.

Ruotsissa ovat voimassa EU:n raja-, ohje- ja tavoitearvot, mutta sen lisäksi on kansallisia ympäristön laatunormeja (miljökvalitetsnormer) ja ympäristötavoitteita (miljömål), jotka ovat EU:n raja-arvoja tiukempia. Tässä tarkastellaan vain EU:n raja-arvojen ylittymistä. Teksti pohjautuu Tukholman ilmanlaadun vuosiraporttiin (SLB-analys 2015).

Pitkällä aikavälillä Tukholman ilmanlaatu on parantunut huomattavasti, ja useimpien ilman epäpuhtauksien pitoisuudet ovat laskeneet. Bentseenin, bentso(a)pyreenin, rikkidioksidin, lyijyn, arseenin, kadmiumin, nikkelin, hiilimonoksidin ja pienhiukkasten pitoisuudet ovat alle raja- ja tavoitearvojen ja Ruotsin kansallisten ympäristön laatunormien. Liikenteen tiukentuneet päästönormit, teollisuuden päästöjen väheneminen, kaukolämmön käytön lisääntyminen, puhtaampien polttoaineiden ja ajoneuvojen yleistymisen, ruuhkamaksut sekä nastarenkaiden käytön kieltäminen Hornsgatanilla ovat myötävaikuttaneet ilmanlaadun parantumiseen.

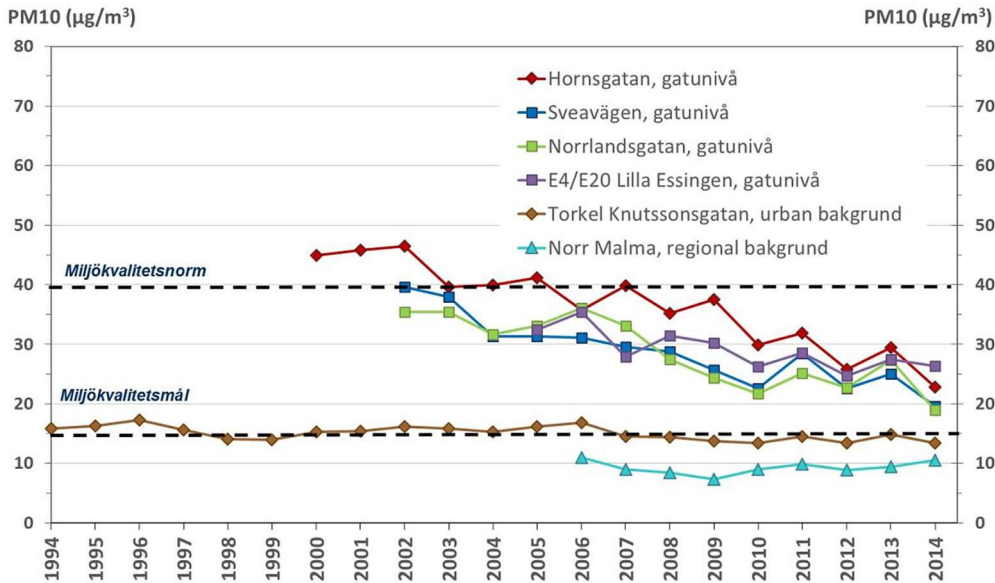
Typpidioksidin pitoisuudet ovat pitkällä aikavälillä laskeneet, mutta viime vuosina lasku on tasaantunut ja pitoisuudet ylittävät paikoin EU:n raja-arvon. Liikenteen päästöt ovat tärkein tekijä raja-arvojen ylittymisessä. Pitoisuuslaskun tasaantumisen arvioidaan johtuvan dieselajoneuvojen osuuden kasvusta, kuten Suomessakin.

Vuonna 2014 EU:n vuosiraja-arvo typpidioksidille ylittyi niukasti liikenneasemalla Hornsgatanilla, jossa vuosipitoisuus oli kadun pohjoispuolella $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kadun eteläpuolella pitoisuus oli $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Norrlandsgatanilla vuosipitoisuus sivusi raja-arvoa eli oli $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tuntiraja-arvo ei ylittynyt millään mittausasemalla ja kaikki tuntipitoisuudet olivat alle $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kuvassa 29 on esitetty pitoisuuksien kehitys katutasolla liikenneasemilla.

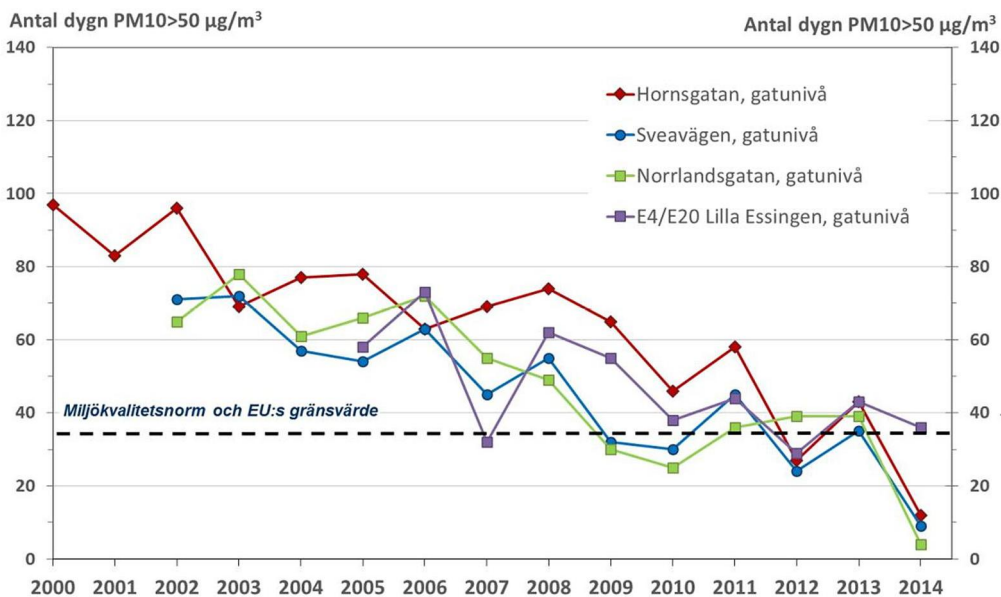


Kuva 29. Typpidioksidipitoisuuksien kehittyminen Tukholman ilmanlaadun liikenneympäristöä edustavilla mittausasemilla. Hornsgatanin ja Sveavägenin pitoisuudet ovat kadun kummallakin puolella tehtyjen mittausten keskiarvoja (SLB-analys 2015).

Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet olivat Tukholmassa vuonna 2014 EU:n vuosiraja-arvon alapuolella ja vaihtelivat liikenneasemilla välillä $19 - 26 \mu\text{g}/\text{m}^3$. EU:n vuorokausiraja-arvotason ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylityksiä oli liikenneasemilla $4 - 36$. Vuorokausiraja-arvo ylittyi E4/E20 valtatievarrella. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksissa on selvästi laskeva trendi, ja vuodesta 2006 lähtien pitoisuudet ovat olleet yleisesti vuosiraja-arvon alapuolella (kuva 30). Vuorokausiraja-arvo puolestaan ylittyy edelleen, joskin ylityspäivien määrä on vuodesta 2000 selvästi vähentynyt (kuva 31).



Kuva 30. Hengitettävien hiukkasten vuosipitoisuudet Tukholman mittausasemilla vuosina 1994 – 2014 (SLB-analys 2015).



Kuva 31. Vuorokausiraja-arvotason ylityspäivien lukumäärät Tukholman liikenneasemilla katu- tasolla vuosina 2000 – 2014 (SLB-analys 2015).

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien laskuun on useita syitä. Yksi tärkeimpiä syitä oli nastarenkaiden osuuden lasku 70 %:sta 30 %:iin Hornsgatanilla ja noin 40 – 50 %:iin muualla keskikaupungilla. Nastarenkaiden käyttö väheni jo ennen Hornsgatanin nastarengaskieltoa vuonna 2010 nastarenkaiden käytön haittoja koskevan tiedotuskampanjan ansiosta. Kiellon myötä nastarenkaiden käyttö väheni edelleen, mutta viime vuosina nastarenkaiden osuus on pysynyt lähes vakiona. Muita laskuun vaikuttaneita tekijöitä ovat olleet liikennemäärien väheneminen, entistä tehokkaampi pölynsidonta ja katujen puhdistus. Vuoden 2016 alusta Tukholma korottaa ruuhkamaksuja, millä saattaa olla suotuista vaikutus ilmanlaatuun, jos se johtaa liikennemäärien vähentymiseen. (SLB-analys 2015).

Vuonna 2014 pienhiukkasten vuosipitoisuudet olivat Tukholman mittausasemilla välillä 5 – 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, eli selvästi EU:n raja-arvon (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sekä WHO:n ohjearvon (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) alapuolella. Pitoisuudet ylittivät WHO:n vuorokausiohjearvon (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ja ylityspäiviä oli 5 – 6. Pienhiukkasten pitoisuudet ovat laskusuunnassa, minkä arvioidaan johtuvan kaukokulkeutuneiden pienhiukkasten määrän vähenemisestä. Myös WHO:n vuorokausiohjearvon ylitysten määrä on selvästi vähentynyt 2000-luvulla. (SLB-analys 2015).

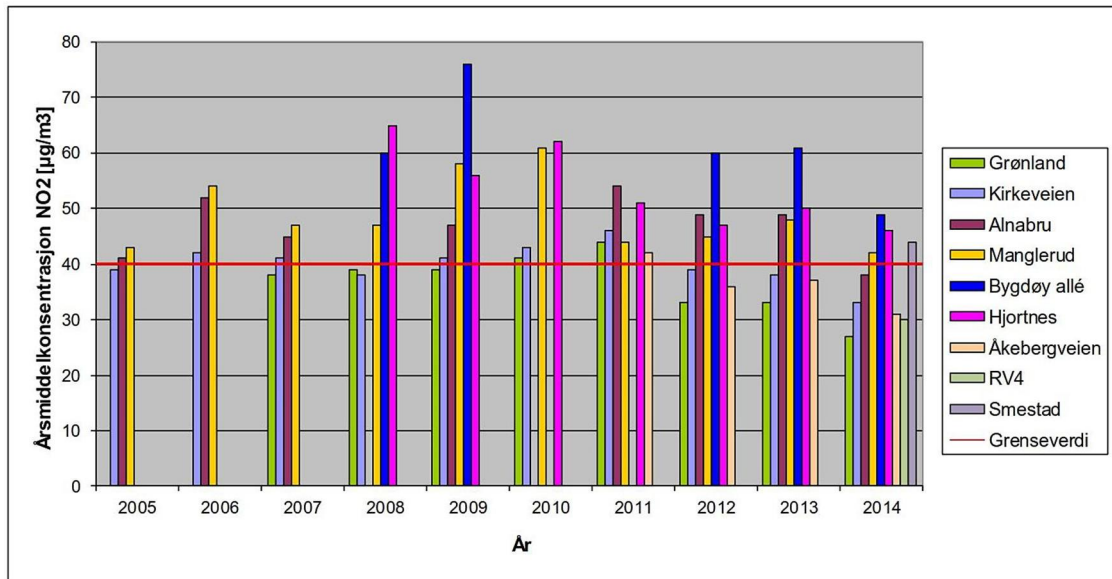
Tukholman lääni on vuosina 2004 ja 2012 laatinut ilmanlaadun toimintasuunnitelmat typpidioksidin ja hiukkasten pitoisuuksien alentamiseksi (Länstyrelsen i Stockholms län 2004 ja 2012). Vuoden 2012 suunnitelmassa toimenpiteitä hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien alentamiseksi ovat mm. nastarengaskielto määrätyillä kaduilla, pölynsidonta, katujen puhdistuksen kehittäminen ottamalla käyttöön uutta tekniikkaa, aikainen katujen puhdistus keväisin sekä liukkaudentorjunnan optimointi ja nopeusrajoitusten alentaminen. Typpidioksidin osalta ehdotetaan ympäristövyöhykkeen valvonnan tehostamista. Ohjelmassa luetellaan myös muita toimenpiteitä, joilla on vaikutusta ilmanlaatuun, esim. joukkoliikenteen, kävelyn ja pyöräilyn edistäminen, tavaraliikenteen tehostaminen, pysäköintipolitiikka, liikkumisen ohjaus ja viestintä. Lisäksi arvioidaan edellisessä suunnitelmassa esitettyjen tai muiden käyttöön otettujen toimenpiteiden vaikutuksia (ruuhkamaksu, nastarengaskielto Hornsgatanilla, nopeusrajoitukset, päällystemateriaalien vaikutukset, pölynsidonta, katujen puhdistus).

Tukholman kaupungilla on myös ympäristöohjelma vuosille 2012 – 2015 ja uutta ympäristöohjelmaa vuosilla 2016 – 2019 laaditaan parhaillaan. Kaupungin tavoitteena on, että liikenteen ympäristökuormitus vähenee ja että kaupungin oma kalusto on vähäpäästöistä. Kaupunki pyrkii vaikuttamaan siihen, että ilmanlaadulle asetetut normit saavutetaan, joukkoliikenteen, kävelyn ja pyöräilyn osuus matkoista kasvaa ja että uusista myydyistä henkilöautoista puolet ja ensirekisteröidyistä raskaista ajoneuvoista 10 % olisi vähäpäästöisyyskriteerit täyttäviä (miljöbil, miljölasterbilsklassade). (Stockholms stad 2012).

10.3 Oslo

Oslossa on 12 ilmanlaadun mittausasemaa. Näistä kahdeksan edustaa liikenneympäristöjä ja neljä kaupunkitaustan olosuhteita. Lisäksi käytössä on yksi meteorologinen asema. Ilmanlaadun mittauksista huolehtivat Oslon kaupunki ja valtion tiehallinto yhteistyössä. Norjan ilmanlaadunormit vastaavat EU:n normeja, mutta hiukkasten raja-arvoja on ehdotettu tiukennettavaksi vuonna 2016. Tämä raportti pohjautuu Oslon ilmanlaadun vuosiraporttiin 2014 (Oslo kommune 2015).

Oslo sijaitsee vuonon rannalla ja sitä ympäröivät metsät ja vuoret. Maastomuodot ovat siten ilman saasteiden sekoittumisen ja laimenemisen kannalta hankalat. Typpidioksidin pitoisuudet ovatkin Oslossa korkeita ja vuosiraja-arvo ylittyi vuonna 2014 useilla mittausasemilla (kuva 32). Pitoisuudet olivat kuitenkin hieman matalampia kuin aiempina vuosina.



Kilder: Statens vegvesen og Oslo kommune Bymiljøetaten

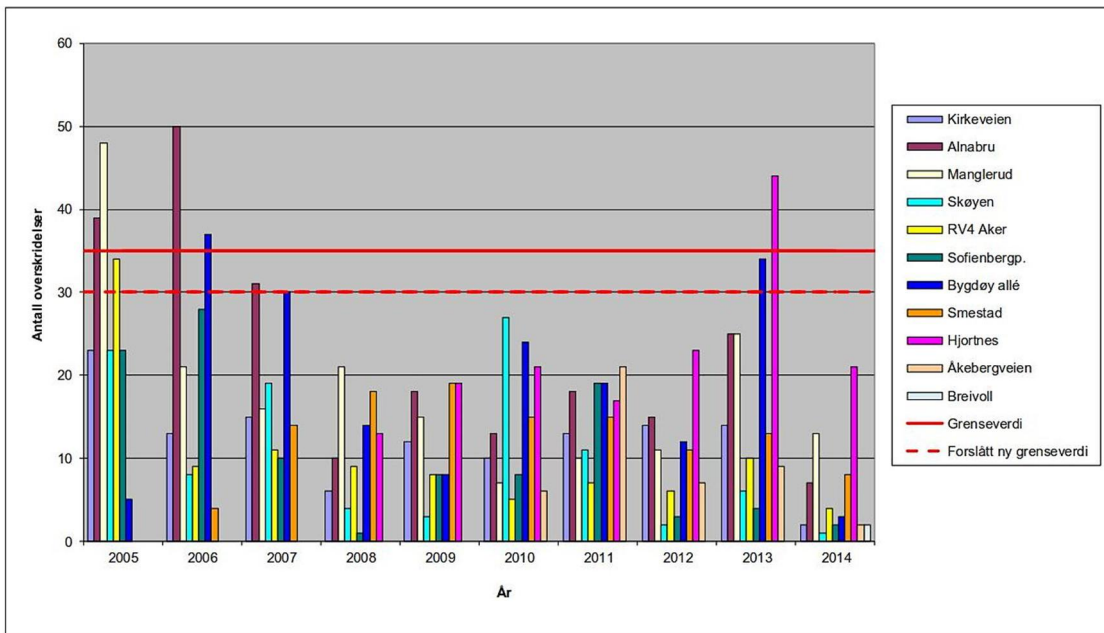
Kuva 32. Typpidioksidipitoisuuksien vuosikeskiarvot Oslon mittausasemilla vuosina 2005 – 2014 (Oslo kommune 2015).

Typpidioksidin tuntipitoisuudet pysyivät vuonna 2014 ensi kertaa vuoden 2008 jälkeen tuntiraja-arvon alapuolella. Esimerkiksi vuosina 2009 – 2011 ylityksiä oli useilla mittausasemilla huomattavasti yli 18, vuonna 2010 Manglerudin mittausasemalla jopa 220 tuntia.

Typpidioksidin pitoisuudet ovat pysyneet melko vakaina viime vuosina. Pitoisuudet ovat korkeita erityisesti vilkasliikenteisillä alueilla. Pääsyyinä tilanteeseen pidetään dieselajoneuvojen lisääntyntä osuutta autokannassa.

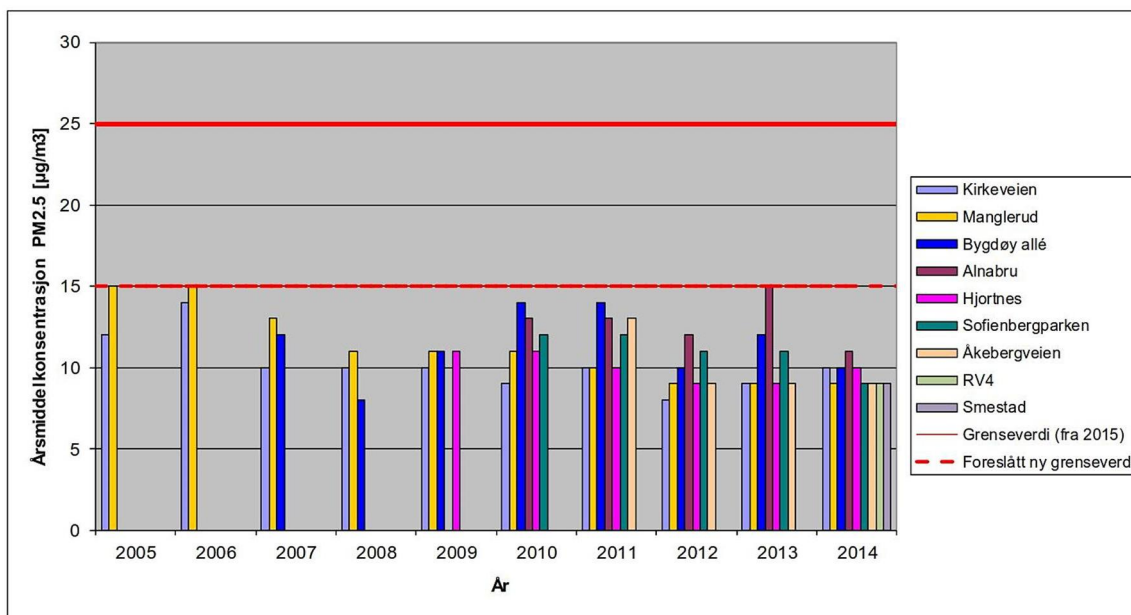
Hengitettävien hiukkasten vuosipitoisuudet ovat vuosina 2005 – 2014 pysyneet raja-arvon alapuolella. Pitoisuudet olivat vuonna 2014 keskimäärin hieman edellisvuotta matalampia, mikä johtui siitä, että vuosi 2014 oli edellisvuotta lämpimämpi ja sateisempi. Sekä puunpolton hiukkasia että katupölyä oli siten tavallista vähemmän. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet eivät ole ylittäneet myöskään vuorokausiraja-arvoa vuoden 2006 jälkeen lukuun ottamatta vuotta 2013, jolloin raja-arvo ylittyi yhdellä mittausasemalla (kuva 33). Pienhiukkasten pitoisuudet ovat Oslossa selvästi EU:n raja-arvon alapuolella (kuva 34).

Oslon ja tiehallinnon toimenpiteet, nastarengasmaksu, nopeusrajoitukset ja teiden kastelu magnesiumkloridiliuoksella, ovat jossain määrin tehonneet ja hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ovat laskeneet. Jotta raja-arvojen ylityksiltä jatkossa välttyttäisiin, tarvitaan vielä lisätoimenpiteitä.



Kilder: Statens vegvesen og Oslo kommune Bymiljøetaten

Kuva 33. Hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvotason ylitysten lukumäärät Oslon mitausasemilla vuosina 2005 – 2014. Punaisella viivalla on merkitty raja-arvo (35 ylitystä) ja katoviivalla Norjassa ehdotettu uusi raja-arvo (30 ylitystä) (Oslo kommune 2015).



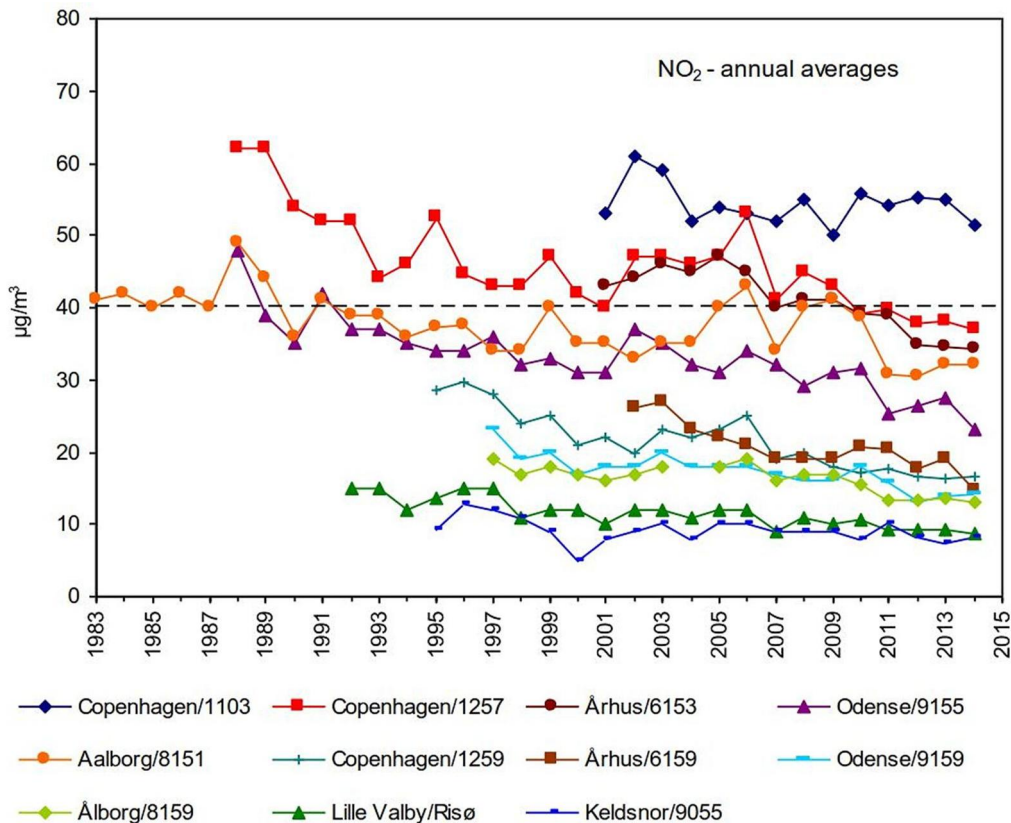
Kuva 34. Pienhiukkasten vuosipitoisuudet Oslon mitausasemilla vuosina 2005 – 2014. Punaisella katoviivalla on merkitty Norjassa ehdotettu uusi raja-arvo (15 µg/m³) (Oslo kommune 2015).

Vuonna 2014 ESA, EFTA:n valvontaelin haastoi Norjan EFTA:n tuomioistuimeen raja-arvojen ylityksen ja puutteellisten ilmansuojelusuunnitelmien vuoksi. Vuonna 2014 laadittiin uusi ilmansuojeluvuorokausiraja-arvo Osloa ja Baerumin kuntaa koskien vuosille 2015 - 2020. Selvityksessä arvioitiin mm., että typidioksidin päästöjä tulee vähentää 50 – 60 %, jotta raja-arvo voitaisiin saavuttaa. Tämä vaatii tehokkaita toimenpiteitä, kuten liikennemäärien vähentämistä 20 %, sähkö- ja plug-in –hybridiautojen määrän lisäämistä autokannassa, alhaisempia nopeusrajoituksia päteille sekä satamien päästöjen vähentämistä (Oslo kommune ym. 2014). Oslo on myös laatinut varautumissuunnitelman episoittilanteiden varalle.

10.4 Kööpenhamina

Kööpenhaminassa on kolme ilmanlaadun mittausasemaa, joista kaksi edustaa liikenneympäristöjä (H.C. Andersens Bulevard ja Jagtvej) ja yksi kaupunkitaustaa. Lisäksi yhdellä väliaikaisella mittausasemalla seurataan polysyklisen aromaattisten hiilivetyjen pitoisuuksia esikaupunkialueella puunpoltton vaikutusten arvioimiseksi. Mittauksia täydennetään THOR mallijärjestelmällä laadituilla mallilaskelmilla. Tässä esitetyt tulokset perustuvat Tanskan ilmanlaadun vuoden 2014 raporttiin (Ellerman ym. 2015).

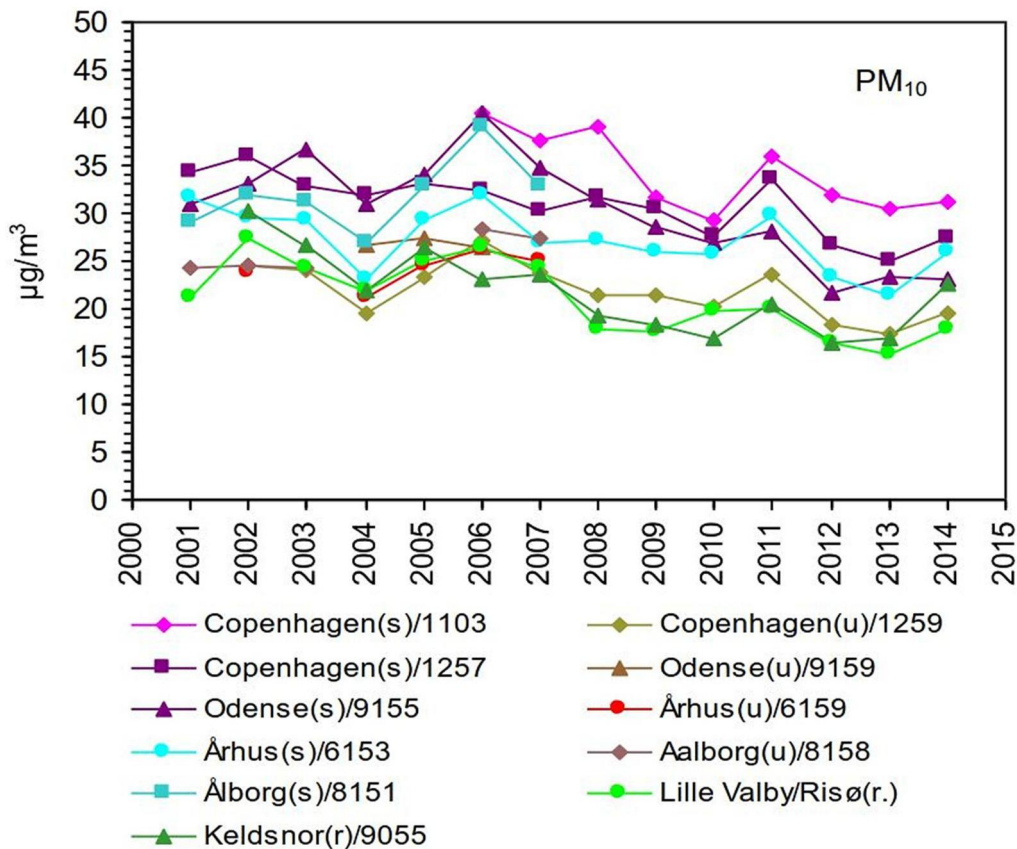
Typpidioksidin vuosiraja-arvo ylittyi vuonna 2014 Kööpenhaminassa H.C. Andersens Bulevardilla, jossa vuosipitoisuus oli $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kööpenhaminan Jagtvejillä vuosipitoisuus oli lähellä raja-arvoa eli $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kaupunkitausta-asemalla vuosipitoisuus oli $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 2000-luvulla raja-arvo on ylittynyt joka vuosi H.C. Andersens Bulevardilla ja Jagtvejilläkin useimpina vuosina (kuva 35). Tuntiraja-arvo ei vuonna 2014 ylittynyt millään mittausasemalla.



Kuva 35. Typpidioksidin vuosipitoisuudet Tanskan mittausasemilla vuosina 1983 – 2014 (Ellerman ym. 2015).

Typpidioksidin pitoisuudet ovat viime vuosina olleet laskusuunnassa, mutta lasku on ollut hitaampaa kuin typpimonoksidilla. Typenoksidien pitoisuudet ovat laskeneet ajoneuvojen tiukentuneiden päästönormien myötä. Typpidioksidin typpimonoksidia hitaampi lasku puolestaan on osaksi seurausta dieselajoneuvojen osuuden lisääntymisestä autokannassa.

Tanskassa hengitettävien hiukkasten pitoisuusmittaukset aloitettiin vasta vuonna 2001, H.C. Andersen Boulevardilla vuonna 2006. Sitä ennen mitattiin kokonaisleijumaa. Hengitettävien hiukkasten vuosipitoisuudet olivat Kööpenhaminassa vuonna 2014 välillä $19 - 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, eli alle vuosiraja-arvon. Myöskään vuorokausiraja-arvo ei ylittynyt, ylityspäiviä oli H.C. Andersens Boulevardilla 26 ja Jagtvejillä 23 kpl. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ovat olleet laskusuunnassa (kuva 36).



Kuva 36. Hengitettävien hiukkasten vuosipitoisuudet Tanskan mittausasemilla vuosina 2001 – 2014 (Ellerman ym. 2015).

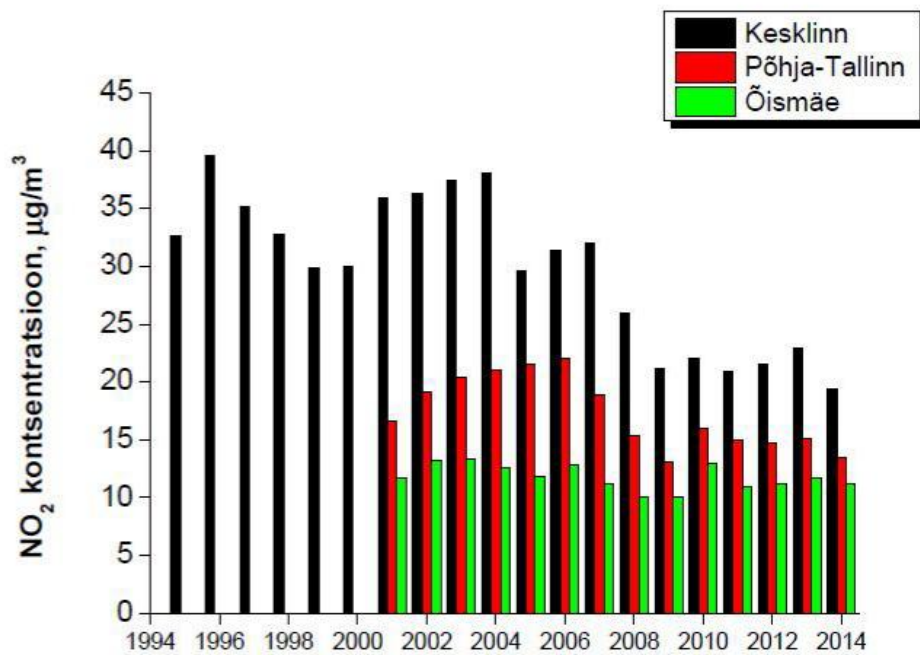
Pienhiukkasten pitoisuusmittaukset aloitettiin Kööpenhaminassa H.C. Andersen Bulevardilla vuonna 2007 ja muilla mittausasemilla vuonna 2008. Vuonna 2014 pienhiukkaspitoisuuksien vuosikeskiarvot olivat liikenneasemilla 18 ja 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja kaupunkitausta-asemalla 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Alueellinen taustapitoisuus oli 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pienhiukkasten pitoisuuksissa on havaittavissa lievästi laskeva trendi, joskin se on mittaussarjojen lyhyiden vuoksi epävarma. (Ellerman ym. 2015).

Tanska on vuonna 2011 laatinut ilmansuojelusuunnitelman typpidioksidin pitoisuuksien alentamiseksi Kööpenhaminassa, Aarhusissa ja Aalborgissa (Miljøstyrelsen 2011).

10.5 Tallinna

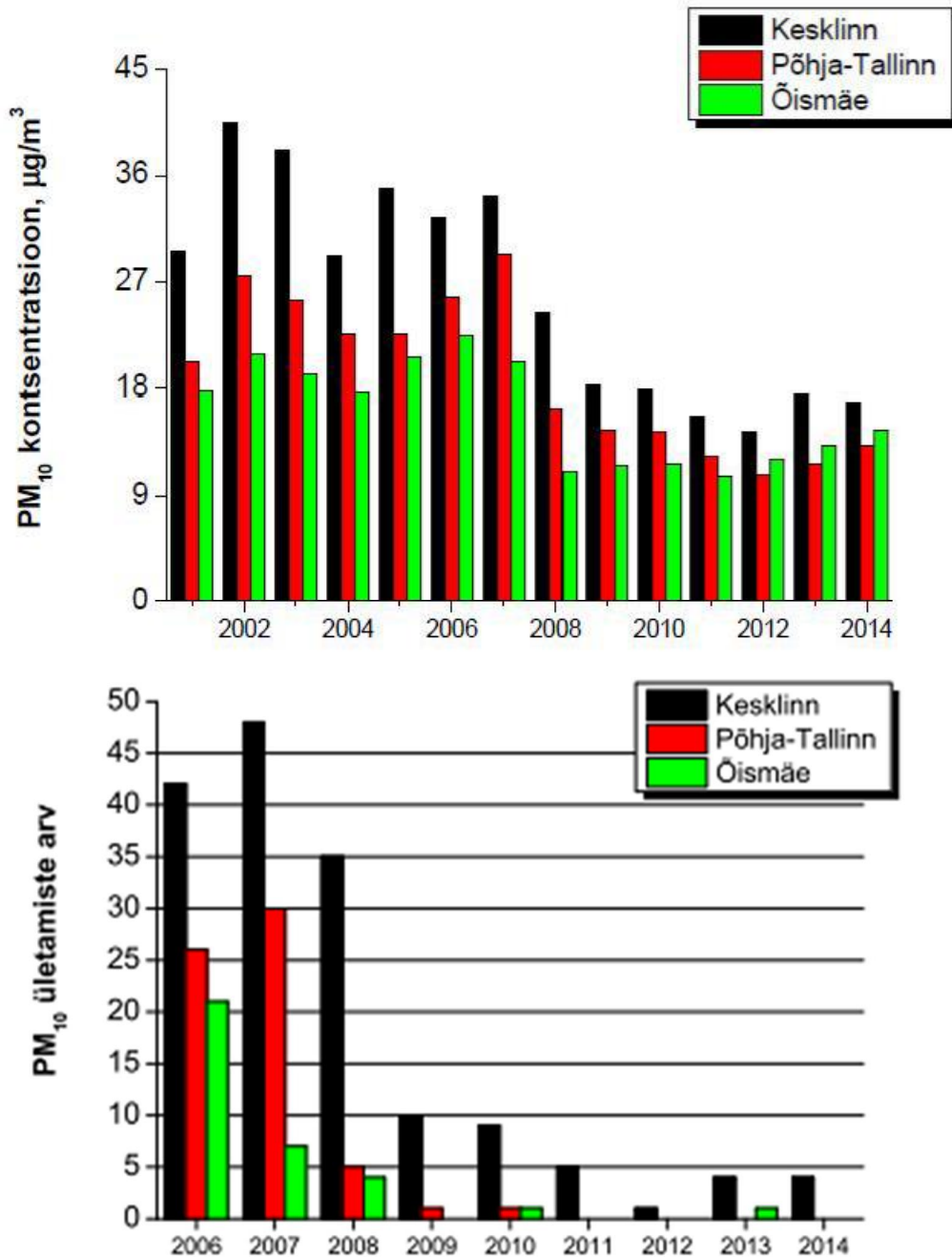
Tallinnassa seurattiin vuonna 2014 ilmanlaatua kolmella mittausasemalla, joista yksi edustaa liikennerympäristöä, yksi teollisuusympäristöä ja yksi kaupunkitaustaa. Liikennerympäristöä edustavan mittausaseman paikka vaihtui vuonna 2005. Tässä esitetyt tulokset perustuvat Viron ilmanlaadun vuoden 2014 raporttiin (Saare ym. 2015).

Typpidioksidin pitoisuudet eivät Tallinnassa ylittäneet raja-arvoja. Korkeimmat tuntipitoisuudet olivat eri mittausasemilla välillä 111 - 132 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pitoisuudet ovat vuoden 2006 jälkeen olleet lievästi laskusuunnassa parantuneen autotekniikan, ml. katalysaattorit, ansiosta (kuva 37).



Kuva 37. Typpidioksidipitoisuuksien vuosikeskiarvot Tallinnassa vuosina 1994 – 2014. Keskustan (Kesklinn) mittausaseman paikka vaihtui vuonna 2005 (Saare ym. 2015).

Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet pysyivät vuonna 2014 Tallinnassa raja-arvojen alapuolella. Pitoisuudet ovat olleet laskusuunnassa (kuva 38). Vuosina 2006 ja 2007 vuorokausiraja-arvo ylittyi Tallinnan keskustan mittausasemalla, mikä aiheutui alueella tehdyistä rakennustöistä. Vuonna 2014 raja-arvotason ylityspäiviä oli keskustassa neljä, muilla mittausasemilla ei yhtään. Hengitettävien hiukkasten korkeimmat vuorokausipitoisuudet vaihtelivat välillä 42 – 75 µg/m³ ja korkeimmat tuntipitoisuudet välillä 92 – 260 µg/m³.



Kuva 38. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien vuosikeskiarvot (vasemmalla) ja vuorokausiraja-arvotason ylitykset (oikealla) Tallinnassa vuosina 2002 – 2014. Keskustan (Kesklinn) mittausaseman paikka vaihtui vuonna 2005 (Saare ym. 2015).

Vuodesta 2006 alkaen kaupunkitaustaa edustavalla mittausasemalla on mitattu myös pienhiukkasten pitoisuuksia. Vuosikeskiarvo vuonna 2014 oli $8,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja korkeimmat tunti- ja vuorokausipitoisuudet 71 ja $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vastaavasti.

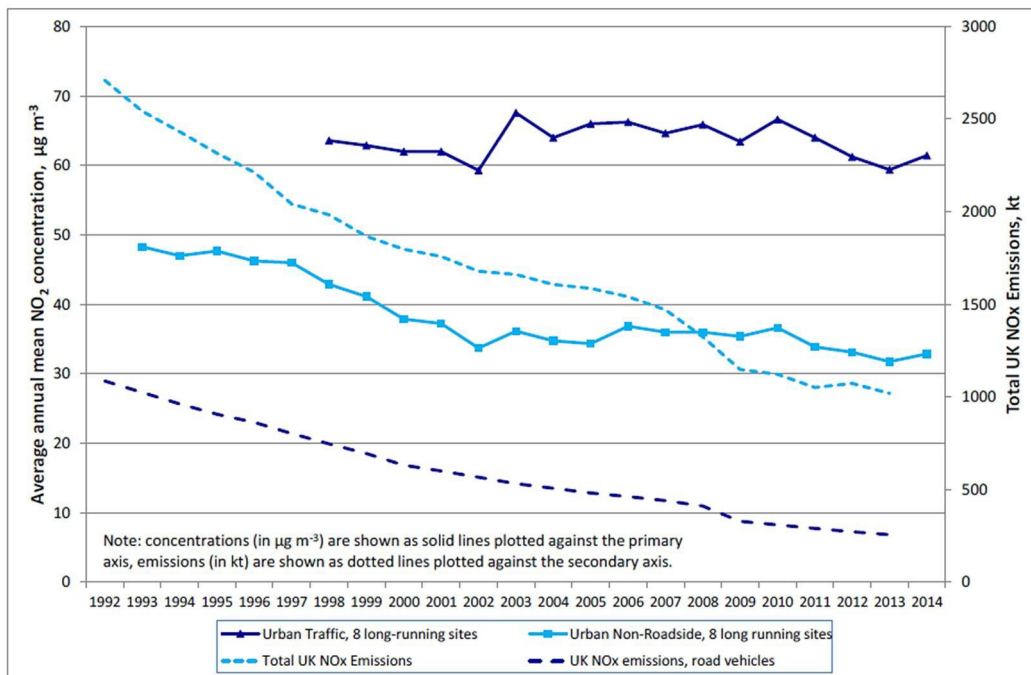
10.6 Lontoo ja Yhdistynyt kuningaskunta

Vuonna 2014 Yhdistyneissä kuningaskunnissa oli 268 kansallista ilmanlaadun mittausasemaa ja ne muodostivat useita ilmanlaadun seurantaverkkoja, joiden tavoitteet, laajuus ja maantieteellinen

kattavuus vaihtelevat. Automaattiseen kaupunkien ja maaseudun mittausverkkoon (Automatic Urban and Rural Network, AURN) kuului 138 mittausasemaa. Ilmanlaadun mittauksia täydennetään leviämismallien avulla. Kansalliseen ilmanlaadun mallitukseen kuuluu kaksi osaa: Tausta-alueiden ilmanlaatu mallitetaan 1x1 km:n ruutuihin ja tulokset edustavat pitoisuuksia tausta-alueilla. Kaupunkien suurten teiden ja väylien varsien pitoisuudet mallitetaan koko maan kattavasti noin 10 000 linkeille.

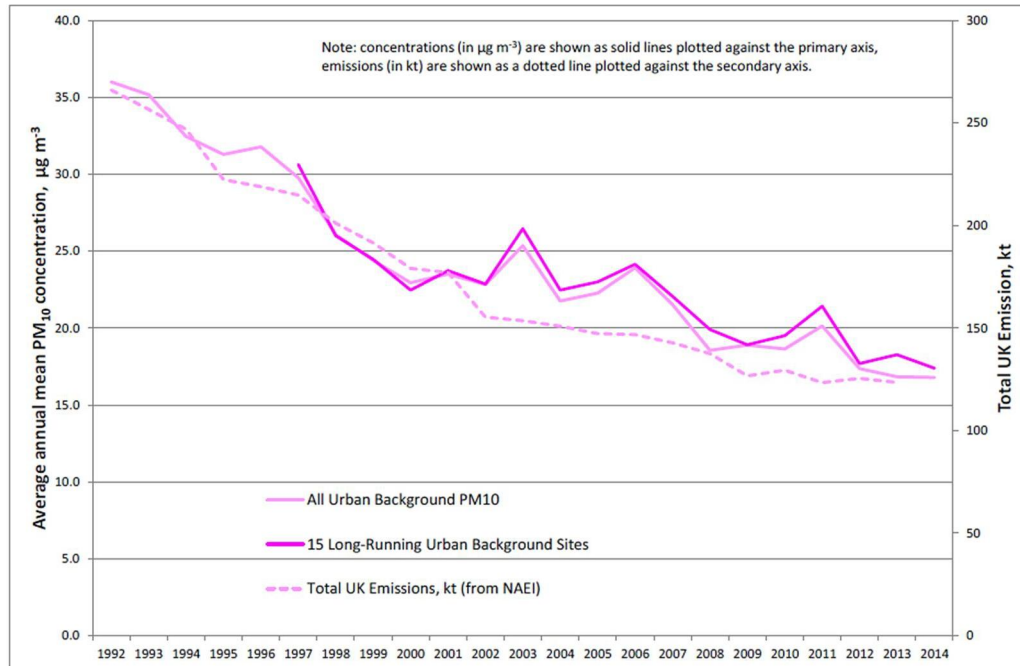
Ilmanlaadun arvioimiseksi Yhdistyneet kuningaskunnat on jaettu 43 seuranta-alueeseen. Vuonna 2014 typpidioksidin vuosiraja-arvo ylittyi 38 seuranta-alueella joko mittausten tai mallitusten perusteella. Tuntiraja-arvokin ylittyi kahdella seuranta-alueella, Suur-Lontoossa ja Etelä-Walesissa. Hengittävien hiukkasten pitoisuudet olivat vuosiraja-arvon alapuolella kaikilla seuranta-alueilla. Pitoisuudet jäivät myös vuorokausiraja-arvon alapuolelle, kun otettiin huomioon luonnollisista päästölähteistä tuleva pitoisuuslisä. Ilman sitä vuorokausiraja-arvo olisi ylittynyt Suur-Lontoon alueella (tulos saatu mallittamalla). EU-direktiivin mukaisesti vähennys on mahdollista tehdä, mutta EU-komissiolle on laadittava selvitys, joka osoittaa, että ylitys johtuu luonnollisista lähteistä peräisin olevista päästöistä. Pienhiukkasten pitoisuudet pysyivät kaikilla seuranta-alueilla raja-arvon alapuolella.

Kuvassa 39 on esitetty typpidioksidipitoisuuksien sekä typenoksidien kokonaispäästöjen ja erikseen liikenteen päästöjen kehitys Yhdistyneissä kuningaskunnissa. Keskimääräisten vuosipitoisuuksien laskentaan on valittu kahdeksan pitkään toiminutta mittausasemaa eri kaupunkien liikenneympäristöistä sekä kahdeksan eri kaupunkitaustaa edustavaa mittausasemaa. Kaupunkitaustasemien keskimääräisillä pitoisuuksilla havaitaan päästöjen laskua vastaava laskeva trendi noin vuoteen 2002 asti, jonka jälkeen lasku on tasaantunut ja pitoisuudet ovat laskeneet päästöjä hitaammin. Liikenneasemilla pitoisuuksissa ei ole havaittavissa merkittävää kehitystä vuosina 1998 – 2010, jonka jälkeen pitoisuudet ovat muutaman vuoden ajan hieman laskeneet.



Kuva 39. Typpidioksidipitoisuuksien ja typenoksidipäästöjen kehitys Yhdistyneissä kuningaskunnissa vuosina 1992 – 2014. (Lähde: DEFRA 2015a)

Kuvassa 40 on vastaavasti esitetty hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien ja päästöjen kehitys. Pitoisuuksien keskimääräinen kehitys on laskettu kaikkien kaupunkitausta-asemien mittaustuloksista sekä toisaalta 15 pitkään käytössä olleen mittausaseman tuloksista. Sekä päästöt että pitoisuudet ovat laskeneet huomattavasti viimeisten parinkymmenen vuoden aikana. Pienhiukkaspitoisuuksia on laajasti mitattu vasta vuodesta 2009 alkaen eikä niissä näy selkeää trendiä. (DEFRA 2015 a).



Kuva 40. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ja hiukkaspäästöt Yhdistyneissä kuningaskunnissa vuosina 1992 – 2014. (Lähde: DEFRA 2015 a).

Lontoon ilmanlaadun mittausverkossa (The London Air Quality Network LAQN) on hieman yli 100 typenoksidien mittausasemaa, joista osa kuuluu yllä mainittuun AURN:iin. Vuonna 2014 typpidioksidin vuosipitoisuudet vaihtelivat Lontoon mittausasemilla välillä 17 (kaupunkitausta) – 153 $\mu\text{g/m}^3$ (Brixton Road). 67 mittausasemalta saatiin riittävästi tuloksia raja-arvoihin vertaamiseksi. Vuosiraja-arvo ylittyi 39 mittausasemalla. Tuntiraja-arvo ylittyi 14 mittausasemalla. Kolmella mittausasemalla mitattiin yli 1000 tuntia 200 $\mu\text{g/m}^3$ ylittäviä tuntipitoisuuksia. Raja-arvo ylittyy, jos ylitystunteja on enemmän kuin 18 vuodessa (King's College 2016).

Vuonna 2014 hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia mitattiin noin 80 mittausasemalla. Vuosipitoisuudet vaihtelivat välillä 16 – 34 $\mu\text{g/m}^3$. 47 mittausasemalta saatiin riittävästi tuloksia raja-arvoihin vertaamiseksi. Vuosiraja-arvo ei ylittynyt millään näistä mittausasemista. Vuorokausiraja-arvo ylittyi yhdellä mittausasemalla, ja ylitysvuorokausia oli 55 (sallittu 35). (King's College 2016).

Pienhiukkaspitoisuuksia mitattiin 30 mittausasemalla. Näistä referenssimenetelmän kanssa ekvivalentti mittausmenetelmä oli käytössä 21 mittausasemalla ja niistä 16:lla mittaustuloksia saatiin riittävästi raja-arvoon vertaamiseksi. Vuosipitoisuudet vaihtelivat välillä 12 – 21 $\mu\text{g/m}^3$. Vuosiraja-arvo 25 $\mu\text{g/m}^3$ ei ylittynyt, mutta WHO:n vuosiohjearvo ylittyi kaikilla mittausasemilla. (King's College 2015).

Lontoon ilmanlaadun mittausverkossa (The London Air Quality Network LAQN) saadut raja-arvojen ylitystiedot poikkeavat DEFRA:n raporteissa julkaistuista AURN-verkon tuloksista. Tämä johtuu siitä, että vain osa LAQN:n asemista kuuluu AURN:iin. AURN-verkko raportoi virallisesti EU:lle

koko maan pitoisuuksista suhteessa raja- ja tavoitearvoihin. AURN-verkon asemien tulee täyttää EU-direktiivien vaatimukset. Sen sijaan LAQN liittyy paikallisen viranomaisen ilmanlaadun hallintaan. Paikalliset viranomaiset päättävät mittausasemien sijainnista ja mittauksen tavoitteet voivat olla erilaiset kuin AURN:ssa. Mittausasemille AURN:ssa asetetut sijoitus- tai muut vaatimukset eivät siksi välttämättä täyty. (Mittal 2016).

Font ja Fuller (2015) tutkivat typpidioksidin ja hiukkasten pitoisuuksien kehittymistä Lontoossa. Tutkimuksen kohteeksi valittiin 65 katujen varsilla sijaitsevaa mittausasemaa, joiden tuloksista analysoitiin paikallisen liikenteen päästöjen aiheuttaman pitoisuuslisän muutoksia vuosina 2005 – 2014. Vuosien 2005 ja 2009 välillä havaittiin liikenteen päästöjen aiheuttaman typenoksidien ja typpidioksidin pitoisuuslisän kasvaneen. Tämä havainto oli jyrkässä ristiriidassa odotetun, kiristyneitä päästönormeja vastaavan pitoisuuslaskun kanssa. Toisaalta se tuki havaintoja, joiden mukaan dieselajoneuvot eivät todellisissa ajo-olosuhteissa toimi normien edellyttämällä tavalla. Liikenteen aiheuttaman hengitettävien hiukkasten pitoisuuslisän havaittiin laskeneen jonkin verran.

Vuosina 2010 – 2014 liikenteen aiheuttama lisä typenoksidien, typpidioksidin ja pienhiukkasten pitoisuuksissa väheni. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuslisässä puolestaan ei havaittu merkittäviä muutoksia, mikä viittaa siihen, että karkeiden hiukkasten osuus oli lisääntynyt.

Lontoo on laatinut suunnitelman typpidioksidin pitoisuuksien laskemiseksi raja-arvon alapuolelle (DEFRA 2015 b). Lontoossa raja-arvon ylitysalue on arvioitu käyttäen hyväksi sekä mittauksia että mallinnusta. Mallituksen mukaan Lontoossa on 1079 km katuja ja 65 km² kaupunkitausta-aluetta, jossa typpidioksidina vuosiraja-arvo ylittyy (kuva 41).

Arvio typpidioksidin tuntiraja-arvon ylitymisestä perustuu pelkästään mittauksiin. Tuntiraja-arvo ylittyi vuonna 2013 kahdella Lontoon kansalliseen mittausverkkoon kuuluvalla mittausasemalla (Marylebone Road ja Camden Kerbside).

Lontoon ilmansuojelusuunnitelman toimenpiteet voidaan jakaa kolmelle hallinnolliselle tasolle: 1) Euroopan Unionin toimenpiteet, 2) kansalliset toimenpiteet ja 3) paikalliset toimenpiteet. Kansalliset toimenpiteet on esitetty koko Yhdistyneitä Kuningaskuntia koskevassa yhteenvedossa (DEFRA 2015 c).

Lontoo otti käyttöön ruuhkamaksun kaupungin keskustassa vuonna 2003 pääasiassa ruuhkien hillitsemiseksi, mutta sillä on lisäksi ollut suuri vaikutus liikenteen päästöihin. Ympäristövyöhyke otettiin käyttöön asteittain vuodesta 2008 alkaen ja se oli erityisesti suunnattu raskaiden dieselajoneuvojen päästöjen vähentämiseen. (DEFRA 2015 b).

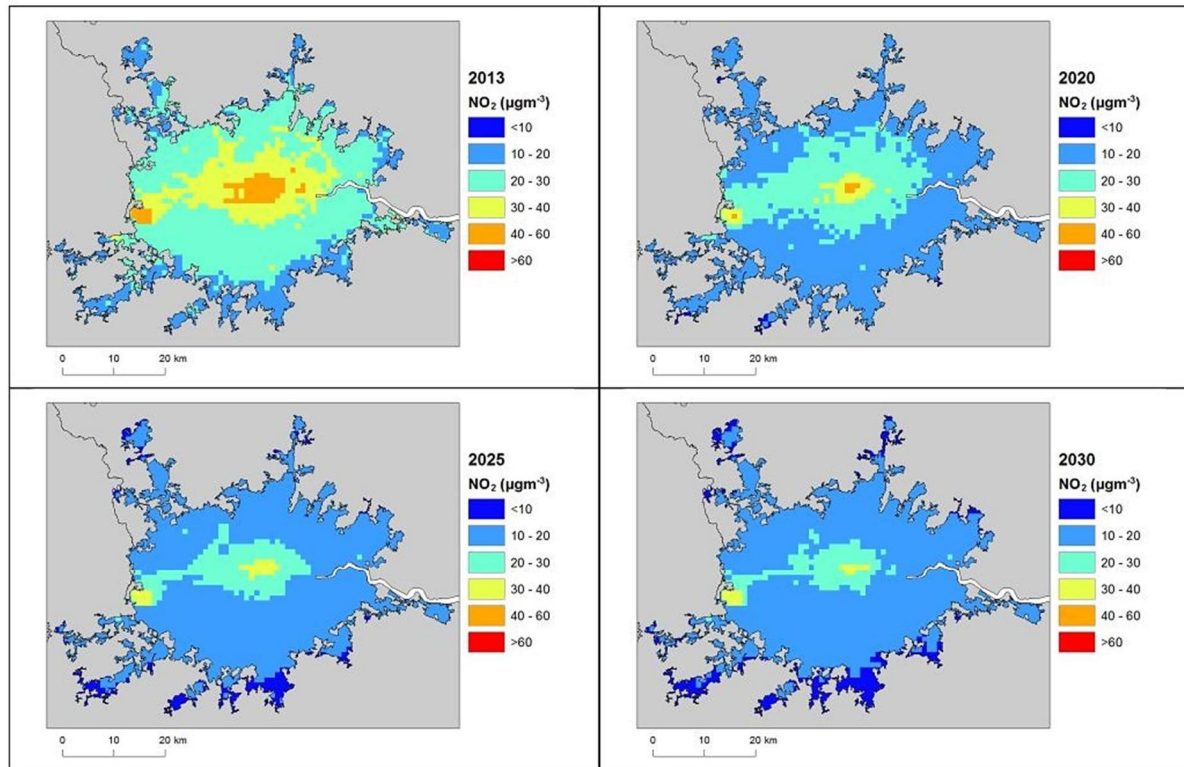
Vuonna 2010 Lontoo laati ilmanlaatustrategian ja vuonna 2015 vahvistettiin uusi toimenpidepaketti, johon sisältyy mm. entistä tiukempi ympäristövyöhyke (Ultra Low Emission Zone). Tavoitteena on saada typpidioksidin pitoisuudet raja-arvojen alapuolelle mahdollisimman nopeasti.

Vuodesta 2012 alkaen on toteutettu tai päätetty toteuttaa mm. seuraavia toimenpiteitä (DEFRA 2015 b):

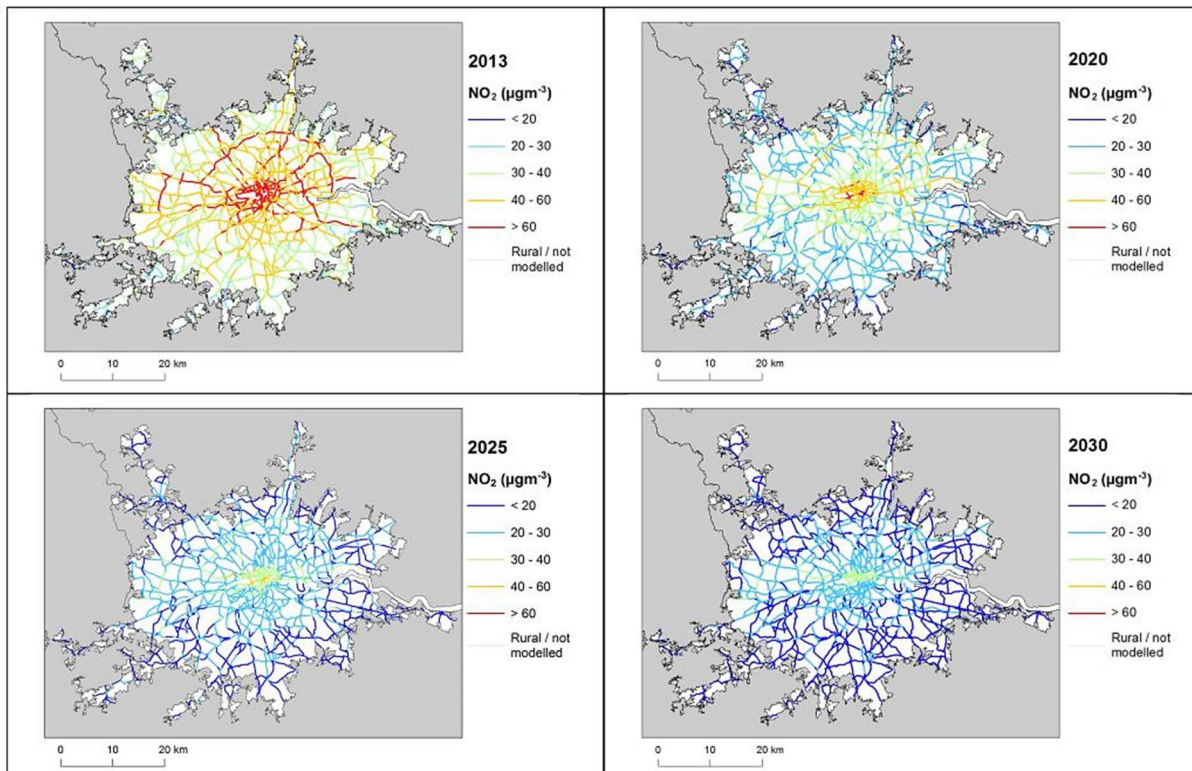
- Entistä tiukempi ympäristövyöhyke otetaan käyttöön vuonna 2020 (Ultra Low Emission Zone ULEZ). Se tulee edellyttämään, että ajoneuvot, jotka ajavat ruuhkamaksuvyöhykkeellä, vastaavat uusia päästönormeja ympäri vuorokauden ja koko viikon tai maksavat päivämaksun. ULEZ:iin liittyvien toimenpiteiden odotetaan lähes puolittavan liikenteen typenoksidien ja hiukkasten päästöt Lontoon keskustassa.
- Vähennetään julkisen liikenteen päästöjä.

- Edistetään kestäviä liikkumismuotoja, kuten pyöräilyä ja kävelyä.
- Edistetään puhtaampaa ajoneuvotekniikkaa.
- Vähennetään rakennus- ja purkutyömaiden päästöjä. Lontoon viranomaiset ovat vuonna 2014 julkaisseet ohjeet, joilla rakennustyömaiden päästöjä voidaan vähentää. Nämä sisältävät vaatimuksia työkoneiden päästöille ja ohjeita pölynsidonnan käytöstä. Syyskuussa 2015 tuli voimaan työkoneita koskeva ympäristövyöhyke.
- Kaavoituksen ja kaupunkisuunnittelun keinoin parannetaan ilmanlaatua.
- Vähennetään päästöjä rakennusten energiatehokkuutta parantamalla.

EU-tasoisten, alueellisten ja paikallisten toimenpiteiden vaikutuksia typpidioksidin pitoisuuksiin vuosina 2020, 2025 ja 2030 on arvioitu mallittamalla. Malliin on sisällytetty vain sellaiset toimenpiteet, joiden vaikutus on voitu määrällisesti arvioida. Tulokset on esitetty kuvassa 39 sekä kaupunkitausta-alueille että katujen varsille. Vertailuna on esitetty vuosi 2013. Tulosten perusteella typpidioksidin pitoisuuksia ei todennäköisesti saada raja-arvon alapuolelle ennen vuotta 2030. Korkein mallitettu typpidioksidin vuosipitoisuus vuonna 2020 olisi $71 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vuonna 2025 ja $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vuonna 2030 (DEFRA 2015 b).



© Crown copyright. All rights reserved Defra, License number 100022861 [2015]



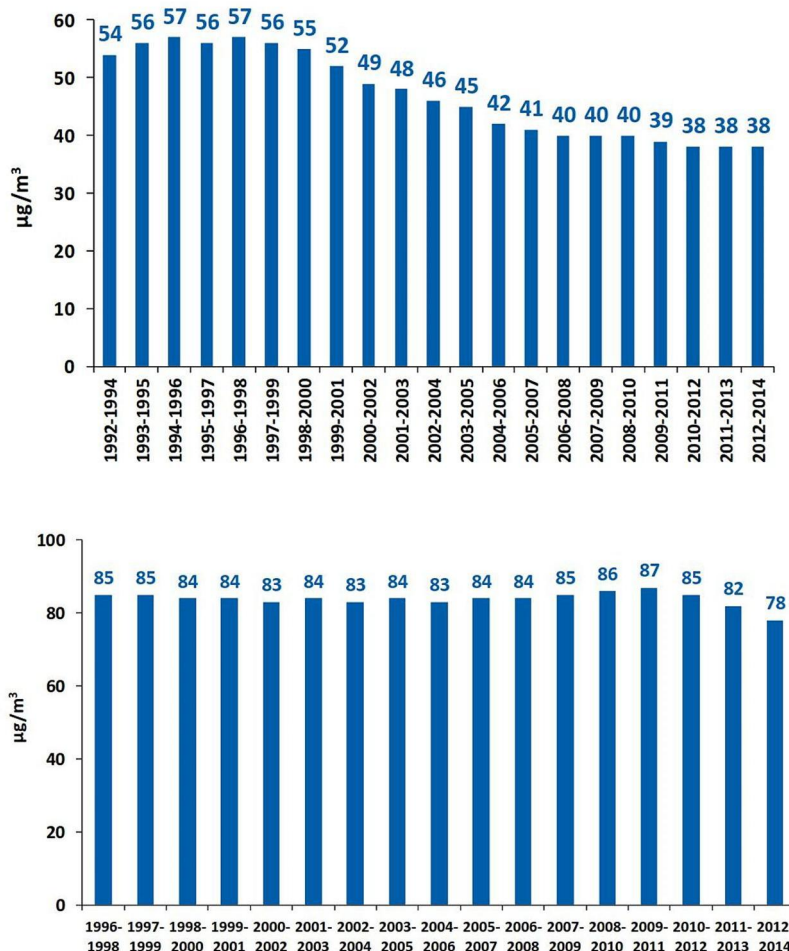
© Crown copyright. All rights reserved Defra, License number 100022861 [2015]

Kuva 41. Typpidioksidin mallinnetut vuosipitoisuudet Lontoon kaupunkitausta-alueilla ja katujen varsilla vuosina 2013, 2020, 2025 ja 2030 (Lähde DEFRA 2015 b).

10.7 Pariisin metropolialue

Pariisin metropolialue (Île de France) on yksi Ranskan 26 hallintoalueesta ja sen pääkaupunki on Pariisi. Alueen pinta-ala on noin 12 000 km² ja asukasluku noin 12 miljoonaa. Alueen ilmanlaadun seurannasta vastaa AIRPARIF – Air quality assessment network in the Paris region. Alla oleva teksti perustuu Pariisin metropolialueen vuotta 2014 koskevaan ilmanlaadun vuosiraporttiin (AIRPARIF 2015).

Vuonna 2014 Pariisin metropolialueella mitattiin typpidioksidin pitoisuuksia 58 mittausasemalla, joista 24 edusti liikenneympäristöjä, 32 kaupunki- tai esikaupunkitaustaa ja kaksi maaseututaustaa. Typpidioksidin vuosipitoisuudet vaihtelivat vuonna 2014 välillä 7 – 96 µg/m³. Vuosiraja-arvo ylittyi kahdella kaupunki- tai esikaupunkitaustaa edustavalla asemalla ja kaikilla liikenneasemilla. Vuosiraja-arvon ylitysalueen pinta-ala oli 140 km² ja lisäksi ylitysalueeseen kuului 1510 km pääteitä. Vuosiraja-arvon ylittävillä pitoisuuksilla altistui arvion mukaan 2,3 miljoonaa asukasta. Ylitysalueen laajuus on pienentynyt viime vuosina ja altistuvien asukkaiden määrä vähentynyt. Typpidioksidin pitoisuudet laskivat kaupunkitaustaa edustavilla mittausasemilla selvästi 2000-luvun alussa. Viime vuosina lasku on tasaantunut. Liikenneasemilla pitoisuudet ovat pysyneet lähes muuttumattomina, joskin lievää laskua on tapahtunut viime vuosina (kuva 42). (AIRPARIF 2015).



Kuva 42. Typpidioksidipitoisuuksien kehitys Pariisin metropolialueella vuosina 1992 – 2014. Pitoisuudet ovat yläkuvassa kolmen vuoden keskiarvoja kuudelta kaupunkitaustaa edustavalta mittausasemalta ja alakuvassa kolmen vuoden keskiarvoja viideltä liikenneasemalta (lähde: AIRPARIF 2015).

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia mitattiin vuonna 2014 Pariisin metropolialueella 24 mittausasemalla, joista kymmenen edusti liikenneympäristöjä, 11 kaupunki- tai esikaupunkitaustaa ja kolme maaseututaustaa. Vuosipitoisuudet vaihtelivat välillä 17 – 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Vuosiraja-arvo ylittyi yhdellä liikenneasemalla. Vuorokausiraja-arvotason 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittäviä päiviä oli asemasta riippuen 5 – 92. Raja-arvo katsotaan ylittyneeksi, jos ylityspäiviä on yli 35 vuodessa. Vuorokausiraja-arvo ylittyi neljällä mittausasemalla. Pariisin metropolialueella oli vuonna 2014 noin 700 km teitä, joiden varsilla vuorokausiraja-arvon arvioitiin ylittyvän. Lisäksi vuorokausiraja-arvo ylittyi 60 km^2 :n alalla. Ylitysalueen laajuus on vaihdellut melko paljon vuodesta toiseen ja oli vuonna 2014 selvästi pienempi kuin aiempina vuosina. Vuorokausiraja-arvon ylittävälle pitoisuuksille altistui vuonna 2014 arviolta 400 000 asukasta, mikä on selvästi vähemmän kuin aiempina vuosina. Hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ovat Pariisin metropolialueella laskusuunnassa. (AIRPARIF 2015).

Vuonna 2014 pienhiukkasten pitoisuuksia mitattiin 12 mittausasemalla, joista neljä edusti liikenneympäristöjä, viisi kaupunki- tai esikaupunkitaustaa ja kolme maaseututaustaa. Vuosipitoisuudet vaihtelivat välillä 8 – 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. EU:n vuosiraja-arvo (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ylittyi yhdellä mittausasemalla. WHO:n vuosiohjearvo 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, joka on myös Ranskan kansallinen tavoitearvo, ylittyi kymmenellä mittausasemalla. (AIRPARIF 2015).

Pariisin metropolialue on päivittänyt ilmansuojelusuunnitelmansa vuonna 2013 (Île de France 2013). Helmikuussa 2015 Pariisin pormestari esitteli suunnitelman ilmanlaadun parantamiseksi. Suunnitelmaan kuuluu mm. ympäristövyöhyke, joka kattaisi koko Pariisin kehätien sisäpuolella. Vanhimpien ajoneuvojen käyttö kiellettäisiin asteittain ympäristövyöhykkeellä. Tavoitteena on myös kieltää ensin vanhimpien ja vuoteen 2020 mennessä kaikkien dieselajoneuvojen käyttö. Suunnitelman mukaan Pariisi aikoo mm. tarjota ilmaisen pysäköinnin ja yöaikaan ilmaisen latauksen sähköautoille. Tavoitteena on lisäksi, että kaupungin oma kalusto olisi kokonaan sähkökäyttöistä tai hybridejä vuonna 2025. Pariisin julkisesta liikenteestä vastaava organisaatio RATP (Régie Autonome des Transports Parisiens) on äskettäin ilmoittanut korvaavansa vanhat bussit uusilla siten, että koko kalusto olisi EURO VI –tasoa vuoteen 2025 mennessä. Kaupunki aikoo myös edistää julkista liikennettä, kävelyä ja pyöräilyä (Soot free cities 2015).

11 Lähdeluettelo

Aarnio, P., Niemi, J., Koskentalo, T., Kousa, A., Myllynen, M. 2008. Ilmanlaatu ja siihen vaikuttavat tekijät pääkaupunkiseudulla. Ilmansuojelun toimintaohjelmien taustatiedot. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta YTV. YTV:n julkaisuja 11/2008.

Ahtoniemi P., Tainio M., Tuomisto J., ym. 2010. Health risks from nearby sources of fine particulate matter: Domestic wood combustion and road traffic (PILTTI). Report, National Institute for Health and Welfare (THL), 3/2010.

Airola, H., Myllynen, M. 2015. Ilmanlaatu maankäytön suunnittelussa. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, Opas 2/2015. ISBN 978-952-314-243-5. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-314-244-2>.

AIRPARIF – Air quality assessment network in the Paris region. 2015. Air quality in the Paris region 2014. Summary. <http://www.airparif.asso.fr/pdf/publications/bilan-2014-anglais.pdf>

Chafe, Z., Brauer, M., Heroux, M-E, Klimont, Z, Lanki, T., Salonen, R.O., Smith, K.R. 2015. Residential heating with wood and coal: health impacts and policy options in Europe and North America. <http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/residential-heating-with-wood-and-coal-health-impacts-and-policy-options-in-europe-and-north-america>

DEFRA, Department for Environment, Food and Rural Affairs. 2015 a. Air Pollution in the UK 2014. <http://uk-air.defra.gov.uk/library/annualreport/>

DEFRA, Department for Environment, Food and Rural Affairs. 2015 b. Air Quality Plan for the achievement of EU air quality limit value for nitrogen dioxide (NO₂) in Greater London Urban Area (UK0001). Saatavilla https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/486113/aq-plan-2015-greater-london-urban-area-uk0001.pdf

DEFRA, Department for Environment, Food and Rural Affairs. 2015 c. Improving air quality in the UK. Tackling nitrogen dioxide in our towns and cities. UK overview document. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/486636/aq-plan-2015-overview-document.pdf

EEA 2016. Explaining road transport emissions. A non-technical guide. European Environment Agency. Saatavilla <http://www.eea.europa.eu/publications/explaining-road-transport-emissions>

EEA (European Environment Agency) 2015. Air quality in Europe — 2015 report. EEA report No 5/2015. Copenhagen, Denmark.

EEA (European Environment Agency) 2014. Air quality in Europe — 2014 report. EEA report No 5/2014. Copenhagen, Denmark.

Ellerman, T., Nøjgaard, J., Nordstrøm, C., Brandt, J., Christensen, J., Ketzel, M., Massling, A., Jensen, S. 2015. The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2014. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 162. Saatavilla <http://dce2.au.dk/pub/SR162.pdf>

ESCAPE 2012: <http://www.escapeproject.eu/>

Espoon kaupunki 2008. Espoon kaupungin ilmansuojelun toimintaohjelma vuosille 2008–2016. Ympäristökeskuksen monistesarja 4/2008.

EU komissio 2015 a. Komission asetus (EU) 2015/1185 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2009/125/EY täytäntöön panemisesta kiinteää polttoainetta käyttävien paikallisten tilalämmittimien ekologista suunnittelua koskevien vaatimusta osalta.

EU komissio 2015 b. Komission asetus (EU) 2015/1189 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2009/125/EY täytäntöön panemisesta kiinteän polttoaineen kattiloiden ekologista suunnittelua koskevien vaatimusta osalta.

EU komissio 2015 c. Commission welcomes Member States' agreement on robust testin of air pollution emissions by cars. European Commission Press Releases 28.10.2015. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-5945_en.htm

Fortum Power and Heat Oy 2015. Sähköpostiviesti 15.12.2015. Ahonen. T.

Gustafsson, M., Eriksson, O. 2015. Emission of inhalable particles from studded tyre wear of road pavements. A comparative study. VTI Rapport 267A.

Hakkarainen, T., Koskinen, J. 2011. Helsinkiläisten ympäristöasenteet ja ympäristökäyttäytyminen vuonna 2011. Helsingin kaupungin tietokeskus, tutkimuksia 2011:3.

Helen Oy 2015. Sähköpostiviesti 13.11.2015. Häyrinen, A.

Helsingin kaupunki 2016. Helsingin kaupungin ilmansuojelusuunnitelma vuosille 2017 – 2024. Luonnos 29.9.2016. Helsingin kaupunki ympäristökeskus.

Helsingin kaupunki 2015 a. Helsingin tilastollinen vuosikirja 2015. Helsingin kaupunki, tietokeskus.

Helsingin kaupunki 2015 b. Helsingin yleiskaava. yleiskaava – Selostus, Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston yleiskaavaosaston selvityksiä 2015:7.

Helsingin kaupunki 2014 b. Kaupunkibulevardien ilmanlaatuselvitys. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston yleissuunnitteluosaston selvityksiä 2014:29.

Helsingin kaupunki 2008 a. Helsingin kaupungin ilmansuojelun toimintaohjelma 2008 – 2016. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 10/2008.

Helsingin kaupunki 2008 b. Helsingin kaupungin ilmansuojelun toimintaohjelma 2008 – 2016. Terveys- ja ympäristövaikutusten arviointi. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 12/2008.

Helsingin seudun maankäyttösuunnitelma MASU 2050. https://www.hsl.fi/sites/default/files/uploads/helsingin_seudun_maankayttosuunnitelma2050.pdf

Helsinki 2014. Kaupunkibulevardien ilmanlaatuselvitys. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston yleissuunnitteluosaston selvityksiä 2014:29.

HSL 2013. HLJ 2015. Liikkumistottumukset Helsingin seudulla 2012, HSL:n julkaisuja 27/2013.

HSL 2014. HLJ 2015:n vaikutusten arviointiselostus SOVA, HSL:n julkaisuja 17/2014.

HSL 2015 c. Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelma HLJ 2015. HSL Helsingin seudun liikenne 3/2015.

HSY 2016 a. Sukkulointi. <https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/seututieto/tyopaikat/Sivut/Sukkulointi.aspx>

HSY 2016 b. Pääkaupunkiseudun ilmastoraportti, avainindikaattorit 2014. HSY:n julkaisuja 1/2016.

HSY 2015. Sukkulointikatsaus 2015, HSY, seututieto, Vilja Tähtinen.

HSY ja ympäristöministeriö 2012. Selvitys bentso(a)pyreenin tavoitearvon ylitysalueista ja toimista tavoitearvon saavuttamiseksi. Saatavilla: https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/ilmansuojelu/ilmanlaadunparantaminen/Documents/Ilmansuojelun%20toimintaohjelma/selvitys_bentsoapyreenin_tavoitearvon_ylitysalueista_lr.pdf

HSY 2012. Opas puunpoltoon. Esite. Saatavilla https://www.hsy.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/Pienpolttoesite_A5_verkkoon.pdf

Hänninen, O., Korhonen, A., Lehtomäki, H., Asikainen, A., Rumrich, I. 2016. Ilmansaasteiden terveysvaikutukset. Ympäristöministeriön raportteja 16/2016. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/74861/YMra_16_2016.pdf?sequence=1

Hänninen, O., Leino, O., Kuusisto E., ym. 2010. Elinympäristön altisteiden terveysvaikutukset Suomessa. Ympäristö ja terveys 3:2010.

Ialongo, Iolanda 2016. Kirjallinen tiedonanto.

IARC, 2013. The carcinogenicity of outdoor air pollution, vol 14. December 2103. Saatavilla [http://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045\(13\)70487-X/fulltext#article_upsell](http://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045(13)70487-X/fulltext#article_upsell).

ICCT 2014. Real-word exhaust emissions from modern diesel cars. A meta-analysis of pems emissions data from EU (Euro 6) and US (tier 2 bin 5/ULEV II) diesel passenger cards. Part 1: aggregated results. http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_PEMS-study_diesel-cars_20141013.pdf

Île de France 2015. Plan de Protection de l'Atmosphère pour l'Ile-de-France. Revision approuvée le 25 mars 2013. http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Plan_de_Protection_de_l_Atmosphere_revise_pour_l_Ile-de-France_cle7fe9b8.pdf

Ilmatieteen laitos 2014. Satelliittihavainnoilla saadaan tietoa kaupunkien ja laivojen päästöistä Itämerellä. Tiedeuutiset 6.8.2014. <http://ilmatieteenlaitos.fi/tutkimustoiminta>

Janssen, N., Gerlofs-Nijland, M., Lanki, T., Salonen, R., Cassee, F., Hoek, G., Fisher, P., Brunekreef, B., Krzyzanowski, M. 2012. Health effects of black Carbon. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. Report for the Joint Task Force on Health Aspects of Air Pollution of the WHO/UNECE Convention of Long-range Transboundary Air Pollution.

Kaski, N., Vuorio, K., Niemi, J., Kousa, A. 2016. Tulisijojen käyttö ja päästöt pääkaupunkiseudulla vuonna 2014. HSY:n julkaisuja 2/2016.

Kaski, N., Aarnio, P., Loukkola, K., Portin, H. 2016. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2015. HSY:n julkaisuja 6/2016.

Kauniaisten kaupunki 2008. Kauniaisten ilmansuojelun toimintaohjelma 2008 – 2016.

King's College, Environmental Research Group. 2015. London Air Quality Network. Summary Report 2013. http://www.londonair.org.uk/london/reports/2013_LAQN_Summary_Report.pdf

Kollanus V., Lanki T., Taimisto P., Yli-Tuomi T., Kousa A., Aarnio P., Niemi J. 2015 Ilmansaasteiden ja katujen varsilla – pitoisuudet ja terveysriskit, HSY:n julkaisuja 2/2015. ISBN 978-952-6604-93-0.

Kristiansson, T. 2011. Vantaalaisten ympäristöasenteet ja -käyttäytyminen. Vantaan kaupunki, tietopalvelu ja ympäristökeskus. Julkaisu C8:2011.

Kupiainen, K., Stojiljkovic, A., Ritola, R., Niemi, J., Kousa, A. 2015. Liikenteen ei-pakokaasuperäisten hiukkasten päästöinventaario pääkaupunkiseudulle. HSY:n julkaisuja 5/2015.

Kupiainen, K., Pirjola, L., Ritola, R., Stojiljkovic, A., Malinen, A. 2013.a Talvirenkaiden pölypäästöt ja eri katupölylähteiden osuudet kadun varrella kerätyissä hiukkasnäytteissä. HSY:n julkaisuja 3/2013.

Kupiainen, K., Ritola, R., 2013b. Nastarengas ja hengitettävä pöly. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 6/2013.

Kupiainen, K., Viinanen, J., Väkevä, O., Stojiljkovic, A., Malinen, A. 2009. Katupölyn päästöt ja torjunta, KAPU-hankkeen loppuraportti. Helsingin ympäristökeskuksen julkaisuja 13/2009.

Kupiainen, K., Pirjola, L., Ritola, R., Väkevä, O., Viinanen, J., Stojiljkovic, A., Malinen, A. 2011. Street dust emissions in Finnish cities – summary of results from 2006 - 2010 (Katupölyn päästöt Suomen kaupungeissa – yhteenveto tuloksista vuosilta 2006 – 2010). Helsingin ympäristökeskuksen julkaisuja 5/2011.

Lanki, T. 2013. Katupölyn vaikutukset terveyteen. Epidemiologinen tutkimus pääkaupunkiseudulla. Nasta-tutkimusohjelman 2011 - 2013 tutkimusraportti ja Nasta-loppuraportin tiivistelmä, s. 29-30. saatavilla: <http://www.nasta.fi/tutkimusraportit>

Lanki, T. 2014. Uutta tietoa ilmansaasteiden pitkäaikaisvaikutuksista. Valtakunnalliset 35. ympäristöterveyspäivät 21.5.2014. Saatavilla: http://www.slideshare.net/THLfi/uutta-tietoa-ilmansaasteidenpitkaikaisvaikutuksista/timolanki?gid=325746f7-c528-4648-b9db-1fcc37cbf0f7&v=de-fault&b=&from_search=2

Lilleberg, I., Hellman, T. 2015. Liikenteen kehitys Helsingissä vuonna 2014. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston liikennesuunnitteluosaston selvityksiä 2015:3. Saatavilla: www.hel.fi > Liikenne ja kartat > Kadut ja liikennesuunnittelu> Tutkimus ja tilastot tai http://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/los_2015-3.pdf

Länstyrelsen i Stockholms län. 2012. Åtgärdsprogram för kvävedioxid och partiklar i Stockholms län. Rapport 2102:34.

Länstyrelsen i Stockholms län. 2004 a. Friskare luft Stockholms län. Åtgärdsprogram för att klara miljö kvalitetsnormen för kvävedioxid i Stockholms län. <http://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledningar/Miljokvalitetsnormer/Miljokvalitetsnormer-for-utomhusluft/Atgardsprogram-for-luft/>

Länstyrelsen i Stockholms län. 2004 b. Åtgärdsprogram avseende miljö kvalitetsnormerna för kvävedioxid och partiklar i Stockholms län. Regeringsbeslut 18, 9.12.2004. <http://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledningar/Miljokvalitetsnormer/Miljokvalitetsnormer-for-utomhusluft/Atgardsprogram-for-luft/>

Malkki, M., Loukkola, K. 2014. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2014. HSY:n julkaisuja 6/2015.

Miettinen, H. 2014. Espoolaisten ympäristöasenteet ja ympäristökäyttäytyminen. Espoon ympäristökeskuksen monistesarja 2/2014.FCG Oy

Miljøstyrelsen. 2011. Luftkvalitetsplan for kvævelstofdioxid (NO₂) i København/Fredriksberg, Aarhus och Aalborg. <https://circabc.europa.eu/sd/a/707918fc-03f6-4ea1-b5bd-099c01cc365a/Luftkvalitetsplan.pdf>

Mittal, L. 2016. Kirjallinen tiedonanto 9.3.2016.

Mäkelä, K., Auvinen, H., 2013. Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöt. LIISA 2012 laskentajärjestelmä. Tutkimusraportti VTT-R-06355-13.

Männikkö, J-P., Niemi, J., Ritola, R., Kupiainen, K., Pirjola, L., Väkevä, O., Virtanen, T. 2014. REDUST: Parhaat talvikunnossapidon käytännöt hengitettävän katupöly vähentämiseen. Saatavissa <http://www.redust.fi/redust-parhaat-kaytannot-raportti-julkaistu/>

Niemi, J.V., Saarikoski, S., Aurela, M., Tervahattu, H., Hillamo, R., Luoto, T., Aarnio, P., Koskentalo, T., Makkonen, U., Martikainen, J., Vehkamäki, H., Hussein, T., Kulmala, M., 2006. Pienhiukasten kaukokulkeumaepisodit Etelä-Suomessa jaksolla 1999–2005. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja PJS B2006:18. YTV, Helsinki.

Niemi, J.V., Saarikoski, S., Aurela, M., Tervahattu, H., Hillamo, R., Westphal, D.L., Aarnio, P., Koskentalo, T., Makkonen, U., Vehkamäki, H., Kulmala, M. 2009. Long-range transport episodes of fine particles in southern Finland during 1999-2007. Atmospheric Environment, 43: 1255 -1264.

Nurmela, S. 2012. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla 2012. TNS Gallup Oy.

Oslo kommune, 2015. Årsrapport 2014. Luftkvaliteten i Oslo. Oslo kommune Bymiljøetaten, rapport 15/02814-2. Saatavilla http://www.luftkvalitet.info/Libraries/Rapporter/Oslo_%C3%A5rsrapport_2014.sflb.ashx

Oslo kommune, Baerum commune, Statens vegvesen 2014. Tiltaksutredning for luftkvalitet i Oslo og Baerum 2015 – 2020. Saatavilla: http://www.luftkvalitet.info/Libraries/Rapporter/Tiltaksutredning_for_luftkvalitet_i_Oslo_og_B%C3%A6rum_-_korrigert_22062015.sflb.ashx

Rantanen, A. 2015. Kirjallinen tiedonanto 24.11.2015.

Rantsi, J., Blomqvist, P. 2014. Helsingin kantakaupungin autoliikenteen skenaariot, Helsingin ilmansuojelusuunnitelman aloitusseminaari 8.10.2014.

Saare, K., Kabral, N., Maasikmets, M., Teinemaa, E., 2015. Välisõhu kvaliteedi seire 2014. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ. Saatavissa: <http://airviro.klab.ee/uploads/ohk2014.pdf>

Salmi T., Määttä A., Anttila P., Ruoho-Airola T. & Amnell T. 2002. Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and Sen's slope estimates –the Excel-template application MAKESENS. Ilmanlaadun julkaisuja No. 31. Ilmatieteen laitos, Helsinki.

Salonen, R., Pasanen, K., Pulkkinen, A-M., Sokura, M., Pärjälä, E., Pukkala, E. 2015. Puun pienpolton savut. Uutta tietoa altistumisesta ja terveyshaitoista. Ympäristö ja Terveys-lehti 6. s. 4 – 11.

Savolahti, M., Karvosenoja, N., Kupiainen, K., Paunu, V.-V. 2015. Pienpolton päästövähennyskeinojen kustannustehokkuus ja vaikutukset väestöaltistukseen. Projektiraportti 2/2/2015. 17 s.

<http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BA2C08958-043C-466A-A9BE-DFF2FC7EA09E%7D/109745>

SLB-analys. 2015. Luften i Stockholm. Årsrapport 2014. SLB-rapport 2:2015. Saatavilla http://slb.nu/slb/rapporter/pdf8/slb2015_002.pdf

Länsstyrelsen i Stockholms län 2012. Åtgärdsprogram avseende miljö kvalitetsnormerna för kvävedioxid och partiklar i Stockholms län. Länsstyrelsen i Stockholms län, rapport 34/2012.

<http://www.lansstyrelsen.se/stockholm/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2012/rapport-2012-34.pdf>

Länsstyrelsen i Stockholms län 2004. Åtgärdsprogram avseende miljö kvalitetsnormerna för kvävedioxid och partiklar i Stockholms län. http://slb.nu/lvf/Atgarder/Atgardsprogram_Stockholm.pdf.

Sootfree cities 2015. European city ranking 2015. Best practices for clean air in urban transport. <http://sootfreecities.eu/>

Stockholms stad 2012. Stockholms miljöprogram 2012 – 2015. <http://www.stockholm.se/miljoprogrammet>

TEM. 2013. Kansallinen energia- ja ilmastostrategia. Valtioneuvoston selonteko eduskunnalle. VSN 2/2013. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Energia ja ilmasto. 8/2013.

THL 2015. Punpolitto. <https://www.thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ilmansaasteet/puunpolitto>

Tilastokeskus 2013. Suomen virallinen tilasto (SVT): Rakennukset ja kesämökit [verkkojulkaisu]. Saatavilla: <http://www.stat.fi/til/rakke/index.html>

Tilastokeskus 2012. Energiatilasto - Vuosikirja 2011.

Todorović J., Broden H., Padban N., Lange S., Gustavsson L., Johansson L., Paulrud S., Löfgren B. E. Syntes och analys av emissionsfaktorer för småskalig biobränsleförbränning. Slutrapport för avtal 503 0506 och 503 0507 på Naturvårdsverket. 2007, Nyköping, Borås, Stockholm http://www.sp.se/sv/units/energy/documents/syntes_final.pdf

Toiskallio, K., Kuukka-Ruotsalainen, V., Alppivuori, K. 2103. Kitkrenkaiden käytöllä parempaa ilmanlaatua – liikenneturvallisuudesta tinkimättä. Nasta-tutkimusohjelman 2011 – 2013 loppuraportti. Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisu 2013:4. Saatavilla: http://www.hel.fi/sta-tic/hkr/julkaisut/2013/Nasta-loppuraportti_2013_verkko.pdf

Trafi 2015. Tieliikenteen tilastot. Saatavissa <http://www.trafi.fi/tietopalvelut/tilastot/tieliikenne>

Tøi 2015. Utslipp fra nye kjøretøy – holder de hva de lover? Avgassmålinger Euro 6/VI – status 2015.

Valtioneuvosto 2011. Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta. Suomen säädöskokoelma 38/2011.

Valtioneuvosto 1996. Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjearvoista. Suomen säädöskokoelma 480/1996.

Valtioneuvosto 2007. Valtioneuvoston asetus ilmassa olevasta arseenista, kadmiumista, elohopeasta, nikkelistä ja polysyklisistä aromaattisista hiilivedyistä. Suomen säädöskokoelma 164/2007.

Vantaan Energia Oy 2015. Sähköpostiviesti 14.12.2015. Ikäheimo, L.

Vantaan Energia Oy 2016. Sähköpostiviesti 21.1.2016. Laine H.

Vantaan kaupunki 2008. Vantaan kaupungin ilmansuojelun toimintaohjelma 2008-2016. Ympäristökeskus C14, 2008.

Viinanen, J. 2005. Selvitys hiekoituksen aiheuttamasta raja-arvon ylittymisestä vuonna 2003. Helsingin kaupungin ympäristökeskus 4.1.2005. Saatavilla http://www.hel.fi/static/helsinki/paatosasia-kirjat/Kh2005/Esityslista14/liitteet/Selvitys_hiekoituksen_aiheuttamasta_raja-arvon_ylittymisestä_vuonna_2003.pdf?Action=sd&id=050900095

Viinanen, J., 2006. Selvitys hiekoituksen aiheuttamasta hiukkasraja-arvon ylittymisestä Helsingissä vuonna 2005. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen monisteita 4/2006.

Viinanen, J., Weckström, M. 2007. Selvitys hiekoituksen aiheuttamasta hiukkasraja-arvon ylittymisestä vuonna 2006. Helsingin kaupungin ympäristökeskus.

VTI (Väg- och transportforskningsinstitutet) 2004. Åtgärdsprogram för att Klara miljö kvalitetsnormen för partiklar i Stockholms län. VTI Särtryck 358/2004. <http://www.vti.se/sv/publikationer/pdf/atgardsprogram-for-att-klara-miljokvalitetsnormen-for-partiklar-i-stockholms-lan.pdf>

VTT 2015 a. Tutkimusraportti VTT-R-01720-15. Vuoden 2014 TransSmart ajoneuvotutkimus Trafille http://www.transsmart.fi/files/230/Vuoden_2014_TransSmart_ajoneuvotutkimus_Trafille_Tutkimusraportti_VTT-R-01720-15.pdf.

VTT 2015 b. VTT LIPASTO. Liikenteen päästöt. <http://lipasto.vtt.fi/>

WHO 2006. Air Quality Guidelines: Global update 2005. ISBN 92-890-2192-6. WHO 2013 a. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project. Technical Report. Saatavilla: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf

WHO 2013 b. Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. Recommendations for concentration-response functions for cost-benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. World Health Organization 2013. http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/238956/Health-risks-of-air-pollution-in-Europe-HRAPIE-project,-Recommendations-for-concentration-response-functions-for-costbenefit-analysis-of-particulate-matter,-ozone-and-nitrogen-dioxide.pdf?ua=1.

WHO 2013 c. Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. New emerging risks to health from air pollution – results from the survey of experts. World Health Organization 2013 http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0013/301720/Evidence-future-update-AQGs-mtg-report-Bonn-sept-oct-15.pdf.

WHO 2016. WHO Expert Consultation: Available evidence for the future update of the WHO Global Air Quality Guidelines (AQGs). Meeting report 29 September-1 October 2015. http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0013/301720/Evidence-future-update-AQGs-mtg-report-Bonn-sept-oct-15.pdf

WHO 2015. Economic cost of the health impact of air pollution in Europe: Clean air, health and wealth. World Health Organization 2015.

YTV 2008. YTV:n ilmansuojelun toimintaohjelma 2008–2016. YTV:n julkaisu 10/2008. YTV, Helsinki.

Öljyalan Palvelukeskus 2015. Kirjallinen tiedonanto 27.3.2015.

12 Liitteet

LIITE 1. Ilmanlaadun raja-, kynnys-, tavoite- ja ohjearvot

Ympäristönsuojelulain mukaan kunnan on mahdollisuuksiensa mukaan turvattava hyvä ilmanlaatu alueellaan. Ilmanlaadun turvaamiseksi on määritelty raja-, tavoite-, kynnys- ja ohjearvot sekä kriittiset tasot.

EU on antanut ilmanlaadun raja-arvot alueille, joilla ihmiset altistuvat ilman epäpuhtauksille. Raja-arvot on pantu täytäntöön ilmanlaatua koskevalla valtioneuvoston asetuksella (38/2011). Asetus määrittelee ilman epäpuhtauksille rajat, joiden alapuolelle pitää päästä määrääjassa, ja joita ei saa sen jälkeen ylittää. Suunnittelussa tulee huolehtia, ettei kyseisiä raja-arvoja ylitetä. Raja-arvot eivät ole voimassa ajoväylillä tai esimerkiksi teollisuusalueilla.

Kynnysarvot määrittelevät tason, jonka ylittyessä on tiedotettava tai varoitettava ilmansaasteiden pitoisuuksien kohoamisesta.

Tavoitearvoilla tarkoitetaan pitoisuutta tai kuormitusta, joka on mahdollisuuksien mukaan alitettava annetussa määrääjassa. Pitkän ajan tavoite ilmaisee tason, jonka alapuolelle pyritään pitkän ajan kuluessa.

Kriittisellä tasolla tarkoitetaan sellaista ilmansaasteen pitoisuutta, jota suuremmat pitoisuudet voivat aiheuttaa suoria haitallisia vaikutuksia kasvillisuudessa ja ekosysteemeissä.

Ohjearvot kuvaavat kansallisia ilmanlaadun tavoitteita ja ilmansuojelutyön päämääriä, ja ne on tarkoitettu ensi sijassa ohjeeksi suunnittelijoille. Ohjearvoja sovelletaan mm. alueiden käytön, kaavoituksen, rakentamisen ja liikenteen suunnittelussa sekä ympäristölupien käsittelyssä. Ohjearvot eivät ole luonteeltaan yhtä sitovia kuin raja-arvot, vaan ne ohjaavat suunnittelua, ja niiden ylittyminen pyritään estämään. Epäpuhtauksien tunti- ja vuorokausipitoisuuksien ohjearvot on annettu terveydellisin perustein.

WHO:n ohjearvoja (WHO 2006) voidaan käyttää osana terveysvaikutusten arviointia erityisesti pienhiukkasten osalta. WHO on antanut terveysperusteiset ohjearvot myös muille ilman epäpuhtauksille, ja ne vastaavat pääosin EU:n raja-arvoja pienhiukkasia ja hengitettävien hiukkasten vuosiohjearvoa lukuun ottamatta.

Taulukko 1. Ilmanlaadun normit ja niiden ylittyminen pääkaupunkiseudulla vuosina 2006–2015.

NO ₂	µg/m ³		Asettaja	Ylityksiä	Alueet
Vuosiraja-arvo	40	vuosikesiarvo	VN asetus 38/2011	Kyllä	Katukuiluissa
Tuntiraja-arvo	200	saa ylittyä 18 tuntia vuodessa	"-	Ei	-
Vuorokausiohjearvo	70	saa ylittyä kerran kuukaudessa	VN asetus 480/1996	Kyllä	Liikenneympäristöissä
Tuntiohjearvo	150	saa ylittyä 1 % kuukauden tunneista	"-	Kyllä	Liikenneympäristöissä
Varoituskynnys	400	3 peräkkäistä tuntia	VN asetus 38/2011	Ei	-
Kriittinen taso NO _x (kasvillisuus)	30	vuosikesiarvo	"-	Ei	-
PM ₁₀	µg/m ³				
Vuosiraja-arvo	40	vuosikesiarvo	VN asetus 38/2011	Ei	-
Vuosiohjearvo	20	vuosikesiarvo	WHO 2006	Kyllä	Liikenneympäristöissä
Vuorokausiraja-arvo	50	saa ylittyä 35 kertaa vuodessa	VN asetus 38/2011	Ei	Ei v. 2006 jälkeen
Vuorokausiohjearvo	70	saa ylittyä kerran kuukaudessa	VN asetus 480/1996	Kyllä	Liikenneympäristöissä
PM _{2,5}	µg/m ³				
Vuosiraja-arvo	25	vuosikesiarvo	VN asetus 38/2011	Ei	-
Vuosiohjearvo	10	vuosikesiarvo	WHO 2006	Kyllä	Liikenneympäristöissä, pientaloalueilla
Vuorokausiohjearvo	25	vuorokausipitoisuus	"-	Kyllä	Liikenneympäristöissä, pientaloalueilla
SO ₂	µg/m ³				
Vuorokausiraja-arvo	125	saa ylittyä 3 vrk vuodessa	VN asetus 38/2011	Ei	-
Tuntiraja-arvo	350	saa ylittyä 24 tuntia vuodessa	"-	Ei	-
Vuorokausiohjearvo	80	saa ylittyä kerran kuukaudessa	VN asetus 480/1996	Ei	-
Tuntiohjearvo	250	saa ylittyä 1 % kuukauden tunneista	"-	Ei	-
Varoituskynnys	500	3 peräkkäistä tuntia	VN asetus 38/2011	Ei	-
Kriittinen taso (kasvillisuus)	20	vuosikesiarvo ja talvikesiarvo	"-	Ei	-
O ₃	µg/m ³				
Tiedotuskynnys	180	tuntikesiarvo	VN asetus 38/2011	Ei	-
Varoituskynnys	240	tuntikesiarvo	"-	Ei	-
Tavoitearvo	120	8 tunnin liukuva keskiarvo saa ylittyä 25 kertaa vuodessa kolmen vuoden keskiarvona	"-	Ei	-
Pitkän ajan tavoite	120	8 tunnin liukuva keskiarvo, ei ylityksiä	"-	Kyllä	erityisesti taajamien ulkopuolella
Tavoitearvo (kasvillisuus) eli AOT40-indeksi	18000 µg/m ³ h	kesä*, viiden vuoden keskiarvo	"-	Ei	-
Pitkän ajan tavoite (kasvillisuus) eli AOT40-indeksi	6000 µg/m ³ h	kesä*, ei ylityksiä	"-	Kyllä	erityisesti taajamien ulkopuolella
Bentseeni	µg/m ³				
Vuosiraja-arvo	5	vuosikesiarvo	VN asetus 38/2011	Ei	-
CO	mg/m ³				
8 tunnin raja-arvo	10	8 tunnin liukuva keskiarvo	VN asetus 38/2011	Ei	-
8 tunnin ohjearvo	8	8 tunnin liukuva keskiarvo	VN asetus 480/1996	Ei	-
Tuntiohjearvo	20	tuntikesiarvo	"-	Ei	-
Bentso(a)pyreeni	ng/m ³				
Tavoitearvo	1	vuosikesiarvo	VN asetus 164/2007	Kyllä	Pientaloalueilla
Raskasmetallit	ng/m ³				
Lyly, vuosiraja-arvo	500	vuosikesiarvo	VN asetus 38/2011	Ei	-
Arseeni, tavoitearvo	6	vuosikesiarvo	VN asetus 164/2007	Ei	-
Kadmium, tavoitearvo	5	vuosikesiarvo	"-	Ei	-
Nikkeli, tavoitearvo	20	vuosikesiarvo	"-	Ei	-

* 80 µg/m³ ylittävien tuntipitoisuuksien (joista ensin on vähennetty 80 µg/m³) summa jaksolla 1.5. - 31.7. klo 10 - 22

LIITE 2. Ilmanlaadun mittaustuloksia

Taulukko 1. Typpidioksidin vuosipitoisuudet ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Helsingin keskustassa tehdyissä jatkuvatoimissa mittauksissa ja passiivikeräinkartoituksissa vuosina 2006 – 2015.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Mittausasemat										
Mannerheimintie	42	42	41	41	41	39	37	37	36	32
Vallila	28	26	23	23	26	24	23	24	22	
Kallio	24	22	19	20	23	20	20	20	20	18
Hämeentie 7 B				43					45	
Mannerheimintie 57, Töölöntulli	54				53					42
Unioninkatu		36								
Mäkelänkatu 52/54						50				
Mäkelänkatu 50										43
Passiivikeräinkartoitukset										
Hämeentie 7B				43	49	45	44	45	40	39
Hämeentie 14	48		44	43	49					
Hämeentie 52									46	
Hämeentie 27									39	
Runeberginkatu 49B			36	38	41	36	36	34	34	31
Nordenskiöldin aukio			27	31	34	29	28	28	27	25
Mannerheimintie 57, Töölöntulli			47	52	54	49	49	49	46	45
Mannerheimintie 47 A					44					
Mannerheimintie 132						41				
Mäkelänkatu 52/54							45	43	42	42
Mäkelänkatu 45					41					
Mäkelänkatu 50					48					
Sturenkatu 38						37				36
Kaisaniemenkatu 16					42					37
Vilhonkatu 5B						48				40
Uudenmaankatu 42		36				38				36
Lönnrotinkatu 9				33						
Malmirinne 1						36				
Kehä I, Itä-Pakila									36	38
Vallila										22
Elie Saarisen tien tunneli						48	48	51	51	49

Passiivikeräinkartoitukset	2015
Mäkelänkatu 86	48
Mäkelänkatu 45	30
Mäkelänkatu 46	28
Mäkelänkatu 41-39	33
Mäkelänkatu 40	35
Mäkelänkatu, Hollolan puisto	30
Mäkelänkatu 14	33
Sörnäisten rantatie 33	48
Teollisuuskatu 21	26
Sturenkatu 4, Kulttuuritalo	30
Helsinginkatu 50 A	33
Kaivokatu, Rautatieasema	34
Rautatienatori	47
Erottaja	32
Pohjois-Esplanadi 2	49
Eteläinen Rautatiekatu 4	34
Lapinrinne 4	32

Passiivikeräinkartoitukset	2015
Malmirinne 2	32
Caloniuksenkatu 7	27
Mechelininkatu 13 A	30
Mechelininkatu 10	38
Mechelininkatu, Marian sairaala	39
Mechelininkatu, Itämerenkatu	27
Mannerheimintie 103	34
Mannerheimintie 170	36
Mannerheimintie 97	25
Huopalahdentie 12	38
Mannerheimintie 108	29
Mannerheimintie 76	38
Mannerheimintie 27	30
Topeliuksenkatu, Kirjailijapuisto	29
Topeliuksenkatu 10	28
Mechelininkatu 39	32

Taulukko 3. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien vuosikeskiarvot ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pääkaupunkiseudun mittausasemilla vuosina 2006 – 2015.

Helsinki	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Mannerheimintie	30	29	28	27	25	24	21	24	26	20
Vallila	20	19	18	17	17	17	14	17	16	
Kallio	17	17	14	15	15	15	13	13	15	12
Vartiokylä				12	12	11	10	11*		
Hämeentie				24					23	
Töölöntulli	38				27					23
Unioninkatu		23								
Mäkelänkatu						24				25
Kehä I Malmi							25			
Espoo ja Kauniainen	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Leppävaara3	20	20	19	15						
Leppävaara4					15	20	17	20	21	20
Pohjois-Tapiola	21									
Espoon keskus		19								
Kauniainen			20							
Niittymaa					20					
Kehä II									15	
Vantaa	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Tikkurila	21	19	17	14	16	15	12	14	16	12
Kivistö	17									
Lentoasema		19								
Itä-Hakkila			14							
Koivuhaka				17						
Myyrmäki					17					
Kehä III Varisto								23		
Hämeenlinnanväylä										14

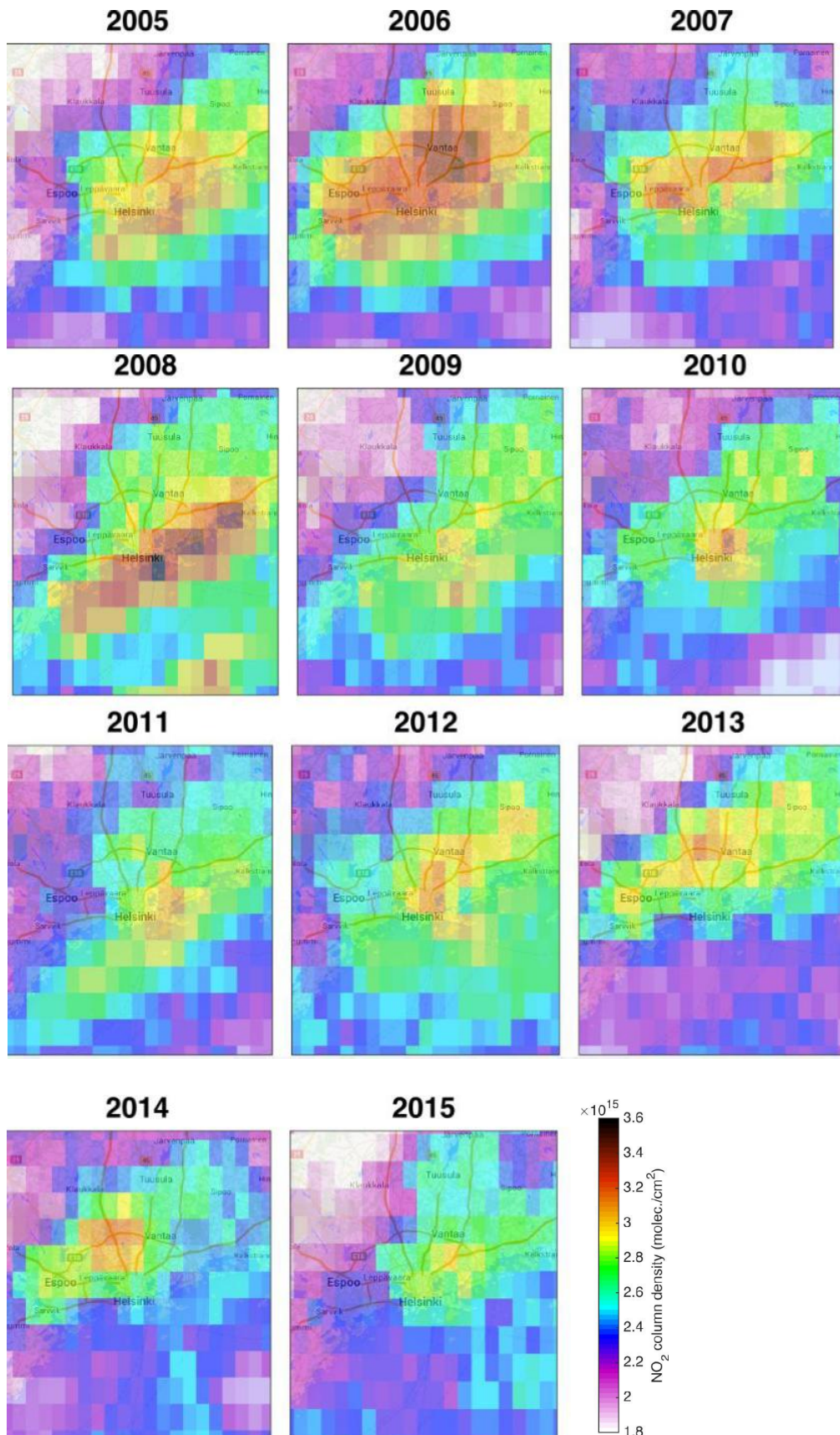
* tuloksia alle 90 %

Taulukko 4. Niiden kuukausien lukumäärät, jolloin hengitettävien hiukkasten vuorokausiohjearvo on ylittynyt pääkaupunkiseudun mittausasemilla vuosina 2006 – 2015.

Helsinki	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Mannerheimintie	2	4	3	1	1	0	0	0	1	0
Vallila	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
Kallio	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Vartiokylä				0	0	0	0	0*		
Hämeentie				2					0	
Töölöntulli	6				4					2
Unioninkatu		1								
Mäkelänkatu						2				1
Kehä I Malmi							3			
Espoo ja Kauniainen	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Leppävaara3	2	1	2	1						
Leppävaara4					1	1	1	2	1	1
Pohjois-Tapiola	2									
Espoon keskus		1								
Kauniainen			2							
Niittymaa					1					
Kehä II									1	
Vantaa	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Tikkurila	2	1	1	0	1	1	0		1	1
Kivistö	1									
Lentoasema		1								
Itä-Hakkila			1							
Koivuhaka				1						
Myyrmäki					1					
Kehä III Varisto								2		
Hämeenlinnanväylä										1

* tuloksia alle 90 %

LIITE 3. OMI-satelliittimittauksiin perustuvat typpidioksidin pitoisuudet pääkaupunkiseudun yläpuolella vuosina 2005 - 2015





Erilaisten toimenpiteiden vaikutus typpidioksidin pitoisuuksiin katukuiluissa

Helsingin ilmansuojelusuunnitelma 2017 - 2024.
21.9.2016

Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä

Opastinsilta 6 A
00520 Helsinki
puhelin 09 156 11
faksi 09 1561 2011
www.hsy.fi

Lisätietoja:

Anu Kousa, puhelin 09 1561 2398
anu.kousa@hsy.fi

Pvm:

21.9.2016

Sisällys

1 Johdanto.....	4
2 Mallitettut kohteet ja ilmansuojelusuunnitelman toimenpiteet	5
2.1 Leviämislaskelmiin valitut katukuilut.....	5
2.2 Liikennemäärä- ja ajoneuvokantaoletukset	5
2.3 Mallitettavat ilmansuojelusuunnitelman toimenpiteet.....	5
3 NO _x -päästöt ja NO ₂ -pitoisuudet.....	7
3.1 Mallitettut NO _x -päästöt ja NO ₂ -pitoisuudet	7
Töölöntulli	7
Mäkelänkatu	9
Hämeentie	10
3.2 Typpidioksidin mallitettut päästö- ja pitoisuusvähenemät	11
Ajoneuvotekniikan kehitys	11
HSL:n kalustoon kohdistuvien toimenpiteiden vaikutukset	12
Liikenteen hinnoittelun, ympäristövyöhykkeen ja pysäköintipolitiikan vaikutukset	14
Hämeentien joukkoliikennekatu	17
4 Johtopäätökset ja yhteenveto.....	18
Liite 1 Aineisto ja menetelmät.....	19
Katukuilun rakenne	19
Ajoneuvomäärä.....	19
Euroluokkaosuudet	20
Bensiini- ja dieselhenkilöautojen suoriteosuus	21
HSL:n ja muiden bussien osuus	21
Suoran NO ₂ :n osuus	21
Liikenteen keskimääräinen vuorokausinopeus.....	22
Biopolttoaineen käyttö.....	22
Päästökertoimet	22
Taustapitoisuudet ja sää	22
Liikenteen aikajakaumat.....	23

1 Johdanto

Typpidioksidin pitoisuudet eivät ole alentuneet raja-arvojen alapuolelle Helsingin vilkkaimmin liikennöidyissä katukuiluissa vielä vuonna 2015. Alun perin raja-arvo piti saavuttaa vuoteen 2010 mennessä, mutta EU:n komissio hyväksyi Suomen hakemuksen ja myönsi jatkoaikaa vuoteen 2015 saakka. Raja-arvo kuitenkin ylittyi edelleen Helsingin keskustan vilkkaimmissa katukuiluissa vuonna 2015. Pitoisuuksien alentaminen raja-arvon alapuolelle vaikuttaa edelleenkin haasteelliselta. Tämän vuoksi HSY on arvioinut katukuilujen typpidioksidin pitoisuuskehitystä ja Helsingin ilmansuojelusuunnitelmassa 2017 – 2024 esitettyjen toimenpiteiden vaikutuksia pitoisuuksiin yhteistyössä Helsingin ympäristökeskuksen ja kaupunkisuunnitteluviraston kanssa.

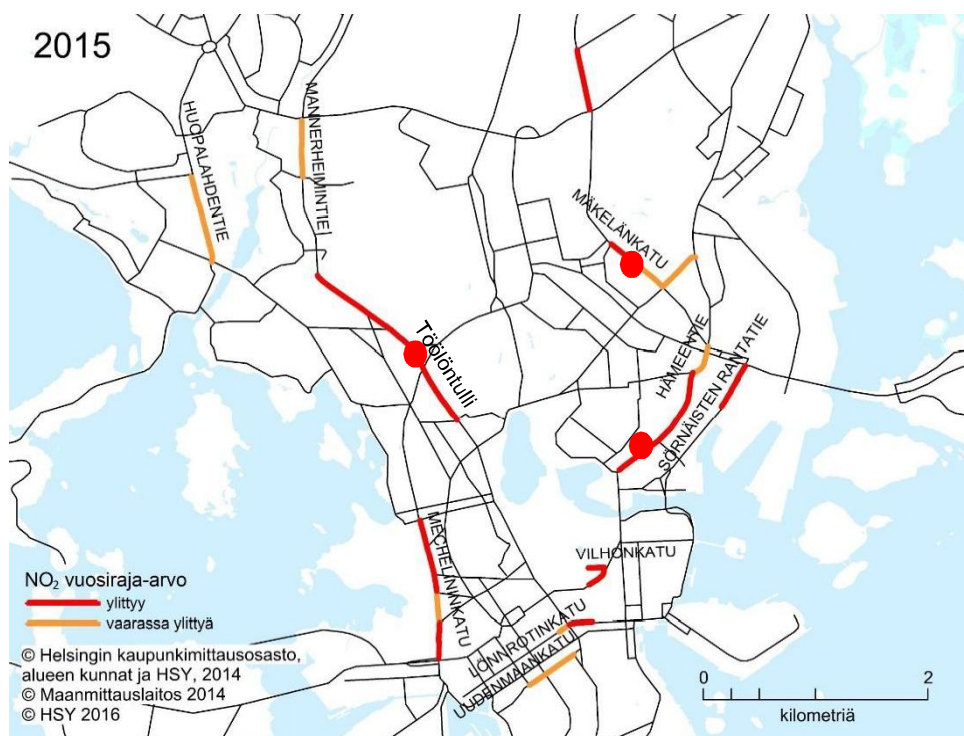
Typpidioksidin vuosipitoisuuksia arvioitiin OSPM-katukuilumallilla, joka on kehitetty tieliikenteen päästöjen leviämisen arviointiin katukuilussa. Helsingin katukuilujen typpidioksidipitoisuuksia (NO_2) mallitettiin vuosille 2015, 2020 ja 2024 uusimpia saatavilla olevia lähtötietoja käyttäen olettamalla, että ainoastaan ajoneuvotekniikka kehittyy. Lisäksi tarkasteltiin eri toimenpiteiden vaikutuksia typenoksidipäästöihin (NO_x) ja typpidioksidipitoisuuksiin (NO_2) Töölöntullissa, Mäkelänkadulla ja Hämeentiellä. Tarkasteltuja ilmansuojelusuunnitelman liikennetoimenpiteitä olivat Helsingin seudun liikenteen (HSL) bussien päästöjen vähentäminen kalustoskenaarion mukaisesti, ajoneuvoliikenteen hinnoittelu, ympäristövyöhykkeen kriteerien tiukentaminen sekä pysäköintipolitiikan toteuttaminen. Hämeentiellä tarkasteltiin hinnoittelun sijasta joukkoliikennekadun toteuttamisen vaikutuksia.

Mallinnuksen lähtötietoina on käytetty tietoja liikennemääristä, ajoneuvojakaumista, ajonopeudesta, katukuilun rakenteesta ja säätiedoista. Näihin lähtötietoihin ja leviämismalliin liittyy epävarmuuksia. Erityisen haastavaa on arvioida tulevaisuuden päästökertoimia ja ajoneuvotekniikan kehityksen vaikutuksia. Lähtötietojen tarkempi kuvaus on esitetty liitteessä 1.

2 Mallitetut kohteet ja ilmansuojelusuunnitelman toimenpiteet

2.1 Leviämislaskelmiin valitut katukuilut

Mallituksen kohteiksi on valittu katukuilut, joissa on HSY:n jatkuvilla mittauksilla todettu typpidioksidin vuosiraja-arvon ylittävän (kuva 1). Tarkastellut mallituskohteet olivat Töölöntulli (Mannerheimintie 55), Mäkelänkatu (Mäkelänkatu 50) ja Hämeentie (Hämeentie 7). Tarkemmat tiedot katukuilujen rakenteesta on esitetty liitteessä 1.



Kuva 1. Helsingin kantakaupungin katuosuudet, joissa typpidioksidin vuosiraja-arvon on arvioitu ylittävän tai olevan vaarassa ylittyä (mallituskohteet merkitty punaisella ympyrällä).

2.2 Liikennemäärä- ja ajoneuvokantaoletukset

Typpidioksidin pitoisuudet mallinnettiin katukuilulle vuosille 2015, 2020 ja 2024 olettaen, että mitään erityisiä päästöjen vähennystoimenpiteitä ei tehdä, vaan autokannan kehitys jatkuu tavalliseen tapaan ja taustapitoisuuden oletetaan laskevan vuoteen 2024 mennessä $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tarkemmat lähtötiedot on esitetty liitteessä 1). Tämän lisäksi mallinnuksessa tarkasteltiin niitä ilmansuojelusuunnitelman toimenpiteitä, joilla saatujen lähtötietojen perusteella arvioitiin olevan merkittäviä vaikutuksia pitoisuuksiin katukuiluissa (Taulukko 1). Helsingin ilmansuojelusuunnitelmassa on myös muita liikennettä koskevia toimenpiteitä, jotka vähentävät yleisesti liikenteen päästöjä ja edistävät vähäpäästöisen kaluston yleistymistä (Ympäristökeskus 2016a), mutta niillä ei ole merkittävää vaikutusta erityisesti katukuiluissa.

2.3 Mallitettavat ilmansuojelusuunnitelman toimenpiteet

Ilmansuojelusuunnitelman liikennetoimenpiteistä mallitettavaksi valittiin HSL:n bussien päästöjen vähentäminen kalustoskenaariototeutumisen mukaisesti, ajoneuvoliikenteen hinnoittelu, ympäristövyöhykkeen

kriteerien tiukentaminen sekä pysäköintipolitiikan toteuttaminen. Hämeentiellä tarkasteltiin hinnoittelun sijasta joukkoliikennekadun toteuttamisen vaikutuksia. Tarkempi kuvaus mallitetuista toimenpiteistä löytyy taulukosta 1. Taulukon 1 mukaisista toimenpiteistä on rakennettu erilaiset skenaariot, jotka löytyvät taulukosta 2. HSL:n kalustotoimenpiteet sisältyvät kaikkiin vaihtoehtoihin skenaarioihin, koska HSL on sitoutunut niiden toteutumiseen.

Taulukko 1. Toimenpiteet ja niiden vaikutus laskentaoletuksiin.

Toimenpide	Toimenpiteen kuvaus	Vaikutus laskentaoletuksiin
Ajoneuvotekniikka	Ajoneuvotekniikan kehitys ilman erillistoimenpiteitä.	NO ₂ -taustapitoisuus alenee 2.5 µg/m ³ lineaarisesti vuoteen 2024 mennessä. Ajoneuvojen euroluokkajakauman tarkempi kuvaus liite 1 taulukko 3.
HSL:n kalustotoimenpiteet	Toteutetaan HSL:n kalustoskenaariota, jonka mukaan bussien lähipäästöt vähenevät yli 90 % vuoteen 2025, jolloin sähköbussien osuus on 30 %. Biopolttoaineen määrä on 100 % v. 2020.	Sähköbussien osuus vuonna 2020 10 % ja 28 % vuonna 2024 (tarkempi kuvaus liite 1 taulukko 3.).
Liikenteen hinnoittelu	HSL:n ajoneuvoliikenteen hinnoitteluselvityksen mukaisen hinnoittelun käyttöönotto	Henkilöautojen liikennemäärä vähenee 20 % ** ja liikenne sujuvoituu.
Ympäristövyöhyke	Tiukennetaan HSL:n kilpailutuksissa vakiovuorobussien päästövaatimus Euro VI -tasolle ympäristövyöhykkeellä NO ₂ -raja-arvon ylitysalueella liikuvilla linjoilla.	Kaikki HSL:n bussit vähintään Euro VI-tasoa
Pysäköintipolitiikka	Toteutetaan kaupungin pysäköintipolitiikkaa sekä siinä hyväksytyt pysäköintimaksujen korotukset.	Liikennemäärä vähenee 5 %*** ja liikenne sujuvoituu hieman
Joukkoliikennekatu *	Toteutetaan Hämeentien liikennesuunnitelma, jonka mukaan kadusta tulee joukkoliikennekatu, jolla autoliikenteen läpiajo on kielletty.	Hämeentiellä henkilöautojen määrä vähenee 80 % ****ja liikenne sujuvoituu

* Tämä toimenpide ei ole ilmansuojelusuunnitelman toimenpide, vaan kaupunginvaltuuston huhtikuussa 2016 hyväksymä toimenpide, joka toteutetaan 2018-2019.

** Ympäristökeskus 2016b, Johansson, 2015, VTT, 2015

*** Ympäristökeskus 2014 ja asiantuntija-arvio

**** Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston arvio

Taulukko 2. Tarkastellut skenaariot

Skenaario	Sisältyvät toimenpiteet
Ajoneuvotekniikka	Ajoneuvotekniikka
HSL kalusto	Ajoneuvotekniikka + HSL:n kalustotoimenpiteet
Liikenteen hinnoittelu	Ajoneuvotekniikka + HSL:n kalustotoimenpiteet + Liikenteen hinnoittelu
Ympäristövyöhyke	Ajoneuvotekniikka + HSL:n kalustotoimenpiteet + Ympäristövyöhyke
Pysäköintipolitiikka	Ajoneuvotekniikka + HSL:n kalustotoimenpiteet + Pysäköintipolitiikka
Joukkoliikennekatu	Ajoneuvotekniikka + HSL:n kalustotoimenpiteet + Joukkoliikennekatu

3 NO_x-päästöt ja NO₂-pitoisuudet

3.1 Mallitetut NO_x-päästöt ja NO₂-pitoisuudet

Typidioksidin vuosikeskiarvo mallitettiin katukuiluille vuosille 2015, 2020 ja 2024 olettaen, että mitään liikenteen toimenpiteitä ei tehdä (skenaario ajoneuvotekniikka). Tällöin päästöihin vaikuttaa ainoastaan ajoneuvotekniikan kehittyminen. Koska HSL panostaa merkittävästi parempaan bussikalustoon, on tämän toimenpiteen oletettu toteutuvan kaikissa tulevaisuusvaihtoehdoissa (HSL:n kalustotoimenpiteet). Lisäksi kaikissa tulevaisuusvaihtoehdoissa oletettiin typidioksidin taustapitoisuuden vähenevän 2,5 µg/m³ vuoteen 2024 mennessä ja vähennyksen oletettiin olevan lineaarinen. Taulukossa 3 on esitetty passiivikeräimillä mitatut typidioksidipitoisuuden keskiarvot vuosina 2011-2015 ja verrattu niitä mallitettuun vuoden 2015 pitoisuuteen Töölöntullissa, Mäkeläkadulla ja Hämeentiellä. Lisäksi taulukossa on vuoden 2020 ja 2024 mallitetut pitoisuudet joissa on oletettu ajoneuvotekniikan paranemisen ja taustapitoisuuden alenemisen lisäksi HSL:n kalustoskenaarion toimenpiteiden toteutuvan.

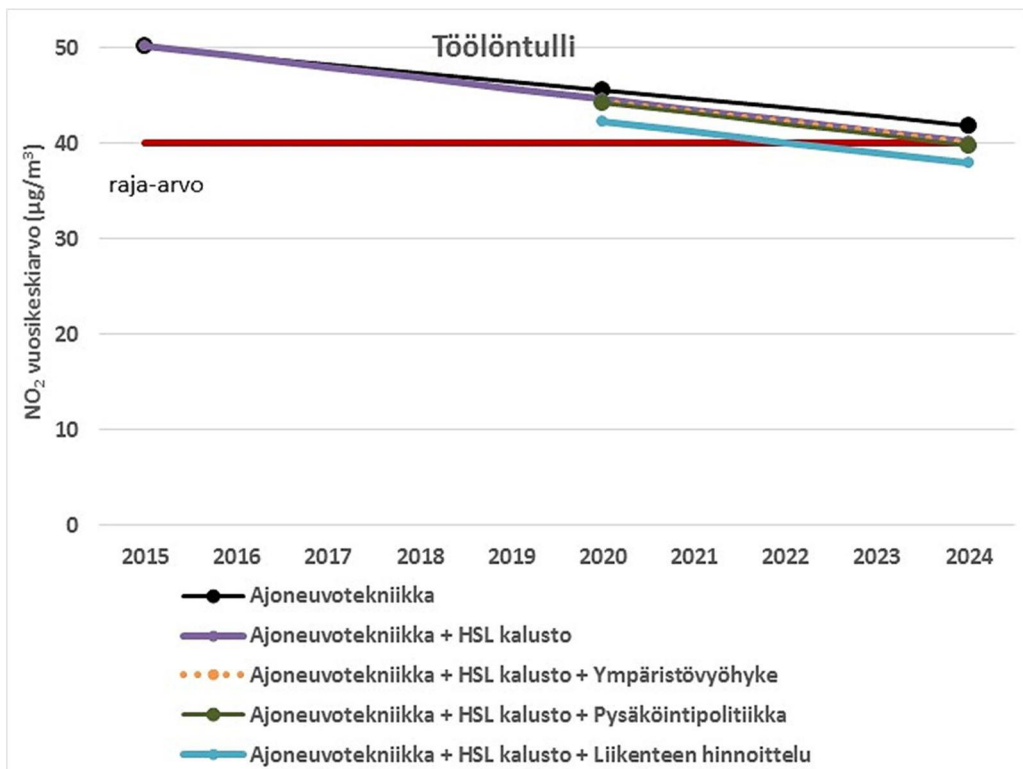
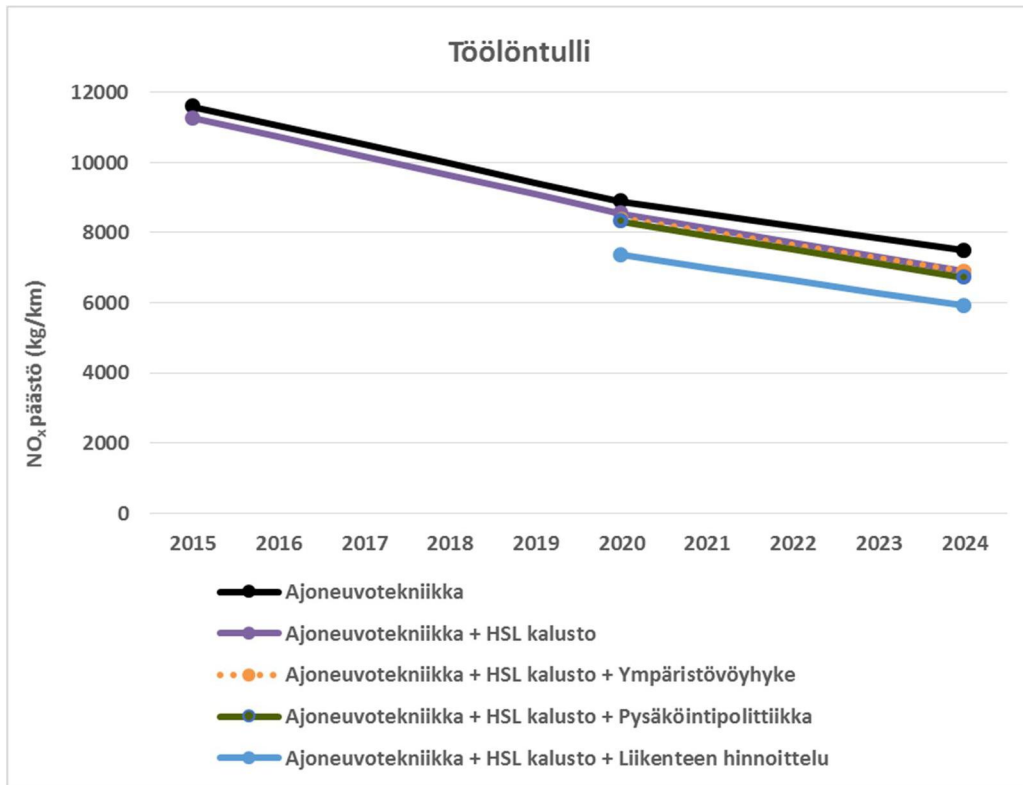
Taulukko 3. Passiivikeräimillä mitatut keskiarvopitoisuudet vuosina 2011-2015 sekä mallitetut typidioksidipitoisuudet katukuiluissa. Mallituksessa oletetaan ajoneuvotekniikan parantumisen ja taustapitoisuuden alenemisen lisäksi HSL:n kalustoskenaarion toimenpiteiden toteutuvan..

Paikka	Mitattu ka 2011-2015 (µg/m ³)	Mallitettu 2015 (µg/m ³)	Mallitettu 2020 (µg/m ³)	Mallitettu 2024 (µg/m ³)
Töölöntulli	48	50	45	40
Mäkelänkatu	43	48	42	37
Hämeentie	43	49	42	36

Kuvissa 2-4 on esitetty mallitetut typenoksidien päästömäärät ja typidioksidin vuosipitoisuudet eri toimenpidevaihtoehdoissa Töölöntullissa, Mäkeläkadulla ja Hämeentiellä vuosina 2015, 2020 ja 2024. HSL:n kalustotoimenpiteet sisältyvät kaikkiin vaihtoehtoihin skenaarioihin, koska HSL on sitoutunut niiden toteuttamiseen.

Töölöntulli

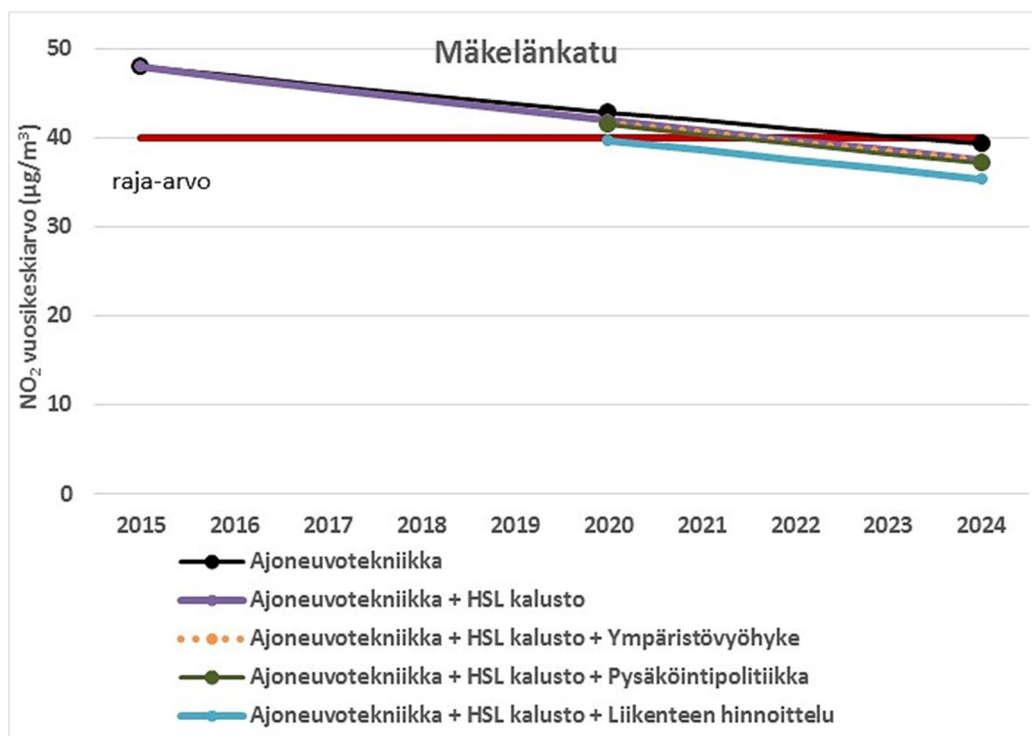
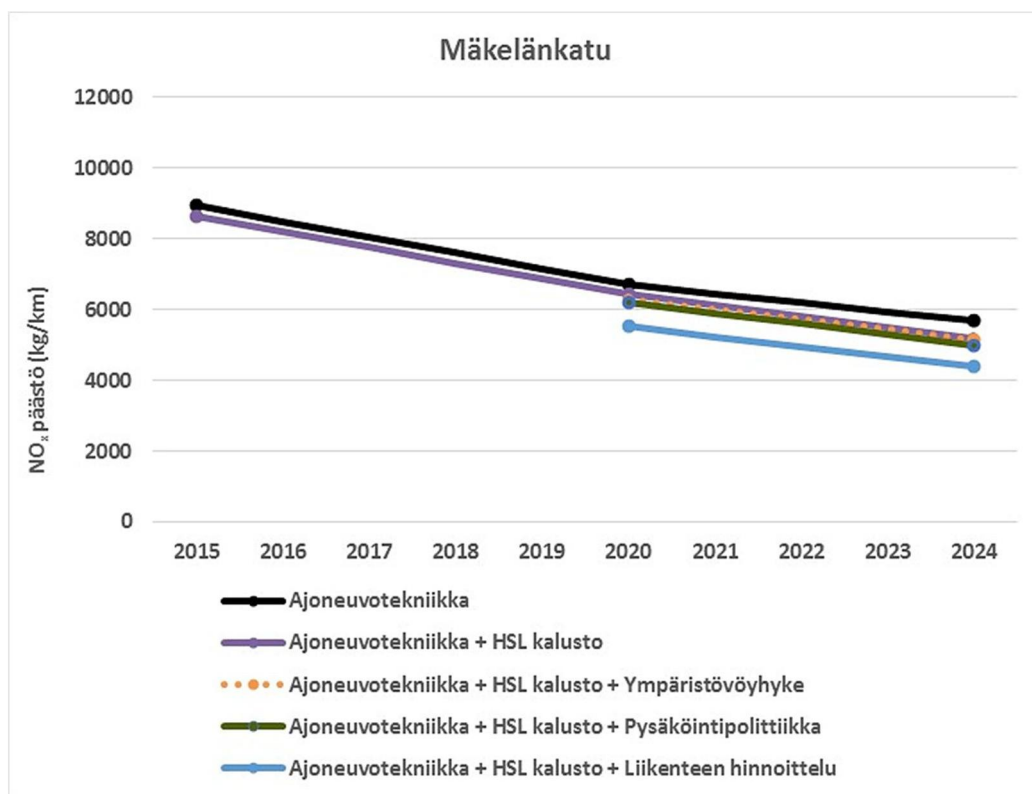
Haastavinta typidioksidin vuosiraja-arvon alle pääseminen on Töölöntullissa (kuva 2). Siellä ajoneuvotekniikan parantuminen ei riitä laskemaan pitoisuuksia raja-arvon alapuolelle vuoteen 2024 mennessä, vaan tarvitaan lisätoimenpiteitä. Raja-arvon alapuolelle on mahdollista päästä vuonna 2024 niukasti, jos HSL:n kunnianhimoisen kalustoskenaarion lisäksi ympäristövyöhyke tai pysäköintipolitiikka alentaisivat päästöjä oletetulla tavalla. Selkeän päästövähennemän toisi ajoneuvoliikenteen hinnoittelu, jonka avulla raja-arvon alapuolelle päästäisiin aiemmin, vuoden 2022 tienoilla. Dieselhenkilöautojen osuus henkilöautojen NO_x-päästöistä oli 69 % vuonna 2015 ja 89 % vuonna 2024 Töölöntullissa.



Kuva 2 a-b. Typen oksidien päästömäärät ja typpidioksidin vuosipitoisuudet eri tulevaisuusvaihtoehdoissa Töölöntullissa.

Mäkelänkatu

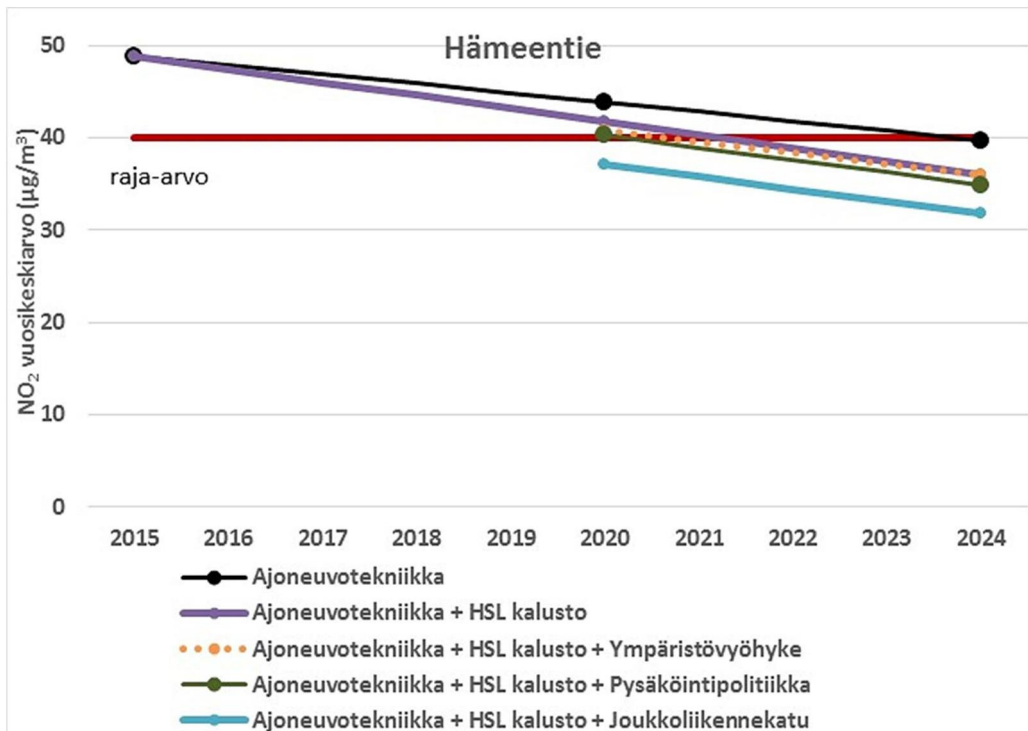
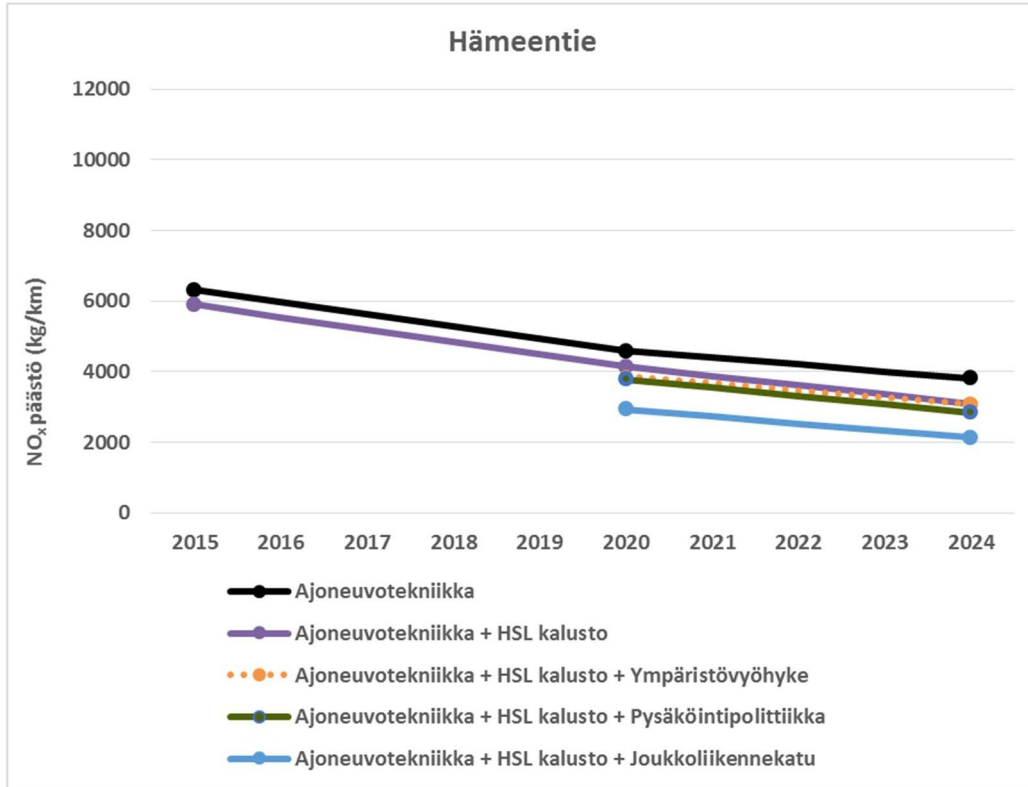
Mäkelänkadulla päästäisiin raja-arvon alapuolelle vuonna 2022 HSL:n kalustoskenaarion avulla (kuva 3). Jos ajoneuvoliikenteen hinnoittelu tulisi käyttöön, raja-arvon alapuolelle voitaisiin päästä jo vuonna 2020.



Kuva 3 a-b. Typen oksidien päästömäärät ja typpidioksidin vuosipitoisuudet eri tulevaisuusvaihtoehdoissa Mäkelänkadulla.

Hämeentie

Hämeentiellä päästäisiin raja-arvon alapuolelle HSL:n kalustoskenaariota toteuttamalla vuonna 2022 (kuva 4). Tämän lisäksi toteuttamalla pysäköintipolitiikkaa raja-arvon alapuolelle päästäisiin vuotta aiemmin, vuonna 2021. Hämeentielle ei arvioitu hinnoittelun vaikutuksia, vaan kadun oletettiin muuttuvan joukkoliikennekaduksi. Joukkoliikennekadun toteutuessa raja-arvon alapuolella päästään jo ennen vuotta 2020.



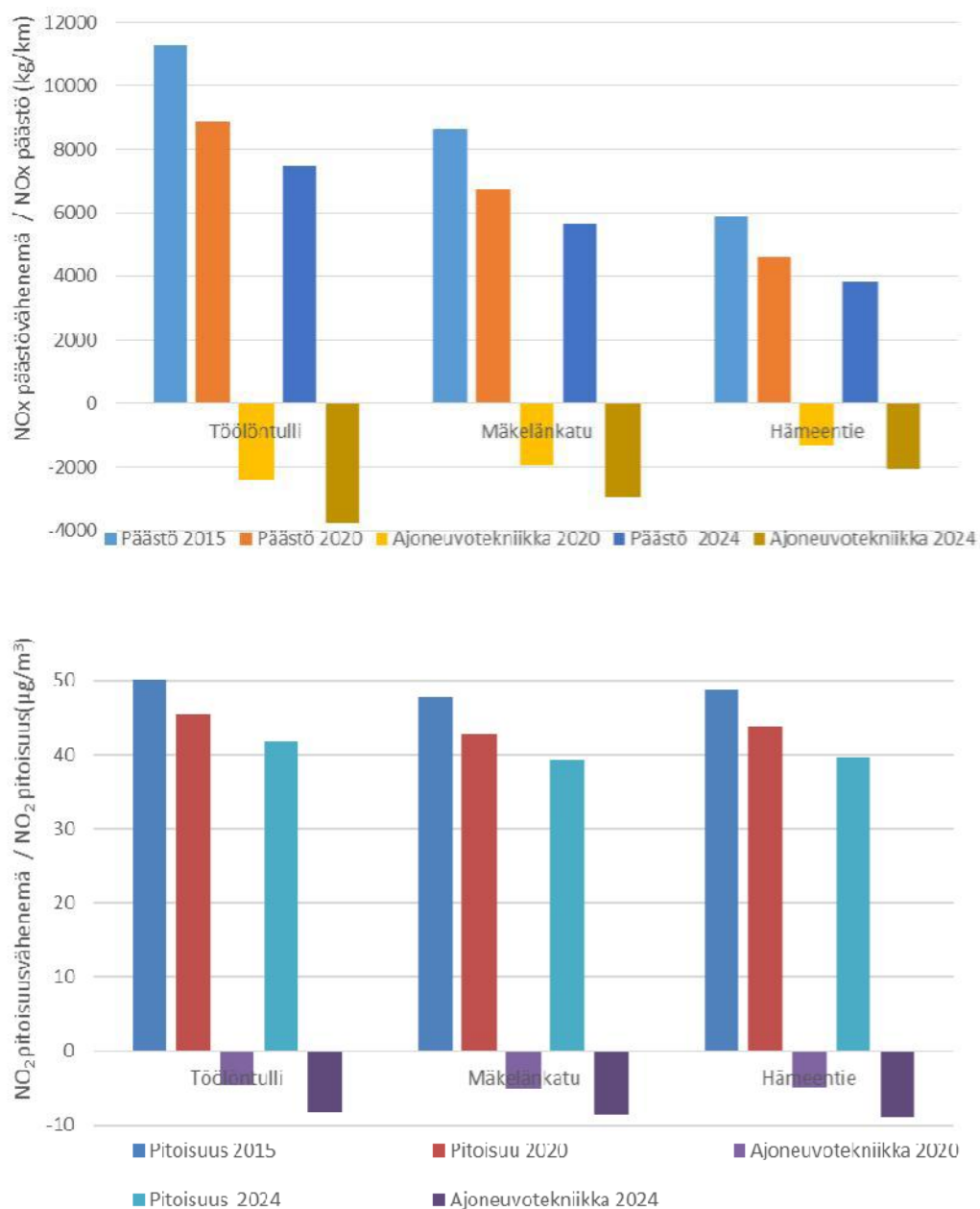
Kuva 4 a-b. Typen oksidien päästömäärät ja typpidioksidin vuosipitoisuudet eri tulevaisuusvaihtoehdoissa Hämeentiellä.

3.2 Typpidioksidin mallitetut päästö- ja pitoisuusvähenemät

Ajoneuvotekniikan kehitys

Ajoneuvotekniikan kehittymisen myötä päästöt ja pitoisuudet vähenevät, mutta eivät riittävästi pitoisuuksien laskemiseksi raja-arvon alapuolelle.

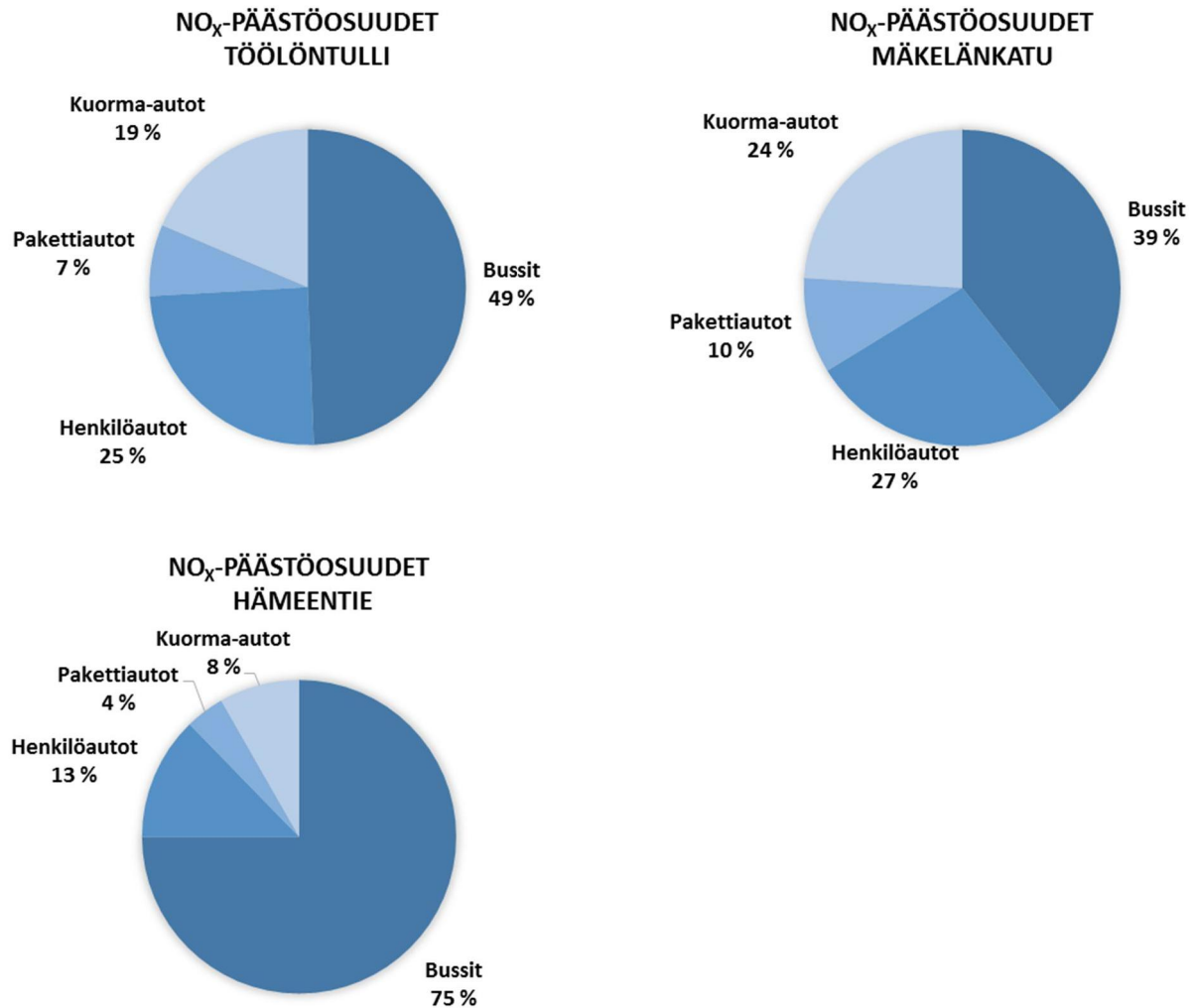
Ajoneuvotekniikan parantumisen myötä Hämeentiellä NO_x -päästöt vähenevät vuoteen 2015 verrattuna 22 % vuoteen 2020 ja 35 % vuoteen 2024 mennessä (kuva 5). Töölöntullissa vastaavat vähenemät ovat 21 % ja 33 % ja Mäkelänskadulla 22 % ja 34 %. NO_2 -pitoisuudet vähenevät Hämeentiellä nykytilaan verrattuna 10 % vuonna 2020 ja 19 % vuonna 2024. Vastaavat pitoisuusvähenemät Töölöntullissa ovat 9 % ja 16 % ja Mäkelänskadulla 11 % ja 18 %.



Kuva 5 a-b. NO_x -päästöt ja NO_2 -pitoisuudet vuosina 2015, 2020 ja 2024 ja ajoneuvotekniikan vaikutus niihin vuosina 2020 ja 2024. Päästö- ja pitoisuusvähenemien vertailuvuosi on 2015 sekä vuonna 2020 että vuonna 2024.

HSL:n kalustoon kohdistuvien toimenpiteiden vaikutukset

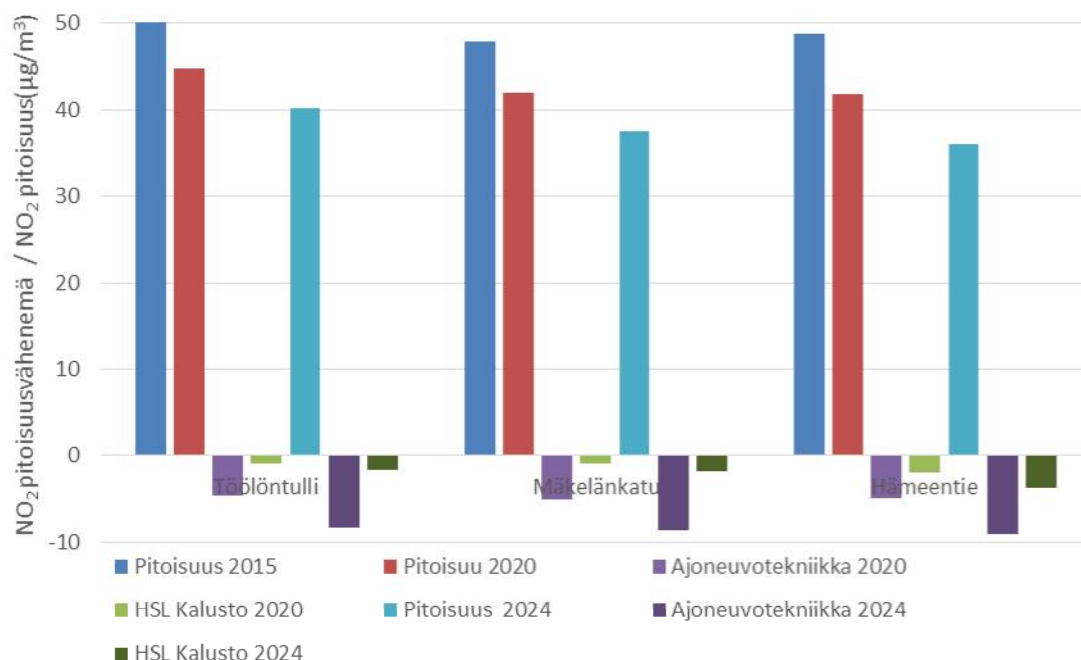
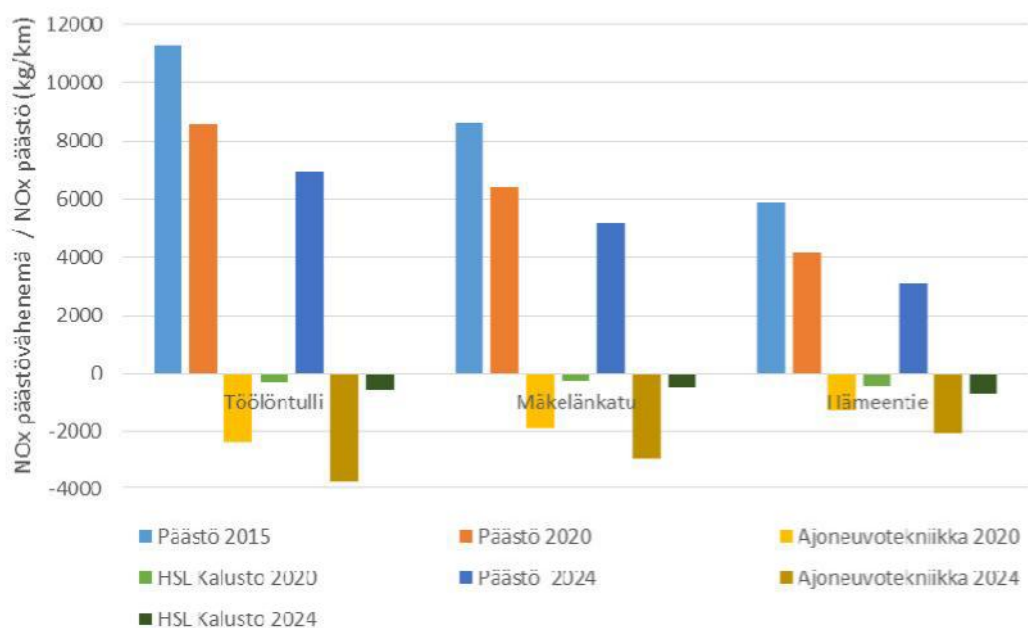
Bussien ja muun raskaan liikenteen päästöt vaikuttavat merkittävästi katukuilujen ilmanlaatuun. Bussien osuus kokonaisliikennemäärästä vaihtelee eri katukuiluissa, ja se on suurin Hämeentiellä. Kuvassa 6 on esitetty eri ajoneuvojen päästöosuudet mallitetuissa kohteissa vuonna 2015.



Kuva 6 a-c. Henkilöautojen, pakettiautojen, bussien ja kuorma-autojen päästöosuudet Töölöntullissa, Mäkelänkadulla ja Hämeentiellä vuonna 2015.

HSL panostaa merkittävästi parempaan bussikalustoon bussien päästöjen vähentämiseksi. HSL arvioi, että vuonna 2024 sen kilpailuttamassa liikenteessä sähköbussien osuus on 28 % ja Euro VI –tasoa huonompia busseja on enää 5 %. Lisäksi HSL arvioi, että HSL:n busseissa biopolttoaineen osuus tulee olemaan 100 % jo vuonna 2020. Toisen sukupolven synteettisen biodieselin käyttö vähentää tutkimusten mukaan bussien typenoksidipäästöjä 10 % ja hiukkaspäästöjä 30 % verrattuna tavanomaiseen dieseliin (VTT 2011). Töölöntullissa muiden kuin HSL-bussien osuus on 42 %, ja näiden päästöjen on arvioitu olevan 53 % kaikista bussien päästöistä vuonna 2015. Muiden kuin HSL:n kilpailuttamien bussien ei oleteta paranevan yhtä nopeasti, ja siten niiden päästöosuus on kasvanut Töölöntullissa arviolta 64 %:iin bussien päästöistä vuonna 2024.

HSL:n kalustoskenaarion päästö- ja pitoisuusvähennykset näkyvät prosentuaalisesti suurimpana Hämeentiellä (kuva 7), koska siellä bussien osuus liikenteestä on suurin. Hämeentiellä NO_x-päästöt vähenevät nykytilaan verrattuna 8 % vuoteen 2020 ja 12 % vuoteen 2024 mennessä. Töölöntullissa vastaavat vähennykset ovat 3 % ja 5 % ja Mäkelänskadulla 3 % ja 6 %. NO₂-pitoisuudet vähenevät Hämeentiellä nykytilaan verrattuna 4 % vuonna 2020 ja 8 % vuonna 2024. Vastaavat pitoisuusvähennykset Töölöntullissa ovat 2 % ja 3 % ja Mäkelänskadulla 2 % ja 4 %. Selkeä vähennys vuosien 2020 ja 2024 välillä johtuu siitä, että kalustoskenaarion mukaisesti HSL:n bussikalustossa ei enää ole juuri lainkaan Euro VI -tasoa huonompia busseja vuonna 2024 ja sähköbussien osuus on korkea.

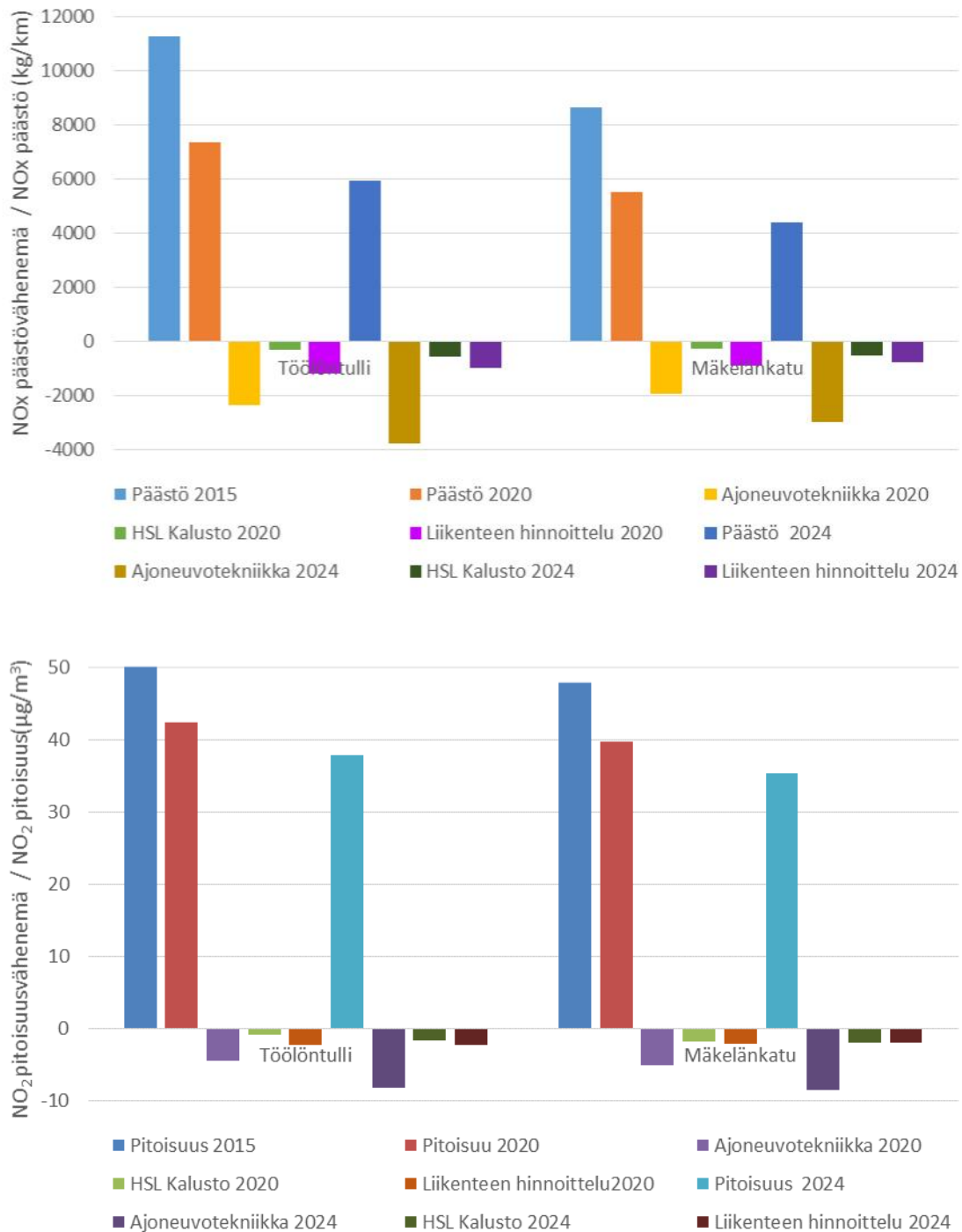


Kuva 7 a-b. NO_x-päästöt ja NO₂-pitoisuudet vuosina 2015, 2020 ja 2024 sekä ajoneuvotekniikan ja HSL:n kalustoskenaarion vaikutus niihin vuosina 2020 ja 2024. Päästö- ja pitoisuusvähennykset vertailuvuosi on 2015 sekä vuonna 2020 että vuonna 2024.

Liikenteen hinnoittelun, ympäristövyöhykkeen ja pysäköintipolitiikan vaikutukset

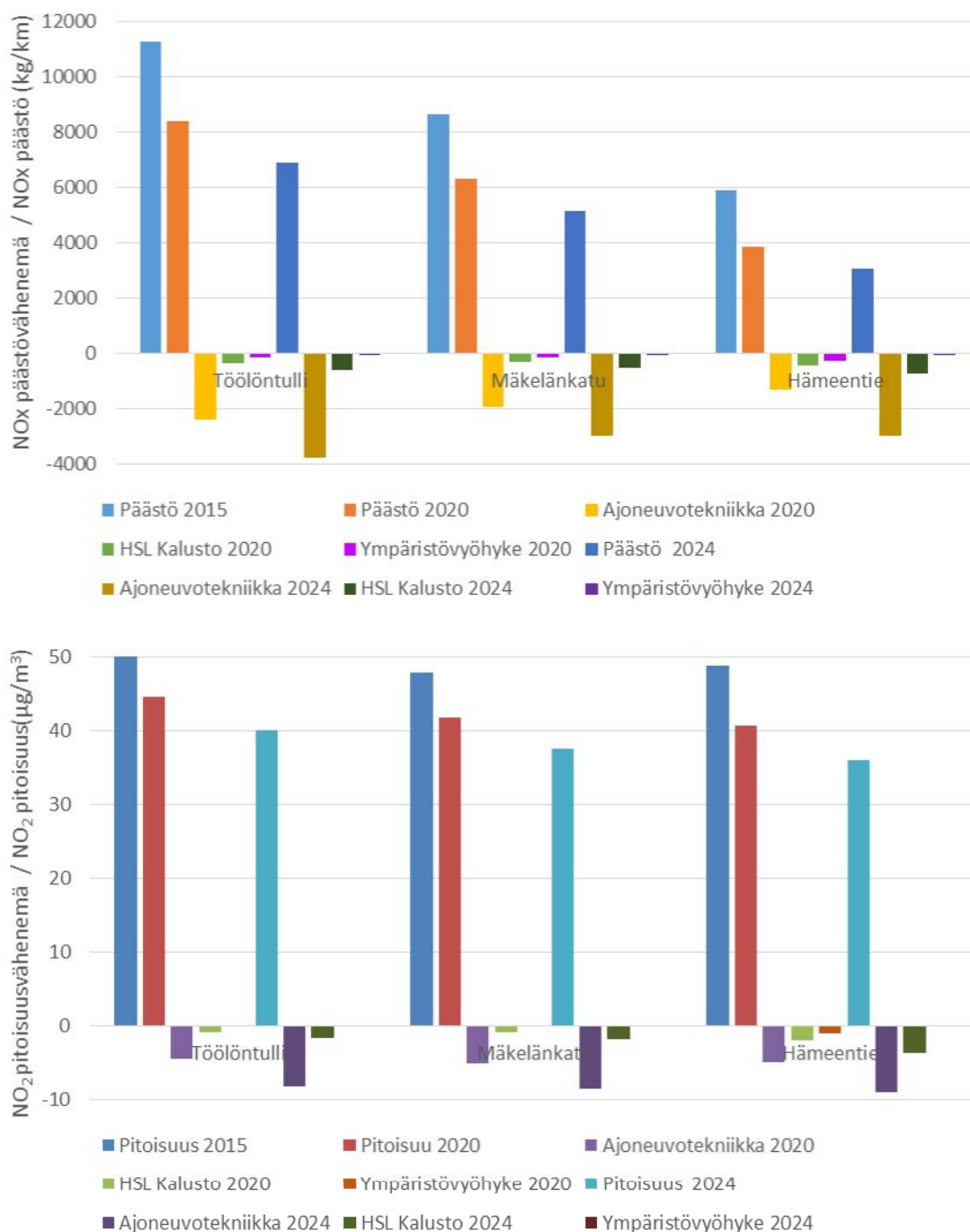
Seuraavissa toimenpidevaihtoehtojen tarkasteluissa oletettiin ajoneuvotekniikan normaalin kehityksen ja HSL:n toimenpiteiden toteutuvan ja muiden toimenpiteiden rakentuvan sen päälle (kuvat 8-11).

Suurin vaikutus pitoisuuksien alenemiseen saadaan liikenteen hinnoittelu –toimenpidevaihtoehdossa (kuva 8), jossa henkilöautojen suoritteiden oletetaan vähenevän 20 % ja liikenteen sujuvoituvan selvästi. Tällöin typenoksidipäästöt vähenevät noin 9 -10 % ja typpidioksidipitoisuus alenee noin 4-5 %.



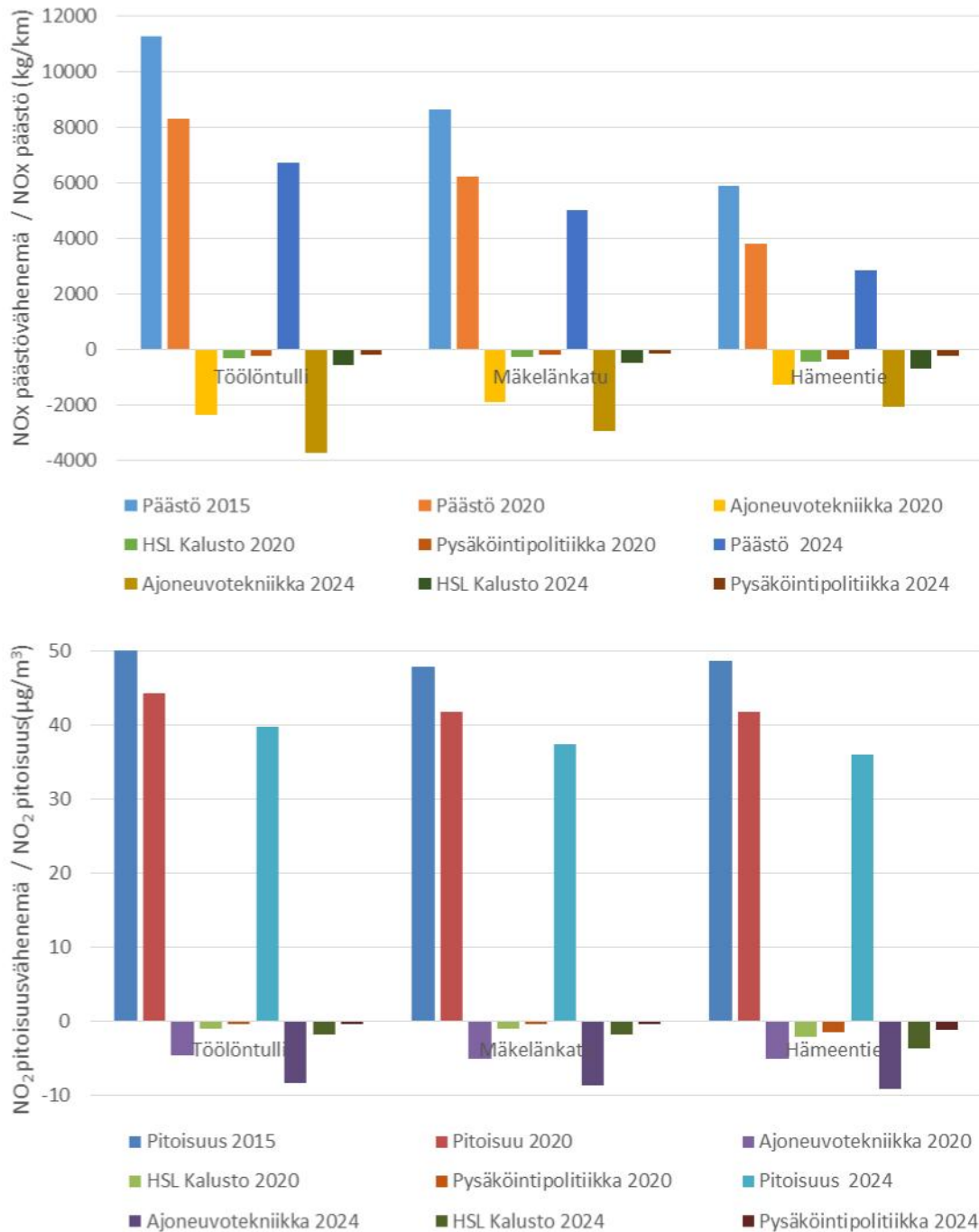
Kuva 8 a-b. NO_x-päästöt ja NO₂-pitoisuudet vuosina 2015, 2020 ja 2024 sekä ajoneuvotekniikan, HSL:n kalustoskenaarion ja ajoneuvoliikenteen hinnoittelun vaikutus niihin vuosina 2020 ja 2024. Päästö- ja pitoisuusvähenemien vertailuvuosi on 2015 sekä vuonna 2020 että vuonna 2024.

Ympäristövyöhykkeen kriteerien tiukennuksen vaikutus näkyy selkeimmin Hämeentiellä johtuen bussien suuremmasta osuudesta. Hämeentiellä NO_x-päästövähennys on 5 %, kun se muissa katukuiluissa on 1 % vuonna 2020 (kuva 9). Vuonna 2024 päästövähennykset ovat enää 0,1-0,4 %. Vastaava vaikutus NO₂-pitoisuuksiin on Hämeentiellä 2,3 % vuonna 2020 ja 0,2 % vuonna 2024. Töölöntullissa ja Mäkelänskadulla pitoisuusvähennykset ovat hyvin pienet: 0,4 % vuonna 2020 ja 0-0,02 % vuonna 2024. Ympäristövyöhykkeen kriteerien kiristämisen vaikutukset päästöihin ja pitoisuuksiin vuonna 2024 ovat hyvin pienet, koska HSL:n kalustoskenaariota mukaan HSL:n bussit ovat jo lähes kaikki Euro VI-tasoa vuonna 2024.



Kuva 9 a-b. NO_x-päästöt ja NO₂-pitoisuudet vuosina 2015, 2020 ja 2024 sekä ajoneuvotekniikan, HSL:n kalustoskenaariota ja ympäristövyöhykkeen vaikutus niihin vuosina 2020 ja 2024. Päästö- ja pitoisuusvähennysten vertailuvuosi on 2015 sekä vuonna 2020 että vuonna 2024.

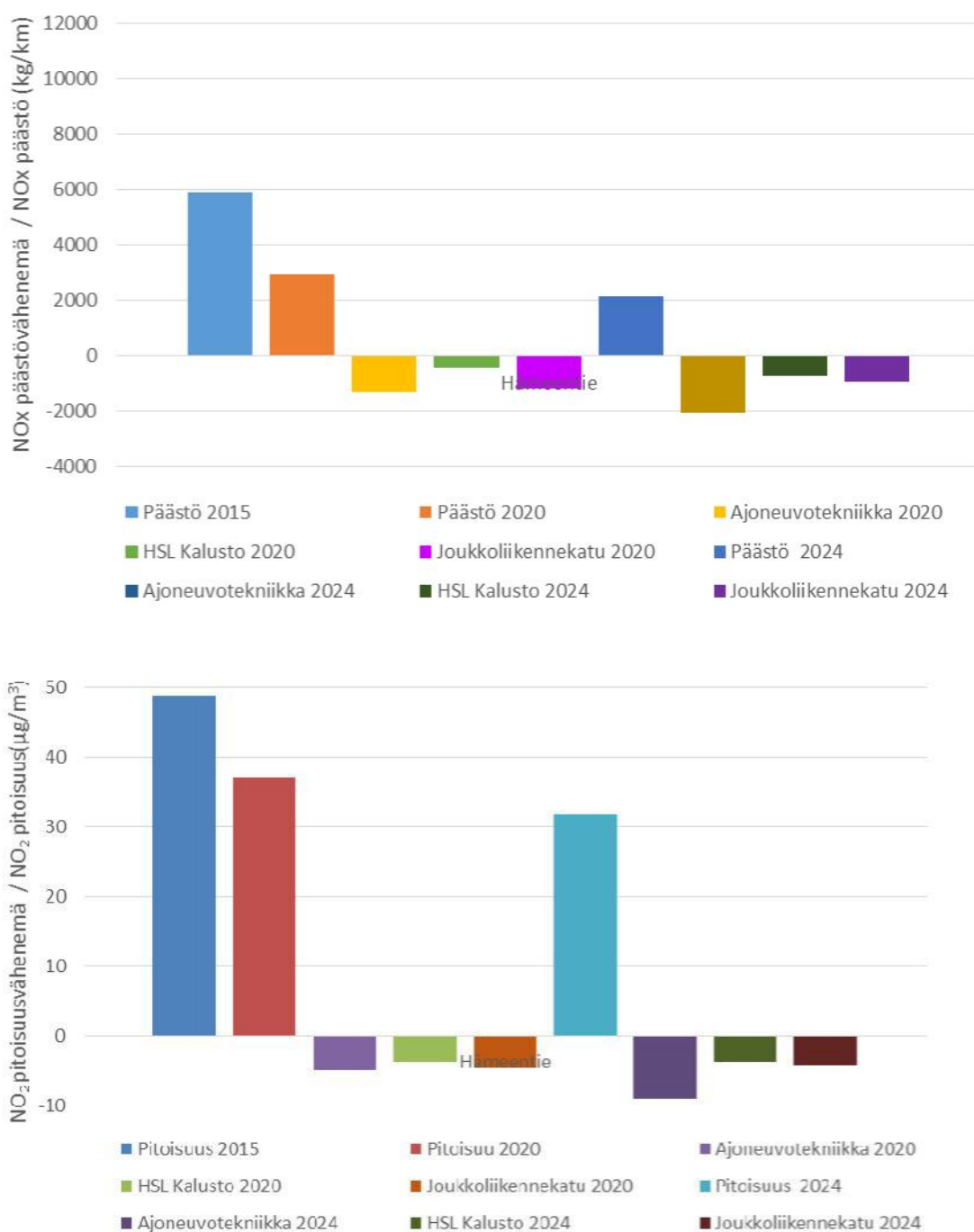
Mallinnuksessa pysäköintimaksujen korottamisen arvioitiin vähentävän liikennemääriä kantakaupungin katukuiluissa 5 %. Liikennemäärän pieneneminen vähentää päästöjä. Samalla se parantaa liikenteen sujuvuutta, mikä vähentää edelleen päästöjä ja pitoisuuksia. Toimenpiteen arvioidaan vähentävän NO_x-päästöjä Hämeentiellä 6 % vuonna 2020 ja 4 % vuonna 2024 (kuva 10). Vaikutus Töölöntullissa ja Mäkelänkadulla on -2 % molempina vuosina. NO₂-pitoisuudet vähenevät toimenpiteen johdosta Hämeentiellä 3 % vuonna 2020 ja 2 % vuonna 2024. Töölöntullissa ja Mäkelänkadulla vähenemä on 0,8 % molempina vuosina.



Kuva 10 a-b. NO_x-päästöt ja NO₂-pitoisuudet vuosina 2015, 2020 ja 2024 sekä ajoneuvotekniikan, HSL:n kalustoskenaarioiden ja pysäköintipolitiikan vaikutus niihin vuosina 2020 ja 2024. Päästö- ja pitoisuusvähennemien vertailuvuosi on 2015 sekä vuonna 2020 että vuonna 2024.

Hämeentien joukkoliikennekatu

Kaupunginvaltuusto hyväksyi huhtikuussa 2016 liikennesuunnitelman, jonka mukaan Hämeentie muutetaan joukkoliikennekaduksi. Toimenpide ei sisälly ilmansuojelusuunnitelmaan, mutta sen vaikutukset on mallitettu tässä selvityksessä, koska toimenpiteen toteuttamisella olisi selkeä Hämeentien ilmanlaatua parantava vaikutus. Hämeentien muuttamisen joukkoliikennekaduksi arvioidaan vähentävän henkilöautoliikennettä 80 %, jolloin liikenne muuttuu sujuvammaksi. Tällöin typenoksidipäästöt vähenevät 21 % vuonna 2020 ja 16 % vuonna 2024 nykytilaan 2015 verrattuna. Mallinnuksen mukaan typpidioksidipitoisuudet alenevät vastaavasti 10 % vuonna 2020 ja 9 % vuonna 2024 (kuva 11).



Kuva 11 a-b. NO_x-päästöt ja NO₂-pitoisuudet vuosina 2015, 2020 ja 2024 sekä ajoneuvotekniikan, HSL:n kalustoskenaarioiden ja joukkoliikennekadun vaikutus niihin vuosina 2020 ja 2024. Päästö- ja pitoisuusvähennemien vertailuvuosi on 2015 sekä vuonna 2020 että vuonna 2024.

4 Johtopäätökset ja yhteenveto

Typpidioksidipitoisuudet (NO_2) tulisi saada laskemaan raja-arvon alapuolelle mahdollisimman nopeasti. Tehtyjen mallitusten mukaan NO_2 -pitoisuudet alenevat ajoneuvotekniikan kehittymisen myötä, mutta eivät riittävästi pitoisuuksien laskemiseksi raja-arvon alapuolelle edes vuoteen 2024 mennessä. Raja-arvon saavuttaminen edellyttää tehokkaiden toimenpiteiden toteuttamista. Pitoisuuksia voidaan alentaa toimenpiteillä, jotka vähentävät liikennemääriä, parantavat liikenteen sujuvuutta tai edistävät puhtaamman ajoneuvotekniikan käyttöönottoa.

Tehokkaimmiksi typpidioksidipitoisuuksia alentaviksi toimenpiteiksi todettiin ajoneuvoliikenteen hinnoittelun käyttöönotto ja bussiliikenteen päästöjen vähentäminen HSL:n kalustoskenaarion avulla sekä Hämeentiellä kadun muuttaminen joukkoliikennekaduksi. Ympäristövyöhykkeen kriteerien tiukennus tuotti vain pienen pitoisuusvähennyksen, koska arviossa on jo otettu huomioon HSL:n bussikalustoon kohdistuvat toimenpiteet.

HSL:n kalustoskenaarion toteuttaminen on toimenpide, jonka toteuttamiseen HSL on sitoutunut. HSL-kalustoskenaarion mukaista tilannetta v. 2015 (NO_x -päästöt ja NO_2 -pitoisuus) pidetään tästä syystä vertailukohtana, johon yksittäisten lisätoimenpiteiden vaikutuksia verrataan. HSL:n kalustoskenaarion toteuttamisen myötä HSL-bussien lähipäästöt vähenevät merkittävästi ja toimenpide vähentää huomattavasti mallitettujen katujen NO_x -päästöjä ja NO_2 -pitoisuuksia.

Ajoneuvoliikenteen hinnoittelu vähentää liikennemääriä ja parantaa myös liikenteen sujuvuutta, joten se on tehokas keino vähentää päästöjä ja alentaa NO_2 -pitoisuuksia. Hämeentien muuttaminen joukkoliikennekaduksi alentaa pitoisuuksia Hämeentien katukuilussa raja-arvon alapuolelle.

Pysäköintipolitiikan linjausten mukaiset toimet tuottivat pienen pitoisuusvähennyksen. Muiden ilmansuojelusuunnitelman liikennetoimenpiteiden päästöjä ei arvoitu eikä niiden vaikutuksia pitoisuuksiin mallitettu. Ne vähentävät yleisesti päästöjä, mutta vaikutukset katukuiluissa ovat edellä mainittuja toimenpiteitä vähäisempiä.

Liite 1 Aineisto ja menetelmät

Katukuilumalli OSPM

Tanskalainen katukuilumalli OSPM (The Operational Street Pollution Model) on kehitetty tieliikenteen päästöjen leviämisen arviointiin katukuilussa (Hertel ja Berkowicz. 1989, Berkowicz, 2000). Katukuilumaisessa ympäristössä katua ympäröivät rakennukset estävät liikenteen päästöjen leviämistä, jolloin heikon laimenemisen vuoksi ilman epäpuhtauksien pitoisuudet voivat kohota korkeiksi.

OSPM laskee ilman epäpuhtauksien pitoisuuksia kahteen laskentapisteeseen, jotka sijaitsevat rakennusten julkisivun vieressä vastakkaisilla puolilla katua. Mallilla ei voi arvioida rakennusten sisäpihoille muodostuvia pitoisuuksia. Mallinnukset on tehty OSPM:n viimeisimmällä versiolla (päivitys huhtikuu 2014), jonka laskentaa on monipuolistettu aiemmasta.

Lähtötiedot

Katukuilun rakenne

Mallituksessa käytetyt katukuilun rakenteet on kuvattu taulukossa 1.

Taulukko 1. Katukuilujen rakennetiedot.

	korkeus m	leveys m	korkeus/leveys	orientaatio °	mallinnuskor- keus m
Töölöntulli	21	39	0,54	132	4
Mäkelänkatu	20	40	0,50	136	4
Hämeentie	25	32	0,78	55	4

Ajoneuvomäärä

Taulukko 2. Liikenteen kokonaismäärä ja raskaan liikenteen osuus katukuiluissa eri vuosina.

	2015 ajon/vrk	2020 ajon/vrk	2024 ajon/vrk	raskas %
Töölöntulli	33 500	33 900	34 200	12
Mäkelänkatu	28 300	28 900	29 400	10
Hämeentie	10 000	10 200	10 350	23

Katukuilujen keskimääräisen arkiliikennemäärän tiedot on saatu Helsingin kaupunkisuunnitteluvirastolta sekä hyödyntämällä Strafican (Pesonen, Haapamäki, 2013) tekemiä mallituksia liikennemäärän prosentuaalisista muutoksista.

Euroluokkaosuudet

Taulukko 3. Ajoneuvojen osuudet eri euroluokissa.

	2015 %	2020 %	2024 %	
Henkilöautot*				
EU-0	5,6	1,9	0,7	
EU-1	7,1	3,9	1,9	
EU-2	10,1	6,1	3,6	
EU-3	19	14	10,5	
EU-4	19,8	13,7	9,5	
EU-5	32,1	23,7	17,1	
EU-6	6,4	36,7	56,6	
Pakettiautot				
EU-0	8	3,3	1,1	
EU-1	4,6	3,1	1,3	
EU-2	17,6	13	6,7	
EU-3	20,9	2,8	17,7	
EU-4	12,9	10,9	6,5	
EU-5	34,6	31,1	19,3	
EU-6	1,3	35,7	47,4	
Kuorma-autot				
EU-0	1,1	-	-	
EU-I	2,5	-	-	
EU-II	12,4	1,5	0,2	
EU-III	38,2	7	1,8	
EU-IV	17,1	8,2	2,1	
EU-V	22,4	32	17,8	
EU-VI	7,1	51,1	78,1	
Bussit kaupunki BAU				
EU-I	-	-	-	
EU-II	1	-	-	
EU-III	17	-	-	
EU-IV	4	-	-	
EU-V	20	-	-	
EEV	53	43	5	
EEV light	-	5	3	
hybridi	-	-	2	
EU-VI	5	50	85	
Sähköbussit	-	2	5	
Bussit kaupunki HSL toimenpiteet				
EU-I	-	-	-	
EU-II	1	-	-	
EU-III	12	-	-	
EU-IV	4	-	-	
EU-V	4	-	-	
EEV	55	32	2	
EEV light	6	6	3	
hybridi		8	7	
hybridi 50% plug		1	10	
EU-VI	18	43	50	
Sähköbussit		10	28	
Bussit muut				
EU-I	9	4	-	

EU-II	22	10	-	
EU-III	28	17	9	
EU-IV	18	14	10	
EU-V	10	17	22	
EU-VI	2	19	33	
EEV	10	19	26	

* Euro 6-tason diesel-henkilöautojen päästöjen oletettiin olevan todellisuudessa Euro 5-tasoa vuonna 2020. Vuodelle 2024 oletettiin 70 % Euro 6-tason henkilöautoista olevan Euro 5-tasoa ja 30 % Euro 6 tasoa. Tämä johtuu siitä, että todellisissa mittauksissa on havaittu Euro 6 -dieselhenkilöautojen päästöjen olevan tällä hetkellä Euro 5 -tasoa.

Liikenteen euroluokkakajakauman tiedot on saatu hyödyntämällä VTT:n Liisa-laskentajärjestelmää (<http://liipasto.vtt.fi/liisa/>). Kaupunkibussien osuudet on saatu HSL:ltä. Muiden bussien osuudet nykytilanteessa saatiin VTT:ltä (Laurikko 2015), ja tulevaisuuden kehitys tehtiin HSY:n omana asiantuntija-arviona.

Bensiini- ja dieselhenkilöautojen suoriteosuus

Taulukko 4. Bensiini- ja dieselautojen suoriteosuudet.

	2015 %	2020 %	2024 %
Bensiini	63	57	53
Diesel	37	43	47

Henkilöautojen bensiini/diesel-suhteen tiedot on saatu VTT:n Aliisa-järjestelmästä (Mäkelä 2015) huomioiden, että dieselautojen suorite on 1,57-kertainen bensiinikäyttöisiin autoihin verrattuna.

HSL:n ja muiden bussien osuus

Taulukko 5. HSL:n bussien ja muiden bussien osuudet katukuiluissa.

	Bussi HSL %	Bussi muu %
Töölöntulli	58	42
Mäkelänkatu	75	25
Hämeentie	84	16

Kaupunkibussien ja muiden bussien osuudet katukuiluissa perustuvat Strafican (Pesonen, Haapamäki, 2013) tekemään mallitukseen.

Suoran NO₂:n osuus

Taulukko6. Eri ajoneuvojen suoran NO₂ osuus.

	EU-0 %	EU-1/I %	EU-2/II %	EU-3/III %	EU-4/IV %	EU-5/V %	EU-6/VI %	EEV %	hybridi %
Henkilöautot bensiini	5	5	5	5	5	5	4	-	-
Henkilöautot diesel	8	8	11	35	43	32	40	-	-
Pakettiautot	11	13	11	13	27	27	20	-	-
Kuorma-autot	11	11	19	19	7	9	10	-	-
Bussit			3	4	4	4	30	30	30

Suoran NO₂-osuuksien arvioimisessa on käytetty tietoja kirjallisuudesta sekä omaa asiantuntija-arviota (HBEFA sekä Carslaw ja Rhys-Tyler, 2013).

Liikenteen keskimääräinen vuorokausinopeus

Nopeusrajoitus Töölöntullissa ja Mäkeläkadulla on 50 km/h ja Hämeentiellä 40 km/h. Ruuhkatuntien aikana nopeus on kuitenkin huomattavasti alhaisempi kuin sujuvan liikenteen aikana. Liikenteen keskimääräinen vuorokauden tuntinopeuden arviointi perustuu Helsingin liikennesuunnitteluviraston tekemään tutkimukseen liikenteen sujuvuudesta Helsingissä (Helman, 2011) ja Strafican tekemään mallitukseen (Pesonen, Haapamäki, 2013).

Biopolttoaineen käyttö

Taulukko 7. Biopolttoaineen määrä.

Bussit	2015 %	2020 %	2024 %
Biopolttoainetavoite	8	20	20
BAU	8	50	75
HSL	26	100	100

Bussien biopolttoaineen käytön arvio on saatu HSL:ltä.

<http://www.oil.fi/fi/ymparisto-biopolttoaineet/biopolttoaineet-liikenteessa>

Päästökertoimet

Päästökertoimina käytettiin pääasiassa HBEFA:n (version 3.2) päästökertoimia (www.hbefa.net), Lisäksi käytettiin seuraavia bussien päästökertoimia (HSL):

-hybridi = $0.75 \cdot \text{EU-VI}$

-hybridi 50 % plug = $0.50 \cdot \text{hybridi}$

-eev light = $0.75 \cdot \text{eev}$

Taustapitoisuudet ja sää

Mallinnuksessa käytettiin HSY:n Kallion kaupunkitausta-aseman vuoden 2014 pitoisuuksia, ja myös Ilmatieteen laitoksen sääaineisto (lämpötila, tuulennopeus, tuulensuunta, nettosäteily, sekoituskorkeus) oli vuodelta 2014. Mallituksissa oletettiin taustapitoisuuden laskevan $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vuoteen 2024 mennessä. Muutoksen oletettiin olevan lineaarinen vuosien 2015 ja 2024 välillä.

Liikenteen aikajakaumat

Liikenteen tunti-, vuorokausi- ja viikkoajakaumatiedot ovat vuodelta 2014, ja niitä on sovellettu myös muille mallinnusvuosille, Kyseiset aikajakaumatiedot on saatu Helsingin kaupungin kaupunkisuunnitteluvirastosta (Lilleberg ja Helman, 2015).

Taulukko 8. Liikenteen ajallinen vaihtelu .

	Kantakaupunki
Tunti	
0	1823
1	1105
2	782
3	746
4	1119
5	3375
6	12893
7	24497
8	28372
9	20348
10	17282
11	17982
12	18602
13	18590
14	21245
15	28398
16	29799
17	24773
18	19365
19	14999
20	12779
21	9337
22	5557
23	3262

	Niemi	Kantakaupunki	Kaupunki
Viikonpäivä			
maanantai	103	103	109
tiistai	109	108	112
keskiviikko	110	110	113
torstai	112	112	113
perjantai	114	113	113
lauantai	80	79	71
sunnuntai	72	75	69

Viikko	Niemi, Kantakaupunki & Kaupunki
1	72
2	99
3	100
4	98
5	99
6	98
7	100
8	87
9	102
10	101
11	101
12	101
13	102
14	104
15	104
16	103
17	104
18	110
19	106
20	107
21	108
22	97
23	108
24	108
25	104
26	97
27	89
28	81
29	75
30	73
31	82
32	94
33	103
34	106
35	106
36	105
37	105
38	105
39	105
40	107
41	106
42	104
43	105
44	106
45	104
46	105
47	106
48	104
49	105
50	106
51	108
52	85

Lähteet

Berkowicz, R., 2000. OSPM - A parameterised street pollution model. *Environ. Monit. and Assessment*, 65(1-2): p. 323-331.

Carslaw, D., Rhys-Tyler, G., 2013. Remote sensing of NO₂ exhaust emissions from road vehicles. DEFRA Project Reference:332c2011 (City of London Corporation),334c2011 (London Borough of Ealing).

Helman, T. Liikenteen sujuvuus Helsingissä 2011. Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto. 2011:3.

Hertel, O. & Berkowicz, R., 1989. Modelling Pollution from Traffic in a Street Canyon. Evaluation of Data and Model Development, National Environmental Research Institute (NERI), DMU LUFT-A129, Roskilde, Denmark, ISBN 87-7440-141-6, 77 p.

Johansson C., 2015. Environment and Health Administration, City of Stockholm. Work on Air Quality. Kalvoesitys Ilmansuojeluyhdistyksen opintomatalla Tukholmaan 24.9.2015

Laurikko, J., 2015. Kirjallinen tiedonanto 30.10.2015.

Lilleberg, I., Hellman, T., 2015. Liikenteen kehitys Helsingissä vuonna 2014. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston liikennesuunnitteluosaston selvityksiä. 2015:3.

Mäkelä, K., 2015. Kirjallinen tiedonanto 14.10.2015.

Pesonen, H., Haapamäki, T., 2013. Helsingin kantakaupungin ilmanlaadun kehityssuunnuste 2020, Liikenneennusteet.

VTT 2011. Optimized usage of NExBTL renewable diesel fuel, VTT Research Notes 2604, <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2011/T2604.pdf>.

VTT 2015. Kilometriveron vaikutukset liikkumiseen, VTT Technology 227 verkkojulkaisu. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2015/T227.pdf>

Ympäristökeskus 2014. Helsingin 30 % päästövähennysselvitys, Kasvihuonekaasupäästöjen kehitys ja vähentämisen kustannustehokkaat toimenpiteet. Ryyänen, E., Oja, L., Vehviläinen, I., Pietiläinen, O-P., Antikainen, R. ja Tainio, P. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisu 7/2014.

Ympäristökeskus 2016a. Helsingin Ilmansuojelusuunnitelma 2017–2024.

Ympäristökeskus 2016b. Helsingin parhaat keinot päästöjen vähentämisessä -Siemens City Performance Tool –mallinnus <http://www.siemens.fi/pool/cc/brochures/sustainability/helsinki-cypt-report---mar-2016.pdf>



HSY:n julkaisuja | HRM:s publikationer 9/2016

ISSN-L 1798-6087

ISSN 1798-6095 (pdf)

ISBN 978-952-7146-20-0 (pdf)

Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä

PL 100, 00066 HSY, Opastinsilta 6 A, 00520 Helsinki

Puh. 09 156 11, Fax 09 1561 2011, www.hsy.fi

Samkommunen Helsingforsregionens miljötjänster

PB 100, 00066 HRM, Semaforbron 6 A, 00520 Helsingfors

Tfn 09 156 11, Fax 09 1561 2011, www.hsy.fi

Helsinki Region Environmental Services Authority

P.O. Box 100, FI-00066 HSY, Opastinsilta 6 A, 00520 Helsinki

Tel. +358 9 15611, Fax +358 9 1561 2011, www.hsy.fi