



Helsingin kaupunki
Ympäristökeskus

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 7/2013



Ympäristövyöhyke Helsingissä ja eräissä Euroopan kaupungeissa vuonna 2012

Jukka-Pekka Männikkö ja Jatta Salmi

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 7/2013

Jukka-Pekka Männikkö ja Jatta Salmi

Ympäristövyöhyke Helsingissä ja eräissä Euroopan kaupungeissa vuonna 2012

Helsingin kaupungin ympäristökeskus
Helsinki 2013

Kannen kuva: © Jukka-Pekka Männikkö

ISSN 1235-9718
ISBN 978-952-272-451-9
ISBN (PDF) 978-952-272-452-6

Painopaikka: Kopio Niini Oy
Helsinki 2013

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	4
Sammandrag.....	6
Summary.....	8
1 Johdanto	10
1.1 Tausta	10
1.2 Tavoitteet	10
1.3 Selvityksen sisältö.....	11
1.4 Tekijät	11
2 Liikenne ja kaupunkien ilmanlaatu	12
2.1 Kaupunkien ilmanlaatu.....	12
2.2 Ajoneuvojen päästönormit ja todelliset päästöt.....	14
2.2.1 Euro-päästö määräykset	14
2.2.2 Ajoneuvojen typenoksidi- ja hiukkaspäästöjen kehitys 1990–2012.....	16
2.2.3 Todelliset pakokaasupäästöt.....	19
2.2.4 Tulevien Euro 6/VI -päästö määräysten vaikutukset	21
2.3 Pakokaasujen terveyshaitat	21
2.3.1 Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀) ja karkeat hengitettävät hiukkaset (PM _{2,5-10})	21
2.3.2 Pienhiukkaset (PM _{2,5}) ja ultrapienet hiukkaset	22
2.3.3 Typenoksidit (NO _x) ja otsoni (O ₃)	23
2.3.4 Bensini- ja dieselmootoreiden päästöt.....	23
2.3.5 Dieselpakokaasujen karsinogeenisuus	24
2.3.6 Raskaiden ajoneuvojen ja ammattiliikenteen päästöt	24
2.4 Suomen ajoneuvokanta	25
2.5 Ympäristövyöhykkeet.....	27
2.6 Ympäristövyöhykkeiden tietokanta.....	28
3 Helsingin ympäristövyöhyke.....	30
3.1 Helsingin ilmanlaatu	30

3.2	Esiselvitys ympäristövyöhykkeen soveltuvuudesta Helsinkiin.....	32
3.2.1	Esiselvityksen tietojen päivitys	33
3.3	Ympäristövyöhyke ja raskaan liikenteen rajoitusalue vuonna 2012	34
4	Esimerkkejä muiden Euroopan maiden ympäristövyöhykkeistä.....	37
4.1	Göteborg, Ruotsi	37
4.2	Kööpenhamina, Tanska	40
4.3	Berliini, Saksa.....	42
4.4	Lontoo, Iso-Britannia	44
4.5	Milano, Italia	47
5	Ympäristövyöhykkeiden vaikutukset kaupunkien ilmanlaatuun	50
5.1	Göteborg, Ruotsi	50
5.2	Kööpenhamina, Aalborg, Århus, Odense, Tanska	51
5.3	Berliini ja Leipzig, Saksa	54
5.3.1	Ympäristövyöhykkeen vaikutukset ilmanlaatuun Berliinissä.....	54
5.3.2	Ympäristövyöhykkeen vaikutukset ilmanlaatuun Leipzigissä	56
5.4	Lontoo, Iso-Britannia	56
5.5	Helsingin voimassa olevan ympäristövyöhykkeen vaikutukset	57
6	Muiden kaupunkien kokemusten soveltaminen Helsinkiin	58
6.1	Ilmanlaadun mallinnuksien ongelmat	58
6.2	Saksan ympäristövyöhykemallin soveltaminen Helsinkiin.....	58
6.3	Kööpenhaminan ympäristövyöhykkeen hyödyt.....	59
6.4	Erot Helsingin ja raportin esimerkkikaupunkien ilmanlaadussa	59
7	Johtopäätökset ja suositukset jatkotoimenpiteiksi	61
7.1	Johtopäätökset.....	61
7.1.1	Ympäristövyöhykkeen vaikutukset hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuuksiin	61
7.1.2	Ympäristövyöhykkeen vaikutukset pienhiukkasten ($PM_{2,5}$) pitoisuuksiin	62
7.1.3	Ympäristövyöhykkeen vaikutukset typpidioksidin (NO_2) pitoisuuksiin ..	62
7.1.4	Vertailu vuoden 2007 esiselvityksen johtopäätöksiin	63

7.1.5 Helsingin ympäristövyöhykkeen tilanne vuonna 2012.....	64
7.1.6 Laajan ympäristövyöhykemallin soveltuvuus Helsinkiin	64
7.1.7 Laajan ympäristövyöhykkeen välilliset vaikutukset	66
7.1.8 Suorat vaikutuskeinot.....	66
7.2 Suositukset jatkotoimenpiteiksi	67
7.2.1 Ympäristövyöhykkeen toiminnan jatkaminen	67
7.2.2 Bussiliikenteen kaluston ja reittien kehittäminen	67
7.2.3 Helsingin kaupungin omat toimenpiteet	68
7.2.4 Yleiset pitkän aikavälin toimenpiteet liikenteen päästöjen vähentämiseksi	69

Tiivistelmä

Ympäristövyöhykkeillä tarkoitetaan kaupunkien alueita, joilla ilmanlaadun parantamiseksi rajoitetaan tiettyjen ajoneuvojen käyttöä. Ympäristövyöhykkeen soveltuvuutta Helsinkiin arvioitiin viimeksi vuonna 2007 julkaistussa esiselvityksessä. Vuonna 2010 Helsingin kantakaupungin alueella otettiin kaupunginhallituksen päätöksellä käyttöön paikallisbussiliikenteen ja jätekuljetusten kilpailutuksia koskeva ympäristövyöhyke. Ympäristövyöhykkeitä on otettu käyttöön esiselvityksen jälkeen useissa Euroopan kaupungeissa, ja tutkimustietoa niiden vaikutuksista kaupunkien ilmanlaatuun on julkaistu. Tietoja Euroopan ympäristövyöhykkeiden säännöksistä on saatavilla verkkosivustolla www.lowemissionzones.eu.

Tämän selvityksen tavoitteena oli luoda yhteenveto ympäristövyöhykkeiden yleisimmistä malleista vuonna 2012 ja niiden todetuista vaikutuksista kaupunkien ilmanlaatuun eri Euroopan kaupungeissa. Selvitys toimii taustamateriaalina keskustelulle Helsingin ympäristövyöhykkeen sääntöjen mahdollisesta muuttamisesta. Selvitykseen kerättyjä tietoja ajoneuvojen teknisten muutosten vaikutuksista kaupungin ilmanlaatuun voidaan hyödyntää muissa asiaan liittyvissä selvityksissä ja päätöksenteossa. Selvityksessä esitetään taustatietoja Euroopan unionin selvityksistä ja säädöksistä, ajoneuvojen päästöluokista, Suomen autokannasta ja liikenteen päästöistä Helsingissä. Liikenteen päästöjä Helsingissä tarkastellaan terveyshaittojen ja ilmanlaadun raja- ja ohjearvojen kannalta. Helsingin lisäksi esitellään viiden muun kaupungin ympäristövyöhykkeet. Näiden lisäksi tuoreita tutkimustuloksia esitellään kahdesta muusta kaupungista.

Raskas liikenne ja vanhat dieselajoneuvot aiheuttavat suuren osan kaupunkien ilmanlaatua heikentävistä pakokaasupäästöistä. Tästä syystä yleisimmät ympäristövyöhykkeiden rajoitukset kohdistuvat nimenomaan yli 3,5 tonnin painoiisiin raskaisiin ajoneuvoihin. Saksassa ympäristövyöhykkeiden rajoitukset kuitenkin koskevat myös henkilöautoja.

Muissa Euroopan kaupungeissa saadut tutkimustulokset ympäristövyöhykkeiden vaikutuksista ovat osittain ristiriitaisia. Joissain kaupungeissa, missä rajoitukset koskevat vain raskasta liikennettä, vaikutuksia ilmanlaatuun ei havaittu lainkaan. Toisaalta Saksassa saatujen tulosten mukaan vähennykset tietyissä epäpuhtauksissa, kuten dieselmoottoreiden päästämässä mustassa hiilessä, voivat olla suuriakin. Mustan hiilen pitoisuuksien on todettu indikoivan vahvasti liikenteen aiheuttamien terveyshaittojen ilmenemistä.

Selvityksen perusteella ympäristövyöhykkeiden avulla on mahdollista vähentää pakokaasujen pienhiukkaspäästöjä (PM_{2,5}). Vaikutus johtuu pääosin dieselajoneuvojen uusiutumisesta tai epäsuorasti dieselajoneuvojen vähenemisestä, jos vaatimukset ovat tiukempia dieselajoneuvoille. Pienhiukkaspäästöjen leikkaaminen ympäristövyöhykkeellä edellyttäisi raskailta ajoneuvoilta Euro IV -päästömääräysten täyttämistä ja kevyiltä dieselajoneuvoilta Euro 5 -päästömääräysten täyttämistä. Pienhiukkaset ovat terveydelle haitallisia myös raja-arvot alittavissa pitoisuuksissa, joten ympäristövyöhykkeen perustamisella saavutettaisiin terveydellisiä hyötyjä. Ympäristövyöhykkeen hyödyt pienhiukkasten pitoisuuksien alentamisessa olisivat kuitenkin rajallisia, sillä pakokaasut muo-

dostavat Helsingissä vain pienehkön osan pienhiukkaspitoisuuksista. Toisaalta polttoperäisten pienhiukkasten terveyshaittoja pidetään yleisesti kaukokulkeutuneita pienhiukkasia suurempina, joten tarkempi johtopäätös saavutettavissa olevista hyödyistä edellyttäisi pitoisuusmuutosten ja terveyshyötyjen tarkkaa analyysiä.

Typpidioksidin pitoisuuksien kannalta ympäristövyöhykkeellä ei olisi suoraan merkitystä. Bensiiniautojen kolmitoimikatalysaattorit leikkasivat typenoksidipäästöjä huomattavasti jo 90-luvulla, mutta uusien bensiiniautojen katalysaattorit toimivat kylmässä ilmassa yhtä huonosti kuin vanhojenkin bensiiniautojen katalysaattorit. Pääosa bensiiniautojen typenoksidipäästöistä on typpimonoksidia (NO), joka ei ole terveydelle haitallista. Uusilla dieselajoneuvoilla suorat typpidioksidi (NO₂) -päästöt ovat lisääntyneet huomattavasti pienhiukkaspäästöjen rajoittamiseen käytettävästä tekniikasta johtuen. Vuosina 2014–2016 voimaan tulevilta dieselmootoreiden Euro 6 / VI -päästömääräyksiltä odotetaan tilanteeseen helpotusta, mutta Euro 5 -päästömääräysten ollessa voimassa dieselajoneuvojen uusiutuminen ei vähennä typpidioksidipäästöjä.

Verrattaessa Helsingin ilmanlaatua useiden ympäristövyöhykkeitä käyttöön ottaneiden kaupunkien ilmanlaatuun voidaan todeta, että Helsingin tilanne on suhteellisen hyvä. Helsingissä esimerkiksi pienhiukkasten (PM_{2,5}) vuosikeskiarvo on pysynyt kansainvälisesti hyvin tiukan WHO:n ohjearvon 10 µg/m³ alapuolella tai lähellä sitä. Helsingissä ongelmia on aiheutunut typpidioksidin (NO₂) vuosirajarvon ylityksistä, mikä on yleistä Euroopan suurissa kaupungeissa. Tähän ongelmaan ympäristövyöhyke ei tuo apua.

Tämän selvityksen perusteella laajaa, yksityisiä toimijoita koskevaa ympäristövyöhykettä ei esitetä, sillä rajoitusten vaikutus ilmanlaatuun olisi suhteellisen pieni ja näin ollen kustannustehokkuus heikko. Laaja ympäristövyöhyke aiheuttaisi kustannuksia tai toiminnan vaikeutumista myös sellaisille toimijoille, jotka vierailivat ympäristövyöhykkeen alueella vain harvoin ja joiden toiminnalla ei ole vaikutusta alueen ilmanlaatuun.

Nykyisen ympäristövyöhykkeen jatkamista suositellaan, sillä HSL:n ja HSY:n kilpailutuksia koskevan ympäristövyöhykkeen vaatimusten kustannustehokkuus on huomattavasti yleisiä rajoituksia parempi. Kyseinen kalusto on raskasta dieselkalustoa, jota käytetään ympäristövyöhykkeellä jatkuvasti.

Selvityksen lopussa esitetään kohdennettuja toimenpiteitä, joilla voitaisiin vähentää sekä pienhiukkas- että typenoksidipäästöjä laajaa ympäristövyöhykettä kustannustehokkaammin.

Sammandrag

Med miljözon avses områden i städer där användningen av vissa fordon begränsas för att luftkvaliteten ska förbättras. Hur en miljözon lämpar sig för Helsingfors bedömdes senast i en förutredning som publicerades 2007. I Helsingfors innerstad infördes 2010 genom stadsstyrelsens beslut en miljözon angående konkurrensutsättning av den lokala busstrafiken och avfallstransporterna. Ett flertal europeiska städer har efter en förutredning tagit i bruk ett system med miljözoner och det har publicerats forskning om effekterna på städernas luftkvalitet. Information om föreskrifterna som gäller miljözonerna i Europa finns på webbplatsen www.lowemissionzones.eu.

Syftet med den här utredningen var att sammanfatta de vanligaste modellerna för miljözoner 2012 och de fastställda effekterna på luftkvaliteten i olika städer i Europa. Utredningen utgör ett bakgrundsmaterial för en diskussion om en eventuell ändring av bestämmelserna om miljözonen i Helsingfors. Uppgifter om de effekter som tekniska ändringar i fordon har på luftkvaliteten i städer kan utnyttjas även i andra utredningar kring ärendet och i beslutsfattandet. I utredningen presenteras bakgrundsinformation om Europeiska unionens utredningar och regler, fordons utsläppsklasser, Finlands bilbestånd och trafikutsläppen i Helsingfors. Trafikutsläppen i Helsingfors granskas med tanke på hälsoriskerna och gräns- och riktvärdena för luftkvaliteten. Förutom Helsingfors miljözon presenteras miljözonerna i fem andra städer. Förutom dessa presenteras nya forskningsresultat för två andra städer.

Tung trafik och gamla dieselfordon förorsakar en stor del av de avgasutsläpp som försvagar luftkvaliteten i städer. Av den här orsaken gäller de vanligaste miljözonbegränsningarna tunga fordon som väger över 3,5 ton. I Tyskland gäller begränsningarna för miljözonerna även personbilar.

Forskningsresultaten som erhållits i övriga städer i Europa av effekterna av miljözoner är delvis motstridiga. I vissa städer där begränsningarna endast gäller den tunga trafiken har överhuvudtaget inga effekter på luftkvaliteten kunnat konstaterats. Å andra sidan visar tyska resultat på att minskningen av vissa föroreningar som t.ex. utsläppen av svart kol från dieselmotorer kan vara rentav omfattande. Halterna av svart kol har konstaterats vara en kraftig indikator på hälsoskador förorsakade av trafiken.

Utgående från utredningen är det möjligt att med miljözoner minska partikelutsläppet ($PM_{2,5}$) i avgaser. Effekten beror i huvudsak på förnyelsen av dieseldrivna fordon eller indirekt på en minskning av antalet dieselfordon, ifall kraven är striktare för dieselfordon. En nedskärning av partikelutsläppen inom miljözonen skulle för tunga fordons del förutsätta att utsläppsnormerna för Euro IV uppfylls och för lätta dieselfordons del att utsläppskraven för Euro 5 uppfylls. Partiklarna är hälsoskadliga även i halter där gränsvärdena inte överskrids. Sålunda skulle införandet av en miljözon medföra hälsomässig nytta. Nyttan av en miljözon när det gäller minskningen av partikelhalterna skulle emellertid vara begränsad, eftersom avgaserna endast utgör en tämligen liten del av partikelhalterna i Helsingfors. Å

andra sidan anses hälsoriskerna som partiklar som uppstår vid förbränning medför vara större än riskerna i anslutning till långväga gränsöverskridande partiklar, varför en närmare slutledning om den nytta som kan nås skulle förutsätta en exakt analys av förändringarna av halterna och den hälsomässiga nyttan.

För kvävedioxidhalterna skulle en miljözon inte ha någon direkt betydelse. Trevägskatalysatorerna i bensindrivna bilar minskade kväveoxidutsläppen i betydande omfattning redan under 90-talet, men katalysatorerna i nya bensindrivna bilar fungerar lika dåligt som katalysatorerna i gamla bilar när det är kallt. Den huvudsakliga delen av bensindrivna bilars kväveoxidutsläpp är kvävemonomoxid (NO) som inte är hälsoskadligt. I nya dieselfordon har de direkta kvävedioxidutsläppen (NO₂) ökat betydligt till följd av tekniken som används för att begränsa partikelutsläppen. Utsläppsbestämmelserna Euro 6 / VI för dieselmotorer som träder i kraft 2014–2016 förväntas underlätta situationen, men så länge utsläppskraven Euro 5 är i kraft kommer en förnyelse av dieselfordonen inte att leda till en minskning av kvävedioxidutsläppen.

En jämförelse av luftkvaliteten i Helsingfors med luftkvaliteten i ett flertal av de städer som har infört miljözoner visar att situationen i Helsingfors är relativt god. I Helsingfors har till exempel årsmedelvärdet för partiklar (PM_{2,5}) hållits under eller nära WHO:s internationellt mycket strikta riktvärde på 10 µg/m³. I Helsingfors har överskridningarna av årsgränsvärdet för kvävedioxid (NO₂) medfört problem, vilket är vanligt i stora städer i Europa. Det här problemet kan inte avhjälpas genom en miljözon.

På basis av den här utredningen föreslås inte en omfattande miljözon som berör privata aktörer, eftersom begränsningarnas effekter på luftkvaliteten skulle vara relativt små och sålunda vore kostnadseffektiviteten dålig. En omfattande miljözon skulle medföra kostnader eller försvåra verksamheten även för sådana aktörer som endast sällan besöker miljözonsområdet och vars verksamhet inte påverkar luftkvaliteten i området.

En fortsättning för den nuvarande miljözonen rekommenderas, eftersom kostnadseffektiviteten för kraven på miljözonen som gäller HRT:s och HRM:s anbudsförfaranden är betydligt bättre än de allmänna begränsningarna. Deras fordon är tunga dieselfordon som används kontinuerligt inom miljözonen.

I slutet av utredningen föreslås åtgärder i syfte att reducera partiklarnas kväveoxidutsläpp kostnadseffektivare än genom en omfattande miljözon

Summary

“Environmental zone” refers to areas in cities where the use of certain vehicles is restricted in order to improve the air quality. Suitability of an environmental zone in Helsinki was last evaluated in a preliminary evaluation published in 2007. An environmental zone concerning local bus traffic and waste transportation was introduced in the Helsinki inner city area in 2010, following a City Board decision. After the preliminary evaluation in 2007, environmental zone systems have been introduced in several European cities and information has been published regarding their effects on the air quality in the cities in question. For further information on the regulations regarding European environmental zones, please refer to www.lowemissionzones.eu.

This report aimed to create a summary of the most common environmental zone models used in 2012 and their effects on the air quality in various European cities. The report serves as background material for the discussion on possible changes in the rules for the environmental zone in Helsinki. The information gathered for this report on the effects of the technical changes in vehicles on the air quality of the city can be utilised in other related reports and decision-making. The report presents background information on reports and regulations of the European Union, the emission classes, the Finnish motor vehicle population, and the traffic emissions in Helsinki. The emissions in Helsinki are studied from the perspective of health hazards and the threshold and reference values of air quality. The environmental zones in five other cities are also presented in the report, as well as new research results from a further two cities.

A large part of the exhaust emissions that reduce air quality in cities comes from heavy traffic and old diesel-powered vehicles. Therefore, the most common regulations for environmental zones apply to heavy vehicles over 3.5 tons in weight. However, in Germany environmental zone regulations apply also to passenger cars.

The research results on the effects of the environmental zones gained from other European cities are, to some extent, inconsistent. No effects were recorded in some of the cities where the limitations only apply to heavy traffic. At the same time, the results from Germany indicate that reductions in the amounts of certain impurities, such as black carbon released from diesel engines, can be significant. The level of black carbon has been noted to be a strong indicator of the health hazards caused by traffic emissions.

Based on the report, it seems that environmental zones can help to reduce fine particle emissions from exhaust gases (PM_{2.5}). This effect is mainly caused by replacing old diesel vehicles with new ones or indirectly by the decrease in the number of diesel vehicles, if their requirements are stricter. Decreasing fine particle emissions on the environmental zone would require the heavy vehicles to meet the Euro 4 emission regulations and light diesel vehicles to meet the Euro 5 emission regulations. The fine particles can cause health hazards even if their concentration does not exceed the threshold values, which means that es-

establishing an environmental zone could have positive health effects. However, the effects of the environmental zone on reducing the concentration of fine particles are limited, due to the fact that exhaust emissions only form a rather small part of the overall fine particle concentration in Helsinki. At the same time, the health hazards caused by fine particles from local combustion are generally considered higher than those from long-range transported fine particles, and a more detailed analysis of the changes in the concentration and health effects would be required before any detailed conclusions could be drawn regarding the possible effects.

The environmental zone would not have a direct effect on the concentration of nitrogen dioxide. The three-way catalytic converters in petrol cars significantly decreased nitrogen oxide emissions already in the 90s, but the performance of the catalytic converters of new cars in cold conditions is just as poor as that of old cars. Most of the nitrogen oxide emissions from petrol cars consist of nitrogen monoxide (NO), which does not present any health hazards. The direct nitrogen dioxide (NO₂) emissions from new diesel vehicles have increased significantly, due to the technology used to limit fine particle emissions. The Euro 6 emission regulations will take effect in 2014–2016, and they are expected to improve this situation. However, as long as the Euro 5 emission regulations apply, replacing old diesel vehicles with new ones will not reduce the amount of nitrogen dioxide emissions.

When comparing air quality in Helsinki to that in many of the other cities that have introduced environmental zones, the situation in Helsinki is relatively good. For example, the annual average of fine particle (PM_{2.5}) concentration in Helsinki has remained below or very close to the WHO reference value of 10 µg/m³, which is internationally a very strict limit. In Helsinki, the annual limit value of nitrogen dioxide (NO₂) is often exceeded, which is a common problem in the large cities in Europe, and one for which the environmental zone does not offer a solution.

Based on this report, an extensive environmental zone that would apply to private operators is not proposed, because the effects of the limitations on air quality would be relatively small and the cost-efficiency low. A more expansive environmental zone would cause additional costs and make operations more difficult even for operators who only visit the area rarely and whose operations have no effect on air quality in the area.

However, the current environmental zone is suggested to be maintained, because the cost-efficiency of the requirements of the environmental zone that applies to the HSL and HSY competitive tendering processes is significantly higher than the cost-efficiency of general limitations would be. The vehicle fleet in question consists of heavy diesel vehicles used continuously on the environmental zone.

The end of the report suggests some targeted actions to reduce the amount of fine particle and nitrogen oxide emissions more cost-efficiently than if a more extensive environmental zone was introduced.

1 Johdanto

1.1 Tausta

Tieliikenne aiheuttaa terveyshaittoja ilmanlaadun heikkenemisen ja melun vuoksi. Ilmanlaatua heikentävät sekä ajoneuvojen pakokaasupäästöt että liikenteen nostama katupöly. Ympäristövyöhyke on alue, jolla rajoitetaan suurimmat pakokaasupäästöt aiheuttavien ajoneuvojen käyttöä. Ympäristövyöhykkeitä on voimassa useissa Euroopan kaupungeissa, ja niiden määräykset vaihtelevat huomattavasti.

Ympäristövyöhykkeiden tarkoituksena on vähentää ilmanlaatua heikentäviä ja ihmisten terveyteen haitallisesti vaikuttavia pakokaasupäästöjä. Ensisijaisena tarkoituksena ei siis ole vähentää kasvihuonekaasupäästöjä, sillä joissain tapauksissa kasvihuonekaasupäästöjen ja ilmanlaatua heikentävien päästöjen vähentämismenetelmät voivat olla keskenään ristiriitaisia. Ympäristövyöhykkeiden käytännön tavoitteena on yleensä alueella liikennöivän ajoneuvokannan nopeampi uusiutuminen. Usein ympäristövyöhykkeet koskevat vain raskasta liikennettä, mutta esimerkiksi useissa Saksan kaupungeissa on otettu viime vuosina käyttöön myös henkilöautoja koskevia ympäristövyöhykkeitä. Yleisin rajoitusperuste on ajoneuvon hiukkaspäästöt.

Viisi vuotta sitten julkaistiin Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen tilaama esiselvitys ympäristövyöhykkeen soveltuvuudesta Helsinkiin (Nylund, Mäkelä, 2007). Tuolloin useiden kaupunkien ympäristövyöhykkeet olivat vasta suunnitteluvaiheessa ja niiden vaikutuksista oli pelkkiä ennusteita. Esiselvityksen tietoja täydennettiin vuonna 2010 Helsingin ilmansuojelutyöryhmän vähäpäästöisiä ajoneuvoja ja ympäristövyöhykkeen perustamista koskevassa taustamuistiossa.

Helsingissä on esiselvityksen jälkeen otettu kaupunginhallituksen päätöksellä käyttöön ympäristövyöhyke, joka koskee ainoastaan bussiliikenteen ja jätteenkuljetuksen kilpailutuksia. Vyöhykkeen sisällä liikennöivältä kalustolta edellytetään kilpailutuksessa tiukempia päästönormeja kuin muulta kalustolta. Helsingin kantakaupungissa on myös erillinen rajoitusalue yli 12 metriä pitkille raskaille ajoneuvoille. Rajoitusalue ei koske linja-autoja. Yhdessä näillä toimenpiteillä on vaikutus suureen osaan Helsingin kantakaupungin alueella liikennöivästä raskaasta kalustosta, vaikka varsinaista ympäristövyöhykettä ei ole voimassa. Koska Helsingin ympäristövyöhyke koskee vain kilpailutuksia, sitä ei notifioida Euroopan komissiolle.

1.2 Tavoitteet

Ympäristövyöhykkeiltä on usein suunnittelu- ja perustamisvaiheissa odotettu suuria vaikutuksia liikenteen päästöihin ja myös kaupunkien ilmanlaatuun. Näistä vaikutuksista ei kuitenkaan aikaisemmin ole ollut saatavilla kattavia tutkimustietoja. Vuonna 2012 useimmat Euroopan kaupunkien ympäristövyöhykkeet ovat olleet voimassa jo joitain vuosia, ja tutkimustuloksia ympäristövyöhykkeiden vaiku-

tuksista on saatavilla. Tulokset tarjoavat mahdollisuuden arvioida hyötyjä, joita Helsingin ympäristövyöhykkeen määräysten muuttamisella voitaisiin saavuttaa. Selvitys on tehty pohjatyöksi keskustelulle Helsingin ympäristövyöhykkeen määrittelyjen muuttamisesta tai vyöhykkeen laajentamisesta.

Tavoitteena on selvittää, kuinka erilaiset ympäristövyöhykkeet ovat vaikuttaneet ilmanlaatuun ja terveydelle haitallisiin lähipäästöihin kaupungeissa, joissa ympäristövyöhykkeitä on perustettu. Selvityksessä pohditaan myös sitä, voidaanko Helsingissä odottaa saatavan vastaavia tuloksia kuin muualla, jos ympäristövyöhykettä päätettäisiin laajentaa tulevaisuudessa.

1.3 Selvityksen sisältö

Tässä selvityksessä esitellään lyhyesti taustatietoja Euroopan unionin säännöksistä, jotka liittyvät kaupunkien ilmanlaatuun ja liikenteeseen. Helsingistä käydään läpi ilmanlaadun keskeiset seurantatiedot ja nykyisen ympäristövyöhykkeen valmistelu. Myös ajoneuvojen päästönormeihin ja ajoneuvokannan kehitykseen liittyviä tietoja tarkastellaan kaupunkien ilmanlaadun kannalta. Ympäristövyöhykkeet perustuvat oletukseen, että uudempien ajoneuvojen päästöt ovat aina pienempiä kuin vanhempien ajoneuvojen päästöt. Useimmiten näin onkin, mutta sääntöön on olemassa myös poikkeuksia. Ajoneuvojen päästöjä ja päästönormeja käsittelevissä luvuissa esitetään tuoreita tutkimustuloksia ajoneuvojen todellisista päästöistä.

Sisällön kannalta keskeisiä ovat ympäristövyöhykejärjestelmien esittelyt valituista Euroopan kaupungeista, joissa virallinen ympäristövyöhyke on otettu käyttöön. Useiden maiden viranomaiset ja tutkimuslaitokset ovat julkaisseet ympäristövyöhykkeiden vaikutuksia arvioivia tutkimuksia, joita käydään läpi raportin lopussa. Selvityksen esimerkeissä keskitytään pääosin samoihin kaupunkeihin kuin vuoden 2007 esiselvityksessä. Vuoden 2007 esiselvityksen johtopäätökset esitellään lyhyesti. Selvityksen lopussa arvioidaan, kuinka tilanne on muuttunut vuodesta 2007.

Edellä mainittujen kohtien perusteella arvioidaan, voisiko ympäristövyöhykkeen laajentaminen esimerkiksi Saksan ympäristövyöhykemallia vastaavaksi tuottaa niin merkittäviä hyötyjä, että toimenpiteitä kannattaisi harkita myös Helsingissä.

1.4 Tekijät

Tämän raportin valmistelusta ovat vastanneet FM, vs. ympäristötarkastaja Jukka-Pekka Männikkö ja FM, vs. ympäristötarkastaja Jatta Salmi. Selvitystä varten pyydettiin asiantuntijalausunto TkT, tutkimusprofessori Nils-Olof Nylundilta (TEC TransEnergy Consulting). Käsikirjoitusta kommentoivat myös Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymän asiantuntijat FT Anu Kousa ja FM Liisa Matilainen.

2 Liikenne ja kaupunkien ilmanlaatu

2.1 Kaupunkien ilmanlaatu

Huono ilmanlaatu on jatkuva ongelma monissa eurooppalaisissa kaupungeissa. Usein kaupunki-ilman terveydelle haitallisten epäpuhtauksien tärkein lähde on tieliikenne, sillä tieliikenteen päästöt purkautuvat suoraan katutilaan. Nykyisin ongelmallisimmat tieliikenteen aiheuttamat ilmansaasteet ovat hiukkaset (PM_{10} ja $PM_{2,5}$) ja typpidioksidi (NO_2), jotka vaikuttavat haitallisesti ihmisten terveyteen.



Kuva 1. Yksi metrojuna pystyy kuljettamaan yli 700 matkustajaa ilman pakokaasupäästöjä. Kuva: HKL-Metroliikenne.

Pitoisuusyksikköä kohti hiukkasia pidetään yleisesti huomattavasti haitallisempina terveydelle kuin typpidioksidia. Pakokaasupäästöjen lisäksi myös katupöly voidaan lukea tieliikenteen terveyshaittoja aiheuttaviin päästöihin. Aikaisemmin tieliikenne aiheutti huomattavasti vaarallisempia päästöjä, kuten lyijy- ja rikki-päästöjä, mutta polttoaineiden kehittyminen on käytännössä poistanut nämä päästöt Suomen tieliikenteestä. Polttoainedirektiivin (2009/30/EY) asettama sitova rikkipitoisuuden yläraja tieliikenteen polttoaineille on 10 mg/kg, eli hyvin alhainen.

Euroopan unionissa ilmanlaadun raja-arvot ihmisten terveyden suojelemiseksi on määritelty ilmanlaatudirektiivissä (2008/50/EY). Se yhdistää vuonna 1996 annetun ilmanlaadun puitedirektiivin ja kolme tytärdirektiiviä.

Taulukossa 1 on esitetty Helsingin tieliikenteen päästöjen kannalta keskeiset EU:n määräämät ilmanlaadun raja-arvot. Suomessa typpidioksidin raja-arvo tuli voimaan 1.1.2010. Pienhiukkasten ($PM_{2,5}$) raja-arvo on alitettava viimeistään 1.1.2015. Raja-arvojen saavuttamista Helsingissä tarkastellaan jäljempänä kappaleessa 3.1.

Taulukko 1. Euroopan unionin ilmanlaadun raja-arvot hiukkasille ja typpidioksidille (2008/50/EY).

Ilman epäpuhtaus	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo (293 K, 101,3 kPa)	Sallitut ylitykset vuodessa ¹⁾
Typpidioksidi (NO ₂)	1 tunti	200 µg/m ³	18
	1 vuosi	40 µg/m ³	–
Hengitettävät Hiukkaset (PM ₁₀)	24 tuntia	50 µg/m ³ ²⁾	35
	1 vuosi	40 µg/m ³ ²⁾	–
Pienhiukkaset (PM _{2,5})	1 vuosi	25 µg/m ³ ²⁾	–

1) Raja-arvo katsotaan ylityksi vasta, kun numeroarvon ylityksiä on yli sallitun määrän.

2) Tulokset ilmaistaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Typpidioksidille ja hengitettäville hiukkasille (PM₁₀) on lisäksi kansalliset ohjearvot, joiden tarkoitus on ohjata esimerkiksi pitkän aikavälin liikennesuunnittelua terveydellisten haittojen vähentämiseksi.

Taulukossa 2 on esitetty typpidioksidin ja hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) kansalliset ohjearvot. Ohjearvot on annettu valtioneuvoston päätöksellä vuonna 1996.

Taulukko 2. Ilmanlaadun ohjearvot typpidioksidille ja hengitettäville hiukkasille (PM₁₀) (Vnp 480/1996)

Ilman epäpuhtaus	Ohjearvo (293 K, 101,3 kPa)	Määrittely
Typpidioksidi (NO ₂)	150 µg/m ³ (Vnp)	Kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste
	70 µg/m ³ (Vnp)	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀)	70 µg/m ³ (Vnp)	Kuukauden toiseksi suurin vrk-arvo

WHO julkaisi vuonna 2005 ilmanlaadun globaalit ohjearvot, jotka perustuvat laajoihin tutkimustietoihin ilmansaasteiden terveyshaitoista. Seuraavassa taulukossa on esitetty WHO:n ohjearvot typpidioksidille ja pienhiukkasille (PM_{2,5}). Typpidioksidin ohjearvo on sama kuin EU:n raja-arvo, mutta pienhiukkasten ohjearvo on huomattavasti EU:n raja-arvoa tiukempi.

Taulukko 3. WHO ohjearvot typpidioksidille ja pienhiukkasille (PM_{2,5}) (WHO, 2005).

Ilman epäpuhtaus	Ohjearvo (293 K, 101,3 kPa)	Määrittely
Typpidioksidi (NO ₂)	40 µg/m ³ (WHO)	Vuosikeskiarvo
	200 µg/m ³ (WHO)	Suurin tuntiarvo
Pienhiukkaset (PM _{2,5})	25 µg/m ³ (WHO)	Suurin vuorokausiarvo
	10 µg/m ³ (WHO)	Vuosikeskiarvo

Edellä käsiteltujen ilmansaasteiden lisäksi raja-arvot on asetettu myös rikkidioksidille (SO₂), lyijylle, hiilimonoksidille (CO) ja bentseenille (C₆H₆). Näille aineille on olemassa myös tiukemmat ohjearvot. Lisäksi ohjearvot on olemassa hiukkasten kokonaisleijumalle (TSP) ja haisevien rikkijyhdisteiden kokonaismäärälle (TRS). Näiden raja- ja ohjearvojen lisäksi valtioneuvoston asetuksella (164/2007) on säädetty tavoitearvot arseenille (As), kadmiumille (Cd), nikkelille (Ni) ja Bentso(a)pyreenille. Vuonna 2011 raskasmetallien pitoisuudet olivat selvästi tavoitearvojen alapuolella, mutta bentso(a)pyreenin tavoitearvo ylittyi pientaloalueella Päiväkummussa puunpolton päästöjen vuoksi. (HSY, 2012)

2.2 Ajoneuvojen päästönormit ja todelliset päästöt

2.2.1 Euro-päästömääräykset

Ilmanlaatua koskevien tavoitteiden saavuttaminen edellyttää jatkuvia pyrkimyksiä ajoneuvojen päästöjen vähentämiseksi. Euroopan unioni onkin jatkuvasti tiukentanut moottoriajoneuvojen päästönormeja hiukkasille ja hiilimonoksidille sekä otsonia muodostaville yhdisteille (typenoksidit ja hiilivedyt). Moottoriajoneuvoille on määritetty päästörajoja ns. Euro-määräyksillä, jotka koskevat uusia ajoneuvoja haettaessa EY-tyyppihyväksyntää tai kansallista tyyppihyväksyntää. Normeissa asetetaan enimmäismäärät päästöarvoille, jotka ilmoitetaan henkilö- ja pakettiautoilla suhteessa ajomatkaan (g/km) ja raskailla ajoneuvoilla suhteessa moottorin tuottamaan energiamäärään (g/kWh). Euro-päästömääräyksissä henkilö- ja pakettiautojen luokituksessa käytetään arabialaisia numeroita (Euro 1–Euro 6) ja raskaiden ajoneuvojen luokituksessa roomalaisia numeroita (Euro I–Euro VI).

Euro-päästömääräyksiä on asteittain kiristetty noin viiden vuoden välein. Vuonna 2012 voimassa ovat Euro 5 (raskaille ajoneuvoille Euro V) -päästömääräykset. Ne ovat astuneet voimaan vuosina 2008–2010 ajoneuvotyyppistä riippuen. Käytännössä Euro 4 -henkilö- ja pakettiautoja on myyty uutena vuoteen 2011 saakka.

EEV: Enhanced Environmentally Friendly Vehicle

Vapaaehtoinen, yli 3,5 tonnin raskaiden ajoneuvojen EEV-normi on vaatimuk-siltaan Euro V - ja Euro VI -päästö määräysten välillä. EEV-normi luotiin jo vuonna 1999, mutta aluksi lähinnä vain kaasubussit pystyivät täyttämään nor-min vaatimukset. Hiukkaspäästöjen raja EEV-ajoneuvoilla on noin 30 % alempi kuin Euro V -ajoneuvoilla. NO_x-päästöjen raja on sama molemmilla päästönor-meilla. Vapaaehtoinen EEV-normi on auttanut huomattavasti ajoneuvotekniikan kehittämisessä Euro V -määräykset täyttäväksi.

Euro 6 -standardia sovelletaan 1.9.2014 alkaen henkilöautoille uusien ajoneuvo-tyyppien tyyppihyväksyntään ja 1.9.2015 alkaen niiden rekisteröintiin ja myyntiin. Raskailla ajoneuvoilla Euro VI -vaatimukset tulevat voimaan tyyppihyväksynnäs-sä vuoden 2013 alusta. Henkilöautojen bensiinimoottoreissa päästörajat tulevat säilymään ennallaan, mutta dieselmootoreiden päästövaatimukset kiristyvät Eu-ro 6 -standardin käyttöönoton myötä. Käytännössä nykyiset Euro 5 -bensiinihenkilöautot siis täyttävät jo Euro 6 -päästö määräykset.

Henkilöautojen ja pakettiautojen päästö määräyksissä asetetaan ottomoottoreille (bensini ja kaasu) rajoituksia hiilimonoksidille (CO), kokonaishiilivedyille (THC), ei-metaanisille hiilivedyille (NMHC), typenoksideille (NO_x) ja hiukkasmassalle (PM). Vastaavasti puristussytytysmoottoreille (diesel) rajoituksia asetetaan hiili-monoksidille (CO), typenoksideille (NO_x), hiilivetyjen ja typenoksidien yhteenlas-ketulle massalle (THC + NO_x) ja hiukkasmassalle (PM). Ottomoottoreille sallitaan suuremmat CO-päästöt kun taas puristussytytysmoottoreille on sallittu suurem-mat NO_x-päästöt.

Mainituista päästöistä ainoastaan NO_x on aiheuttanut viime vuosina raja-arvotasojen ylityksiä Helsingissä. Hiilivetyjen (HC) ja hiilimonoksidin (CO) päästöt ovat pienentyneet merkittävästi viimeisen 20 vuoden aikana. Näitä päästöjä ei voida pitää suurena ongelmana uusien autojen moottoreilla, mutta esimerkiksi vanhat moottoripyörät ja mopot saattavat aiheuttaa todella merkittäviä hiilivety-päästöjä moottorin tehoon nähden. Mopojen ja moottoripyörien päästönormit tiu-kentuvat huomattavasti hitaammin kuin autojen päästönormit. Myös kaksitahtiset työkonet saattavat aiheuttaa huomattavia HC- ja CO-päästöjä.



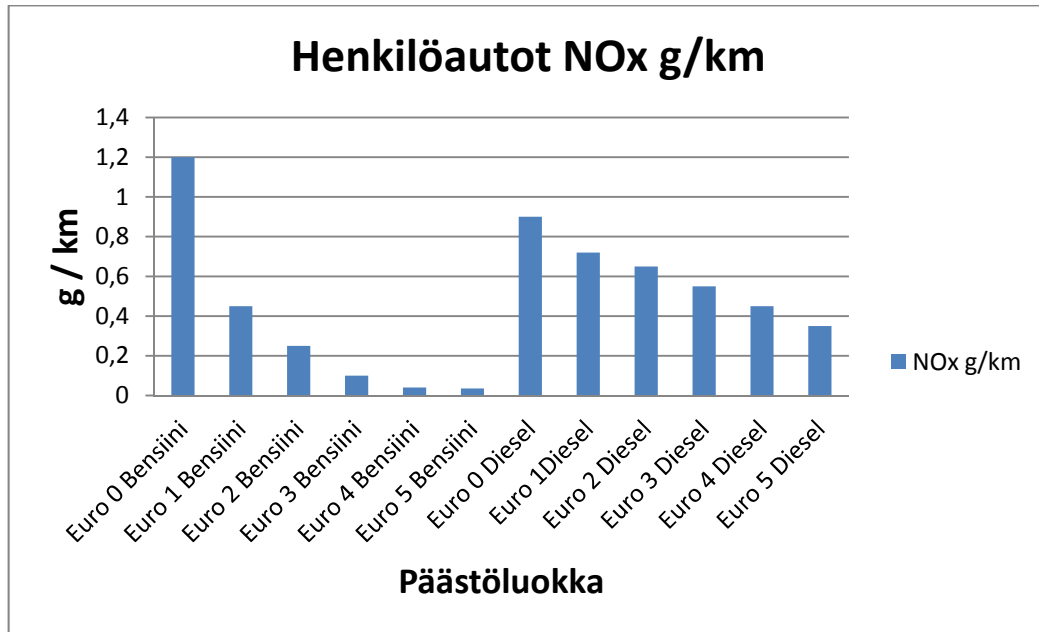
Kuva 2. EEV-päästönormit täyttävä kaasubussi liikennöi Latokartanon ja Munkkivuoren välillä. Kuva: Helsingin Bussiliikenne Oy, Tapio Mäkinen.

Vuonna 2012 voimassaolevat Euro-päästömääräykset eivät koske kaupunkien ilmanlaadun kannalta ongelmallisia NO_2 -päästöjä, vaan typenoksideista ainoastaan kokonaistypenoksidipäästöjä (NO_x). Tämän vuoksi päästöluokkiin perustuvat määräykset eivät ole kovin tehokkaita ilmanlaadun hallinnassa typenoksidien suhteen, sillä tiukemmat NO_x -päästömääräykset täyttävät dieselajoneuvot saattavat aiheuttaa enemmän suoria NO_2 -päästöjä. Suurin syy dieselajoneuvojen NO_2 -päästöjen kasvuun on hapettavien hiukkaskatalysaattoreiden ja hiukkas-suodattimien käyttö. Pakokaasupäästöt ovat joka tapauksessa laskeneet huomattavasti päästömääräyksiä edeltävästä ajasta eli 1990-luvun alusta.

2.2.2 Ajoneuvojen typenoksidi- ja hiukkaspäästöjen kehitys 1990–2012

VTT ylläpitää Lipasto-tietokantaa, johon on kerätty eri päästöluokkia edustavien ajoneuvojen keskimääräisiä päästöjä Suomen oloissa. Tietokannan avulla voidaan tarkastella eri päästöluokkaa, käyttövoimaa ja ajoneuvotyyppiä edustavien ajoneuvojen pakokaasupäästöjen eroja. Tietokanta mahdollistaa myös raskaiden ajoneuvojen päästöjen tarkastelun kilometriä kohden, toisin kuin päästörajojen g/kWh -arvot.

Seuraavissa kuvissa on esitetty bensiini- ja dieselhenkilöautojen typenoksidi- ja hiukkaspäästöjen kehitys. Kuvia 3 ja 5 tarkasteltaessa on huomioitava se, että kyse ei ole päästörajojen arvoista, vaan VTT:n laskemista keskimääräisistä päästöistä Suomen tieliikenteessä oleville ajoneuvoille. VTT:n laskentamalleissa huomioidaan esimerkiksi kylmäkäytön ja joutokäynnin aiheuttamat keskimääräiset päästölisäykset.

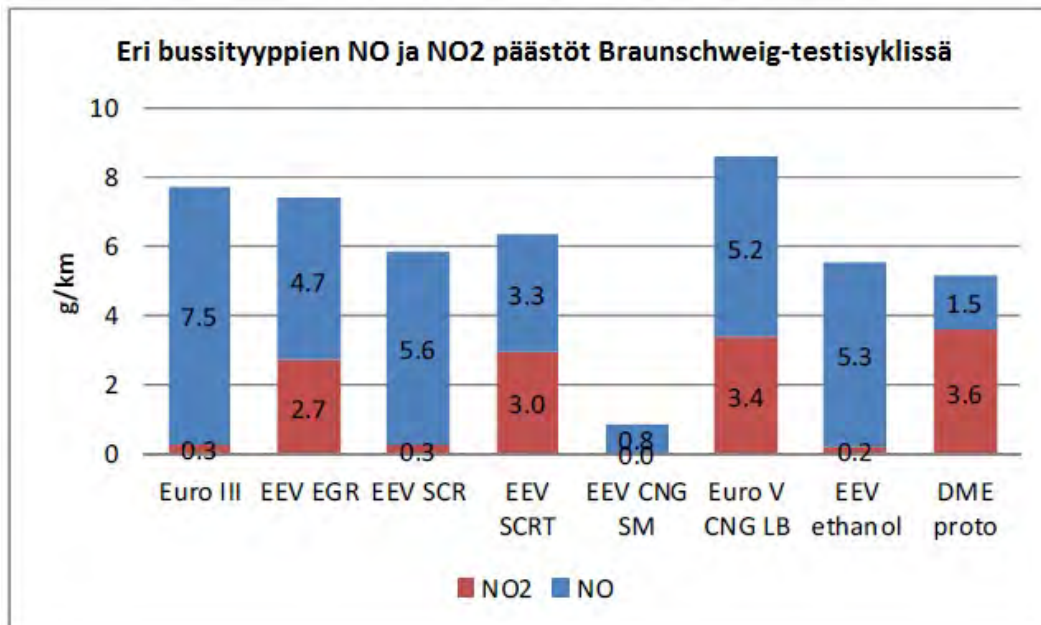


Kuva 3. Henkilöautojen keskimääräiset katuajon NO_x-päästöt päästöluokittain (VTT Lipasto, 2011)

Kuvassa 3 esitetyistä keskimääräisistä NO_x-päästöistä havaitaan, että sekä diesel- että bensiinihenkilöautojen NO_x-päästöt ovat laskeneet jyrkästi 90-luvun alun (Euro 0) tasoista. Bensiiniautojen NO_x-päästöt ovat leikkautuneet lähes olemattomiin, mutta dieselautojen NO_x-päästöt aiheuttavat edelleen ongelmia. Kolmitoimikatalysaattoreiden ansiosta uusissa bensiiniautoissa typenoksidipäästöt ovat merkittävästi pienemmät kuin vastaavan ikäisissä dieselautoissa. Kolmitoimikatalysaattorit ovat olleet käytössä bensiiniautoissa jo 1990-luvun alkupuoliskolta, mutta vastaava tekniikka ei toimi dieselmoottorilla. Myös kaasujoneuvoissa voidaan käyttää kolmitoimikatalysaattoreita ainakin osassa moottorivaihtoehtoista.

Euro -päästömääräysten kenties suurin puute on se, että määräykset säätelevät typenoksidiesta vain kokonais-typenoksidipäästöjä. Suoran tyypidioksidipäästön osuus pakokaasujen typenoksidipäästöstä on kasvanut Suomessa alle 10 %:sta noin 20 %:iin viimeisen 20 vuoden aikana (Anttila ym., 2011). Euro 4–Euro 5 päästötason dieselhenkilöautojen pakokaasujen suoran tyypidioksidipäästön osuus on jopa 40–60 % kokonais-typenoksidipäästöistä (Weiss ym., 2011). Tämä huomioden uusi dieselauto saattaa vaikuttaa katukuilun tyypidioksidipitoisuuteen yhtä haitallisesti kuin vanha dieselauto.

Typpidioksidin osuutta bussien kokonaistypenoksidipäästöistä on tutkittu esimerkiksi VTT:n mittauksissa Suomessa. Tulokset havainnollistavat sitä, kuinka suoran typpidioksidipäästön osuus kokonaistypenoksidipäästöistä vaihtelee hyvin voimakkaasti eri teknisten vaihtoehtojen välillä vaikka bussit täyttäsivät saman päästömääräyksen.

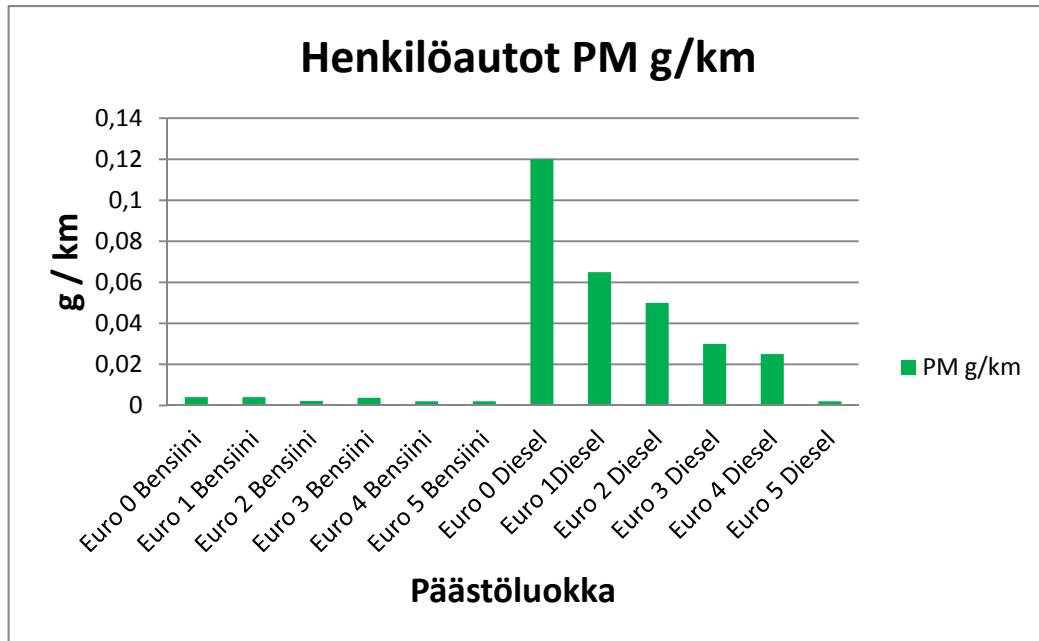


Kuva 4. Bussien eri teknologiavaihtoehtojen pakokaasupäästöjen NO ja NO₂ päästöt Braunschweig-testisyklissä VTT:n mittauksissa (Nylund, Koponen 2012)

Kuvassa 4 Euro III, Euro V ja EEV tarkoittavat moottorin päästöluokkaa. EGR tarkoittaa pakokaasujen takaisinkiertäystä, SCR tekniikkaa, jossa typen oksidien vähentämiseen käytetään AdBlue-liuosta ja SCRT edellisen lisäksi hiukkassuodatinta. CNG SM tarkoittaa stoikiometrista tekniikkaa käyttävää kaasumoottoria ja CNG LB laihaseostekniikkaa käyttävää kaasumoottoria. Ethanol viittaa etanolipolttoaineeseen ja DME dimetyylieetteriin.

Kuvassa 4 esitetyistä bussien eri teknologiavaihtoehtojen NO₂-päästöjen (punaiset palkit) vaihtelusta havaitaan, että päästöluokkien sisällä erot ovat suuria. EEV-bussin NO₂-päästöt voivat olla käytännössä nolla tai yli 3 grammaa kilometrillä, joka vastaisi karkeasti 10–20 Euro 5 -dieselhenkilöauton NO₂-päästöjä. Kuvaajasta havaitaan, että ylivoimaisesti pienimmät typenoksidien päästöt ovat stoikiometrisellä maakaasubussilla. Euro III -päästöluokan bussilla suorat NO₂-päästöt olivat hyvin pieniä vaikka NO-päästö on suuri. Kuvaajan perusteella vaikuttaa todennäköiseltä, että useat EEV-bussityypit vaikuttavat haitallisemmin katukuilujen typpidioksidipitoisuuksiin kuin 2000-luvun alkuvuosien Euro III -bussit. Hiukkaspäästöt ovat kuitenkin terveyshaittojen takia ensisijainen päästövähennyskohde, ja ne ovat Euro III -busseissa korkealla tasolla.

Hiukkaspäästöjen väheneminen pakokaasupäästöissä on ollut tehokasta Euro-päästörajojen ansiosta. Seuraavassa kuvassa on esitetty keskimääräisten hiukkaspäästöjen kehitys eri päästöluokilla edellisten noin 20 vuoden aikana.

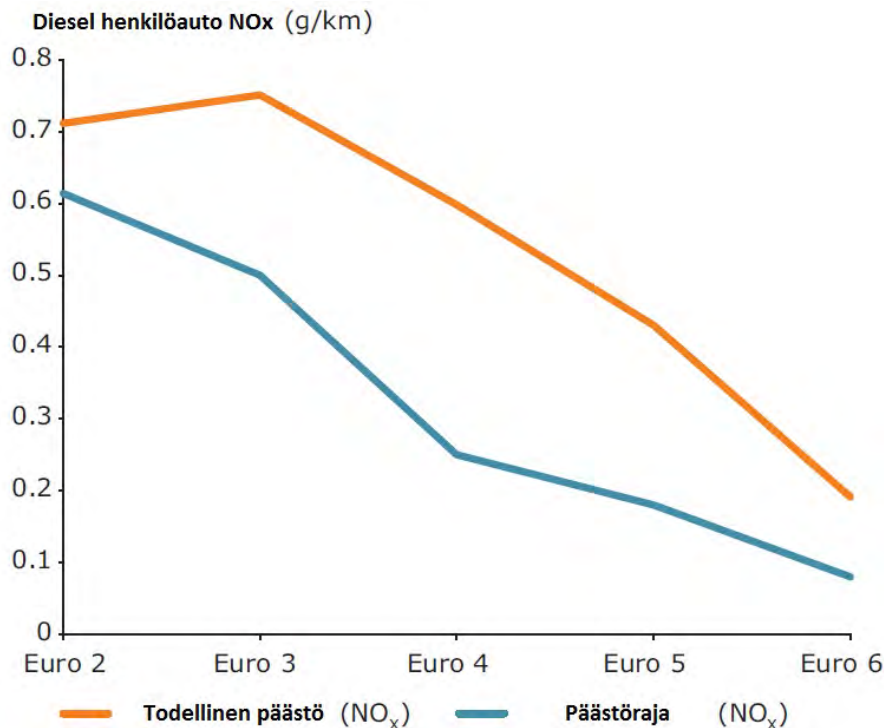


Kuva 5. Henkilöautojen keskimääräiset katuajon hiukkaspäästöt päästöluokittain (VTT Lipasto, 2011)

Kuvassa 5 esitetyistä henkilöautojen keskimääräisistä hiukkaspäästöistä voidaan havaita päästömuutosten mittasuhteet. Euro 0 -dieselhenkilöautojen hiukkaspäästöt olivat niin suuria, että niitä on vaikea tarkastella samalla kuvaajalla nykyaikaisten ajoneuvojen kanssa. Pakokaasujen hiukkaspäästöt ovat viime vuosikymmeninä olleet henkilöautojen osalta selkeästi dieselmoottoreiden ongelma. Kuvissa 3 ja 5 esitetyt tiedot ovat keskiarvoja, joita ei voi yleistää koskemaan yksittäisiä ajoneuvoja. Erityisen suuria eroja on Euro 0 -ajoneuvojen päästöissä, sillä tämä ryhmä käsittää kaikki ennen päästönormien voimaantuloa valmistetut ajoneuvot. Periaatteessa myös Euro 0 -bensinihenkilöauton hiukkaspäästöt ovat alhaiset jos moottori toimii oikein. Euro 0 -dieselhenkilöautot ovat Suomessa harvinaisia.

2.2.3 Todelliset pakokaasupäästöt

Useissa mittauksissa on todettu, että ajoneuvojen todellisessa käytössä päästöt voivat erota huomattavasti tietyssä testisyklissä mitatuista päästörajoista. Erityisesti dieselautojen todelliset typenoksidipäästöt ovat huomattavasti päästönormeja korkeammalla tasolla.



Kuva 6. Dieselhenkilöauton päästörajat ja todelliset päästöt päästöluokkaa kohden. (EEA, 2012)

Kuvassa 6 on esitetty dieselhenkilöautojen todelliset NO_x-päästöt Euro-päästöstandardien rajoihin verrattuna Euroopan ympäristökeskuksen mukaan. Tulokset perustuvat Copert 4 -laskentajärjestelmään oletetulla keskimääräisellä nopeudella 33,6 km/h. Kuvaajan tarkastelussa on huomioitava se, että päästöjen laskenta muuttui Euro 2 - ja Euro 3 -päästö määräysten välissä eivätkä kyseisten päästöluokkien tiedot välttämättä ole suoraan vertailukelpoisia. Euro 6 -päästö määräysten tulokset eivät perustu todellisiin mittauksiin sillä määräykset eivät vielä laadintahetkellä olleet voimassa. (EEA, 2012)

VTT:n bussitutkimuksissa todettiin, että Euro II -tasosta EEV -tasolle NO_x-päästöt laskivat vain 40 %, kun niiden olisi pitänyt laskea noin 70 %. Samalla suorat NO₂-päästöt kasvoivat useimmissa tapauksissa huomattavasti. (Nylund, Koponen 2012). Aiemmin esitetyt VTT:n Lipasto-tietokannan päästöarvot sijoittuvat päästö-ajan ja Copert 4 -järjestelmän väliin. Lipasto-tietokannan laadinnassa on huomioitu Copert 4 -järjestelmän tiedot (VTT, Lipasto 2011).

Raskaiden dieselajoneuvojen todellisissa typenoksidipäästöissä ylitykset ovat samankaltaisia kuin henkilöautoilla. Hiukkaspäästöjen osalta ajoneuvojen todelliset päästöt vastaavat paremmin päästöstandardien asettamia rajoja, mikä on terveyshaittojen vähentämisen kannalta olennaisinta. Bensiinihenkilöautojen päästöt vastaavat päästörajoja paremmin myös typenoksideilla ja päästöt ovat myös absoluuttisilta tasoiltaan huomattavasti alhaisempia. Lisäksi bensiinihenkilöautojen typenoksidipäästöistä suurin osa (90–95 %) on typpimonoksidia.

2.2.4 Tulevien Euro 6/VI -päästömääräysten vaikutukset

Euro 6 standardin myötä henkilöautojen dieselmootoreiden typenoksidipäästöjen raja tiukentuu huomattavasti. Raja laskee yli 50 % Euro 5 päästöstandardista. Euro 6 määräyksiä sovelletaan 1.9.2014 alkaen uusien henkilöautojen tyyppihyväksyntään ja 1.9.2015 alkaen niiden rekisteröintiin ja myyntiin. Pakettiautot saavat yhden vuoden lisääjän standardin täyttämiseen. (Asetus 715/2007/EY)

Myös raskaiden dieselmootoreiden NO_x-päästöjen rajat tiukentuvat huomattavasti. Raskaiden dieselmootoreiden Euro VI normi tulee voimaan tyyppihyväksynnässä 31.12.2012 ja uusien ajoneuvojen myynnissä 31.12.2013. Euro VI -päästöstandardin odotetaan vähentävän typenoksidipäästöjä huomattavasti Euro V -standardista. Päästöstandardi ei edelleenkään koske suoria NO₂-päästöjä, mutta kokonaistypenoksidipäästöjen raja laskee niin alas, että se käytännössä vaikuttaa myös NO₂-päästöihin. (Asetus 582/2011/EY)

2.3 Pakokaasujen terveyshaitat

Tieliikenteen päästöjen kehitys

Tieliikenteen pakokaasupäästöissä on lukuisia terveydelle haitallisia komponentteja, joihin käytetyn polttoaineen ominaisuudet vaikuttavat voimakkaasti. Aikaisemmin osa päästökomponenteista oli hyvin myrkyllisiä, kenties pahimpana myrkkynä raskasmetalli lyijy. Polttoaineet sisälsivät lyijyn lisäksi myös rikkiä. Nykyään tieliikenteen polttoaineet ovat kuitenkin Suomessa lyijytömiä ja vähärikkisiä. Myös hiilimonoksidin ja hiilivetyjen päästöt ovat pienentyneet merkittävästi. Tämänhetkisen tiedon mukaan merkittävimmät terveysvaikutukset aiheutuvat nykyisin pakokaasujen sisältämistä hiukkasista.

2.3.1 Hengitettävät hiukkaset (PM₁₀) ja karkeat hengitettävät hiukkaset (PM_{2,5-10})

Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀), eli halkaisijaltaan alle 10 mikrometrin hiukkasten massapitoisuuksista suurin osa on tyypillisesti lähtöisin muualta kuin ajoneuvojen pakokaasuista. Korkeimmat PM₁₀-pitoisuudet Helsingin vilkkaissa liikenneympäristöissä aiheutuvat kuitenkin tyypillisesti katupölystä. Katupölyllä tarkoitetaan erityisesti karkeita hengitettäviä hiukkasia (PM_{2,5-10}), joihin pienhiukkaset (PM_{2,5}) eivät sisälly. Ajoneuvojen renkaat kuluttavat kadun pinnasta ainesta, jota renkaat, ajoneuvojen ilmapirta ja tuuli nostavat ilmaan. Nastarenkaat ja raskaat ajoneuvot kuluttavat tien pintaa suhteellisesti eniten. Helsingissä suurimmat pitoisuudet ovat tyypillisesti kevätpölykaudella maaliskuusta huhtikuussa, ennen katujen puhdistusta ja sen aikana. Talven aikana hienojakoiseksi jauhaantunut hiekoitus-

sepeli ja tien pinnasta irronnut aines nousevat ilmaan liikenteen vaikutuksesta ja puhdistusten yhteydessä heikentäen ilmanlaatua episodimaisesti.

Hengitettävien hiukkasten suurimmat päästölähteet ovat siis epäsuoria päästöjä, eikä hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia voi ennustaa ajoneuvojen pakokaasupäästöjen muutoksista. Myös rakennustyöt ja pienhiukkasten ($PM_{2,5}$) kaukokulkeuma saattavat aiheuttaa piikkejä hengitettävien hiukkasten pitoisuuksissa. (HSY, 2012) Pienhiukkaset ($PM_{2,5}$) sisältyvät hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuuksiin, joten pienhiukkasten massapitoisuus ($\mu g/m^3$) on aina pienempi kuin hengitettävien hiukkasten massapitoisuus.

Karkeat hengitettävät hiukkaset ($PM_{2,5-10}$) kulkeutuvat alempiin hengitysteihin eli henkitorveen ja keuhkoputkiin. Karkeat hengitettävät hiukkaset ärsyttävät silmiä ja hengitysteitä ja voivat pahentaa esimerkiksi astman oireita. (Heli, 2012) Joissain uusissa tutkimuksissa on havaittu viitteitä myös vakavammista terveysvaikutuksista karkeiden hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin liittyen.

2.3.2 Pienhiukkaset ($PM_{2,5}$) ja ultrapienet hiukkaset

Pienhiukkaset ($PM_{2,5}$) tarkoittavat halkaisijaltaan alle 2,5 mikrometrin hiukkasia. Ultrapienet hiukkaset puolestaan ovat halkaisijaltaan alle 0,1 mikrometrin suuruisia. Pieniä hiukkasia pidetään terveydelle vaarallisempina kuin suuria, sillä pienet hiukkaset pääsevät hengitettäessä keuhkojen ääreisosiin. Pienhiukkaset ($PM_{2,5}$) tunkeutuvat keuhkorakkuloihin asti. Ultrapienet, alle 0,1 mikrometrin suuruiset hiukkaset saattavat tunkeutua keuhkorakkuloista verenkiertoon.

Merkittäviä pienhiukkasten lähteitä pääkaupunkiseudulla ovat kaukokulkeuma, puun pienpoltto ja liikenne. Lähteiden osuudet vaihtelevat eri paikoissa, mutta kaukokulkeuma on yleensä suurin lähde myös liikenneympäristöissä.

Lyhytaikainen altistuminen korkeille pienhiukkasten pitoisuuksille on yhdistetty sydän- ja hengityselinsairauksien pahenemiseen sekä kohonneeseen kuoleman riskiin kroonisesti sairailta henkilöillä. Suurimmat terveyshaitat aiheutuvat pitkäaikaisesta altistumisesta esimerkiksi suurten teiden varsilla asuville, jos rakennuksessa ei ole tehokasta tuloilman suodatusta. (HSY, 2012)

Yleensä polttoperäiset hiukkaset, kuten musta hiili (BC), lukeutuvat kokoluokaltaan pienhiukkasiin ($PM_{2,5}$). Musta hiili on hyvä indikaattori liikenteen pakokaasujen hiukkaspäästöille. Mustalla hiilellä viitataan epäorgaaniseen hiileen, noki puolestaan tarkoittaa epäorgaanista ja orgaanista hiiltä. Pienhiukkaset, kuten musta hiili, voivat toimia välittäjinä useille myrkyllisille tai karsinogeenisille aineille, kuten raskasmetalleille tai polyaromaattisille hiilivedyille (PAH-yhdisteet). Ulkoilman hiukkasia pidetään länsimaissa kaikkein haitallisimpana ympäristötekijänä ihmisten terveydelle. (HSY, 2012)

2.3.3 Typenoksidit (NO_x) ja otsoni (O₃)

Tieliikenteen pakokaasut ovat keskeinen syy kohonneisiin typpidioksidipitoisuuksiin Helsingin katukuiluissa. Typenoksideista typpidioksidi NO₂ on terveydelle huomattavasti haitallisempaa kuin typpimonoksidi NO. Typpidioksidi tunkeutuu syvälle hengitysteihin ja lisää hengityselinoireita erityisesti lapsilla ja astmaatikoilta. NO muuttuu ilmassa NO₂:ksi, mutta suorien NO₂-pakokaasupäästöjen merkitys on katutasolla vallitsevien pitoisuuksien kannalta keskeinen. Tieliikenteen NO₂-päästöjen arvioimista hankaloittaa se, että Euro-päästöstandardit asettavat vaatimuksia vain kokonais-NO_x-päästöille, vaikka tosiasiasa vain NO₂-päästöt ovat terveyden kannalta merkittäviä.

Alailmakehän otsoni (O₃) on ihmisille, eläimille ja kasveille haitallista. Otsonin aiheuttamia tyypillisiä oireita ovat silmien, nenän ja kurkun limakalvojen ärsytys. Kohonneisiin otsonipitoisuuksiin voi liittyä lisääntynyttä kuolleisuutta ja sairaalahoitoja. Otsonia ei ole liikenteen päästöissä, mutta sitä muodostuu ja kuluu reaktioissa typenoksidien ja haihtuvien orgaanisten yhdisteiden sekä hapen välillä. (HSY, 2012) Liikenteen typenoksidipäästöjä pidetään pääasiallisena syynä sille, että kaupungeissa otsonipitoisuudet ovat alueellista taustaa alhaisempia. Typpimonoksidi (NO) kuluttaa ilmasta otsonia (O₃) muodostaen typpidioksidia (NO₂) ja hapetta (O₂). Toisaalta auringon valon vaikutuksesta typpidioksidi hajoaa takaisin typpimonoksidiksi (NO) ja happiatomiksi (O), joka kohdatessaan happimolekyylin (O₂) muodostaa otsonimolekyylin (O₃). Tällä mekanismilla typenoksidipäästöjen painottuminen suoriin typpidioksidipäästöihin voisi lisätä myös otsonin pitoisuutta.

2.3.4 Bensiini- ja dieselmootoreiden päästöt

Päästötilastojen perusteella voidaan todeta, että terveydelle haitalliset tieliikenteen pakokaasupäästöt aiheutuvat nykyisin pääasiassa dieselmootoreista. Bensiiniautojen NO_x-päästöt leikkautuivat alle kolmannekseen kolmitoimikatalysaattorien yleistytessä, ja vuonna 2012 voimassa oleviin Euro 5 -päästömääräyksiin mennessä NO_x-päästöt ovat vähentyneet 97 % Euro 0 -bensiinihenkilöautojen tasoista. VTT:n Lipasto-tietokannan mukaan katuajossa dieselkäyttöisen Euro 4 -henkilöauton sekä NO_x- että PM-yksikköpäästö (g/km) ovat yli kymmenkertaiset verrattuna vastaavaan bensiinikäyttöiseen Euro 4 -henkilöautoon. Toisaalta bensiini-henkilöautoja on lukumääräisesti huomattavasti enemmän ja Euro 0 -bensiiniautot aiheuttavat autokohtaisesti moninkertaiset päästöt uusiin autoihin verrattuna. Dieselautojen hiilidioksidipäästöt ovat usein hieman alhaisemmat kuin vastaavien bensiiniautojen hiilidioksidipäästöt, mutta hiilidioksidilla ei ole vaikutusta ilmanlaatuun.

Bensiini- ja dieselautoja vertailtaessa on huomattava, että bensiiniautojen pienet päästöt perustuvat suurimmalta osalta kolmitoimikatalysaattorin toimintaan. Nykyiset kolmitoimikatalysaattorit toimivat heikosti kylmissä lämpötiloissa ennen kuin auton moottori on lämminnyt. Tästä syystä bensiiniautojen päästöt ovat mo-

ninkertaiset moottorin ollessa kylmä. Erityisesti lyhyillä kaupungin sisäisillä matkoilla tai kaupungista ulos suuntautuvilla matkoilla tällä voi olla vaikutusta ilmanlaatuun. Moottorin esilämmitys on erittäin tärkeää talvella päästöjen vähentämiseksi.

Euro 5 -päästömääräykset, jotka käytännössä edellyttävät dieselautoilta hiukkasuodatinta, tulivat voimaan henkilöautoille tyyppihyväksynnässä vuonna 2009 ja kaikille uusina myytävillä autoilla vuoden 2011 alusta. Euro 5 -päästömääräykset käytännössä leikkaavat dieselhenkilöautojen hiukkaspäästöt samalle tasolle bensiiniautojen kanssa, mutta dieselautojen NO_x-päästöt ja erityisesti suorat NO₂-päästöt ovat edelleen ongelmallisia. Yleisimpien dieselautojen huomattavasti bensiiniautoja suuremmat NO_x- ja hiukkaspäästöt ovat osoitus siitä, että hiilidioksidipäästöjen ja terveydelle haitallisten lähipäästöjen vähentämiseen tähtäävät toimenpiteet saattavat olla keskenään ristiriitaisia. Verrattuna 1990-luvun päästötasoihin myös dieselautojen päästöt ovat kuitenkin pienentyneet huomattavasti.

2.3.5 Dieselpakokaasujen karsinogeenisuus

Maailman terveysjärjestö WHO:n alainen IARC -paneeli luokitteli dieselpakokaasun syöpää aiheuttavaksi yhdisteeksi (Ryhmä 1) kesäkuussa 2012. Aikaisemmin dieselpakokaasu oli luokiteltu todennäköisesti syöpää aiheuttavaksi yhdisteeksi (Ryhmä 2 A) vuonna 1988. Lausunnossaan IARC totesi, että dieselpakokaasun on havaittu aiheuttavan keuhkosyöpää henkilöillä, jotka altistuvat jatkuvasti dieselpakokaasuille. Useimmiten kyse on työperäisestä altistumisesta. (IARC, 2012)

Viime vuosina tiukentuvat päästömääräykset ovat muokanneet voimakkaasti dieselmoottoreiden pakokaasupäästöjä, eikä ole vielä tiedossa kuinka nämä muutokset vaikuttavat dieselpakokaasujen karsinogeenisuuteen. IARC luokituksen taustamateriaaleina käytetyt tutkimukset eivät kuvaa nykyaikaisen auton dieselmoottorin päästöjä, eikä luokituksesta voi vetää pitkälle meneviä johtopäätöksiä tieliikenteen pakokaasupäästöjen vaikutuksista kehittyneissä maissa.

2.3.6 Raskaiden ajoneuvojen ja ammattiliikenteen päästöt

Raskaat kuorma-autot ja bussit aiheuttavat yleensä vähintään noin 10–20 kertaa vastaavan päästöluokan henkilöauton NO_x- ja hiukkaspäästöt ajokilometriä kohti. Verrattaessa vanhan kuorma-auton päästöjä uuteen henkilöautoon jopa yli 100 kertaa korkeammat NO_x- ja hiukkaspäästöt ovat mahdollisia. Tästä syystä raskaan liikenteen kaluston uusiutumisella on erityisen suuri merkitys päästöille. Eri käyttötarkoituksesta johtuen raskaan liikenteen ja henkilöautojen suoritekohtaisten päästöjen vertailu on hankalaa, mutta tärkeää ilmanlaadun hallinnan toimenpiteiden suunnittelussa. Busseilla korkea täyttöaste mahdollistaa alhaiset matkustajakohtaiset päästöt.

Käytännössä koko raskaan liikenteen kalusto on Suomessa dieselkäyttöistä vuonna 2012 kaasubusseja lukuun ottamatta. Myös käytännössä lähes kaikki taksit Helsingin alueella ovat dieselkäyttöisiä.

Raskaan liikenteen ilmanlaatuvaikutuksiin voidaan vaikuttaa ohjaamalla liikennettä reiteille, jotka eivät kulje herkimpien ympäristöjen läpi. Kyseinen tavoite oli taustalla esimerkiksi satamatoimintojen siirtämisessä Vuosaaren satamaan kantakaupungin satamista. Aluksi raskaan liikenteen määrä vähenikin huomattavasti. Suurten uusien asuinalueiden rakentaminen on kuitenkin palauttanut raskaan liikenteen suoritemäärät lähemmäs sataman siirtoa edeltäneitä tasoja.

Pakokaasujen osuus tieliikenteen aiheuttamista ilmanlaatuhaitoista

Pakokaasupäästöt ovat vain yksi osa tieliikenteen ilmanlaatuhaitoista. Suuri osa kaupunki-ilman hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuuksista on peräisin tien pinnasta nousevasta katupölystä. Katupölyn materiaalia muodostuu sekä tienpidon toimenpiteistä (hiekoitus ja suolaus) että ajoneuvojen renkaiden hioessa tien pintaa. Tiellä liikkuvat ajoneuvot ja tuuli nostavat tien pinnasta tätä hienojakoista ainesta aiheuttaen ilmanlaatuhaittoja. Myös esimerkiksi ajoneuvojen jarruissa muodostuu kulumahiukkasia. Kevätpölykausi on erityisesti pohjoisten alueiden ongelma, kun talven aikana kertynyt hiekoitushiekka, tiesuola ja nastarenkaiden tien pinnasta rouhima aines nousee ilmaan ja aiheuttaa pölyepisodeja. Myös osa pienhiukkasista ($PM_{2,5}$) on katupölyä.

2.4 Suomen ajoneuvokanta

Suomen autokanta on muihin EU-maihin verrattuna melko vanhaa. Yksi syy tähän on uusien autojen kireä verotus Suomessa, joskin viime vuosina painotusta on siirretty auton käytön verotukseen. Uusien autojen verottaminen johtaa käytännössä siihen, että vanhoja, käytettyjä autoja tuodaan Suomeen maista, joissa uuden auton hankintaa ei erikseen veroteta. Tämä puolestaan johtaa liikenteen keskimääräisten päästöjen ja energiankulutuksen kasvuun Suomessa. Autoalan tiedotuskeskuksen mukaan vuonna 2010 henkilöautojen keski-ikä Suomessa oli 11,9 vuotta ja romutusikä 20,1 vuotta. Nykyisenkaltaisilla myyntimäärillä Suomen henkilöautokannan keski-ikä nousee yhä. Euroopan unionissa henkilöautojen keski-ikä on noin 8,2 vuotta. (EEA, 2011)

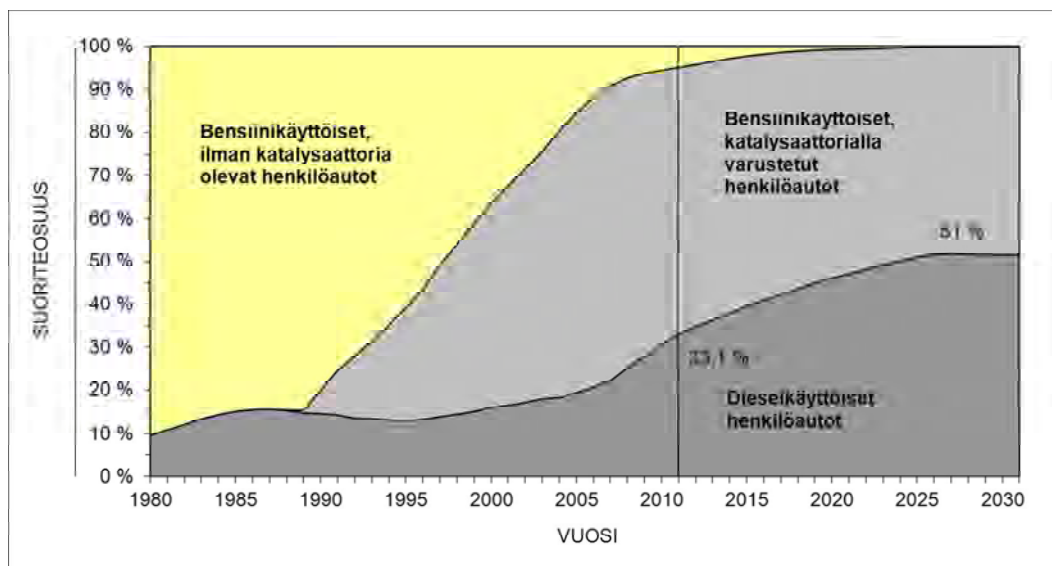
Euro-päästöstandardeja on kiristetty neljän - viiden vuoden välein, eli Suomessa henkilöautokanta on EU:n keskimääräistä tasoa noin yhden päästöluokan jäljessä. Autojen määrä Suomessa on kasvanut jatkuvasti. Autokanta on jakaantunut alueellisesti siten, että suurilla kaupunkiseuduilla ja etenkin Helsingin seudulla autot ovat keskimääräisiä uudempia, kun taas maaseudulla autot ovat keskimääräisiä vanhempia.

Raskaan liikenteen kalusto Suomessa

Suomessa kuorma-autojen, pakettiautojen ja linja-autojen keski-ikä on henkilöautoja korkeampi. Yli puolet tavaraliikenteen ajoneuvosuoritteesta ajetaan vuosimalleja 2000 – 2006 edustavilla Euro III- tai vanhemmilla ajoneuvoilla. Euro III -päästöluokkaa edustavat ajoneuvot olivat vuonna 2011 ylivoimaisesti suurin yksittäinen raskaan liikenteen ajoneuvoryhmä Suomessa yli 30 % suoriteosuuksilla. Euro IV -päästöluokan raskaiden ajoneuvojen hiukkaspäästöt ovat huomattavasti alhaisemmat kuin Euro III -päästöluokan ajoneuvoilla. Helsingissä yli puolet tieliikenteen pakokaasujen typenoksidi- ja hiukkaspäästöistä aiheutuu pakettiauto-, kuorma-auto- ja linja-autoliikenteestä. (VTT, Lipasto, 2011) Raskaan tavaraliikenteen yleisimmät reitit kulkevat kuitenkin kantakaupungin ulkopuolella pääväylillä.

Autojen ja polttoaineiden verotusta koskevilla päätöksillä voidaan vaikuttaa huomattavasti diesel- ja bensiiniautojen jakaumaan. Dieselhenkilöautojen kannan jyrkkä kasvu vuodesta 2008 alkaen aiheutui nimenomaan verotuksellisista muutoksista, jotka ovat ainakin kaupunkien ilmanlaadun kannalta osoittautumassa virheellisiksi. Hiilidioksidipäästöjen vähentämistä painottavien eli käytännössä dieselajoneuvoja suosivien veromuutosten aikaan voimassa olivat Euro 4 -päästönormit, jotka eivät edellyttäneet dieselautoissa hiukkassuodatinta. Kyseessä oli vain joihinkin autoihin saatavilla oleva lisävaruste, josta auton ostaja joutui myös maksamaan normaalin autoveron ja ALV:n. Hiukkassuodattimen hinta nousi näin jopa useisiin tuhansiin euroihin. Dieselhenkilöautojen yleistymisestä johtuen autokannan lähipäästöt eivät ole laskeneet niin voimakkaasti viime vuosina kuin olisi mahdollista autokannan uusiutuessa.

Kuvassa 7 on esitetty koko maan henkilöautokannan suoriterakenne vuodesta 1980 alkaen ja ennusteena vuoteen 2030 saakka. Suurin autokohtainen päästövähennyspotentiaali olisi katalysaattorittomissa Euro 0 -ajoneuvoissa, mutta näiden ajoneuvojen osuus kokonaissuoritteesta on jo hyvin pieni. Vuonna 2011 katalysaattorittomien bensiiniautojen osuus koko henkilöautosuoritteesta oli 4,8 %. Pääkaupunkiseudulla osuuden voi olettaa olevan vielä pienempi, sillä pääkaupunkiseudulla autot ovat keskimäärin uudempia kuin muualla Suomessa. Katalysaattorittomien bensiinihenkilöautojen suoritteen odotetaan vähenevän marginaalisen pieneksi seuraavan 10 vuoden aikana.



Kuva 7. VTT:n LIISA-laskentajärjestelmän tuottamat bensinikäyttöisten (kat ja ei-kat) ja dieselkäyttöisten henkilöautojen suoriteosuudet koko henkilöautosuoritteesta. Lähde: Mäkelä ja Auvinen 2011.

Taulukossa 4 on esitetty henkilöautojen suoriteosuuksien jakauma koko Suomessa vuonna 2011. Prosenttiosuudet edustavat tietyn päästöluokan autojen suoriteosuutta kyseisellä polttoaineella toimivien autojen kokonaissuoritteesta. Taulukosta huomataan, että dieselhenkilöautot ovat keskimäärin uudempia kuin bensinihenkilöautot.

Taulukko 4. Bensini- ja dieselhenkilöautojen suoriteosuudet päästöluokittain vuonna 2011. (VTT, Lipasto, 2011)

Suoriteosuus 2011, %	Bensiini	Diesel	Vuosimallit
Euro 0	9,1	1,9	➔ 1990, ei kat.
Euro 1	13,3	6,7	1991 - 1996
Euro 2	20,4	13,0	1997 - 2000
Euro 3	30,6	24,4	2001 – 2005
Euro 4	19,9	38,8	2006 – 2009
Euro 5	6,6	15,2	2010 ja uudemmat
Euro 6	0,0	0,0	tulossa 2014
Yhteensä vuonna 2011	100	100	

2.5 Ympäristövyöhykkeet

Ympäristövyöhykkeellä tarkoitetaan sellaisia alueita, teitä tai katuja, joilla ajoneuvoliikenteen aiheuttamia päästöjä pyritään vähentämään rajoittamalla eniten päästöjä aiheuttavien ajoneuvojen pääsyä alueelle. Ympäristövyöhykkeiden tar-

koituksena on vähentää ilmanlaatua heikentäviä ja ihmisten terveyteen haitallisesti vaikuttavia pakokaasupäästöjä. Ympäristövyöhykkeiden ensisijaisena tarkoituksena ei siis ole vähentää kasvihuonekaasupäästöjä, sillä joissain tapauksissa kasvihuonekaasupäästöjen ja ilmanlaatua heikentävien päästöjen vähentämismenetelmät voivat olla keskenään ristiriitaisia.

Ympäristövyöhykkeelle pääsy voi vaatia ajoneuvolta tiettyä päästöluokkaa (Euro-luokitukset) tai vähäpäästöisen moottoriteknologian käyttöä (esimerkiksi jälkiasennuskatalysaattori). Ajoneuvolta voidaan myös periä erillinen maksu, jos sen päästöt ylittävät alueelle asetetun enimmäispäästötason. Useissa maissa rajoitukset on käytännössä toteutettu vuosimallin ja polttoaineen perusteella, sillä erityisesti vanhempien automallien tarkkojen päästöluokkatietojen tarkistaminen on monimutkaista.

Ympäristövyöhykkeet voivat koskea henkilöautoja, raskaita ajoneuvoja tai kaikkia ajoneuvoja. Myös mopediin ja moottoripyörien käyttöä on rajoitettu kaupungeissa, joissa niiden osuus ilmanlaatua heikentävistä päästöistä on merkittävä. Ympäristövyöhykkeelle ajamisen oikeus voidaan todistaa erilaisilla ajoneuvoon kiinnitettävillä merkeillä tai ajoneuvon kuljettajan pitää voida todistaa päästötaso pyydettyäessä.

Ympäristövyöhykkeillä voi olla vaikutuksia, jotka vaikeuttavat kansainvälistä kaupankäyntiä ja ovat näin Euroopan unionin perustamissopimusten vastaisia. Euroopan komission selvitys "Study on Urban Access Restrictions" valmistui vuonna 2010. Raportin mukaan yhä useammissa Euroopan kaupungeissa on käytössä rajattuja alueita, joilla liikennettä rajoitetaan erilaisilla perusteilla, mutta perusteissa on suuria eroavaisuuksia. Toistaiseksi rajoitusjärjestelmät perustuvat pääasiassa ilmanlaatuavoitteisiin, mutta myös muut tavoitteet, kuten ruuhkien ja melun vähentäminen sekä kaupunkikeskustojen elävöittäminen, ovat nousemassa tärkeiksi perusteiksi. Järjestelmät vaihtelevat myös sen suhteen, mitä tekijää rajoitus koskee. Toisilla alueilla rajoitetaan kaiken liikenteen pääsyä alueelle päästöjen perusteella ja toisilla ajankohdan perusteella. Vyöhykkeillä voidaan rajoittaa vain raskasta liikennettä tai myös henkilöauto- ja moottoripyöräliikennettä.

Rajoituskeinot voivat olla sääteleviä, kuten tietynlaisten ajoneuvojen kiellot ja sallituille ajoneuvoille asetetut päästöstandardit, tai markkinaehtoisia, kuten tiemaksut, pysäköintimaksut, bonukset, lupamaksut ja kannustimet. Rajoitusjärjestelmien täytäntöönpano- ja valvontaratkaisut vaihtelevat huomattavasti, mikä on ongelmallista kansainvälisen liikenteen kannalta. EU:n alueella voimassa olevat ympäristövyöhykkeet on notifioitava Euroopan komissiolle eli vyöhykkeelle on haettava komission hyväksyntä.

2.6 Ympäristövyöhykkeiden tietokanta

Euroopan komissio antaa taloudellista tukea LEEZEN-verkostolle (Low Emission Zone Europe Network) ja tämän verkoston ylläpitämälle verkkosivustolle

www.lowemissionzones.eu. Tammikuussa 2008 avattu verkkosivusto toimii keskitettynä tietolähteenä Euroopassa käytössä olevista ympäristövyöhykkeistä.

Kesäkuussa 2012 sivustolta löytyi tietoa 11 maan ympäristövyöhykkeistä: Itävaltan, Tšekin, Tanskan, Unkarin, Saksan, Italian, Alankomaiden, Norjan, Portugalin, Ruotsin ja Iso-Britannian. Näissä maissa oli yhteensä 197 ympäristövyöhykettä. Tietoja löytyy sivustolta kunkin maan kohdalta alueen tai kaupungin nimen mukaisessa aakkosjärjestyksessä. Lisäksi tietoja voi luokitella sen perusteella, mihin ajoneuvotyyppiin ympäristövyöhyke vaikuttaa. Verkkosivustolta löytyy edelleen linkkejä kyseisten kaupunkien omille verkkosivuille, joilta löytyy tarkempia ohjeita ympäristövyöhykkeellä käytössä olevista säännöksistä. Verkkosivustosta löytyvät alkeelliset kieliversiot 36:lla eri kielellä, mutta alkuperäinen englanninkielinen versio on kattavin ja tiedoiltaan luotettavin.

Taulukossa 5 on esitetty ajoneuvotyypeittäin eri EU-maissa sijaitsevien ympäristövyöhykkeiden lukumäärä. Taulukosta havaitaan, että useimmissa maissa ympäristövyöhykkeet koskevat vain raskasta liikennettä. Henkilöautojen rajoituksia on toteutettu ympäristövyöhykkeillä lähinnä Saksassa ja Italiassa. Taulukossa ei kuitenkaan ole huomioitu erilaisten ruuhkamaksujärjestelmien olemassaoloa, jotka vaikuttavat henkilöautoihin esimerkiksi Tukholmassa ja Lontoossa.

Taulukko 5. Euroopan ympäristövyöhykkeiden jaottelu sen mukaan, mihin ajoneuvotyyppiin ympäristövyöhyke vaikuttaa. Rajoitusalue voi sisältää useita kaupunkeja. Lähde: www.lowemissionzones.eu.

Ajoneuvon tyyppi, jota rajoitus koskee	Maa	Kaupunkien/rajoitusalueiden lukumäärä
Kuorma-autot	Alankomaat	15
	Itävalta	1
	Ranska/Italia (Mont Blancin tunneli)	1
Raskaat ajoneuvot	Iso-Britannia	1
	Tanska	5
	Ruotsi	6
	Tseki	1
	Unkari	1
Nelipyöräiset ajoneuvot	Saksa	61
	Portugali	1
Kaikki ajoneuvot	Italia	19
Paikallisbussit	Iso-Britannia	2
Pakettiautot	Iso-Britannia	1
	Saksa	61
	Italia	19

3 Helsingin ympäristövyöhyke

3.1 Helsingin ilmanlaatu

Helsingin ilmanlaatu on kansainvälisesti vertailtuna melko hyvä. Ilmanlaadultaan ongelmallisimpia paikkoja Helsingissä ovat vilkkaiden pääväylien varret ja kanta-kaupungin vilkasliikenteiset katukuilut. Tiivis kaupunkirakenne heikentää ilmaansaastepitoisuuksien laimenemista.

Pohjoisille maille tyypillinen kevätpölyongelma aiheutuu talven aikana levitetystä hiekoitushiekasta ja tiesuolasta sekä nastarenkaiden katujen pinnasta rouhimista hiukkasista. Raskaat ajoneuvot kuluttavat tien pintaa huomattavasti myös ilman nastarenkaita. Kun lumet sulavat ja kadut kuivuvat keväällä, tämä hiukkasmassa nousee ajoneuvojen renkaiden ja ilmavirran tai tuulen mukana ilmaan aiheuttaen ilmanlaadun äkillistä heikkenemistä. Katupöly koostuu pääosin karkeista hengitettävistä hiukkasista ($PM_{10-2,5}$).

Hengitettävien hiukkasten pitoisuuden (PM_{10}) vuorokausiraja-arvo ylittyy, mikäli keskimääräinen hiukkaspitoisuus ylittää raja-arvotason $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vuoden aikana yli 35 päivänä. Vuorokausiraja-arvo ylittyi viimeksi vuonna 2006 Helsingin keskustassa, minkä jälkeen se ei ole ylittynyt. Katupöly heikentää kuitenkin edelleen ilmanlaatua keväisin, ja useina vuosina raja-arvon ylittyminen on ollut hyvin lähellä. Hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) vuosikeskiarvopitoisuuden raja-arvo $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ei ole ylittynyt Helsingissä koskaan.

Pienhiukkaspitoisuuksiin ($PM_{2,5}$) Helsingissä vaikuttaa eniten kaukokulkeuma. Pienempi osuus on peräisin paikallisista lähteistä, kuten liikenteen pakokaasuista ja puun pienpoltosta. Puun pienpolton vaikutus pienhiukkaspitoisuuksiin voi olla tietyillä alueilla huomattavasti suurempi kuin liikenteen vaikutus. Pienhiukkaspitoisuudet saattavat kohota hetkellisesti esimerkiksi ruuhkien vaikutuksesta, mutta vuosikeskiarvopitoisuudesta liikenteen pakokaasujen osuus on melko vähäinen.

Tuoreet polttoperäiset hiukkaset kuten liikenteen pakokaasut ja pienpoltosta aiheutuvat hiukkaset eroavat kemialliselta koostumukseltaan kaukokulkeumahiukkasista. Tuoreiden polttoperäisten hiukkasten uskotaan olevan terveydelle haitallisempia, joten tuoreiden polttoperäisten hiukkasten merkitys terveyshaittojen aiheuttajana on todennäköisesti suurempi kuin niiden osuus pitoisuuksista.

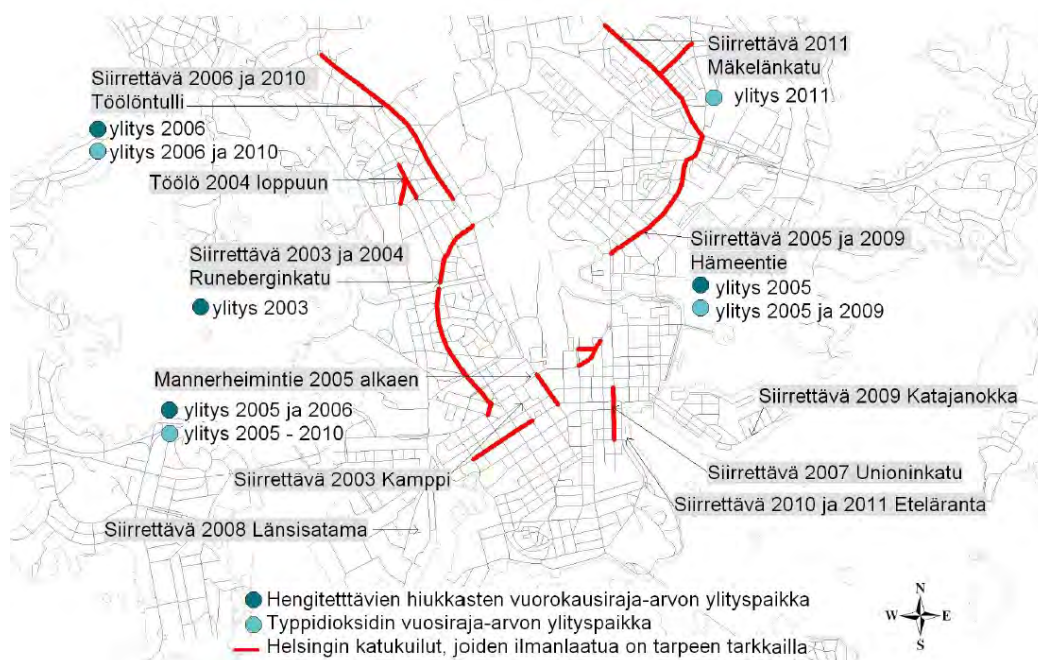
EU:n pienhiukkaspitoisuuksille ($PM_{2,5}$) asettama vuosiraja-arvo on $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eikä sen ylittyminen ole koskaan ollut lähellä Helsingissä. Maailman terveysjärjestö WHO on antanut pienhiukkaspitoisuuksille huomattavasti alemman ohjearvon $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vuonna 2011 vuosikeskiarvopitoisuuden ohjearvo ylittyi vilkkaassa liikenneympäristössä Mäkelänkadun mittauspisteessä ($10,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja Vantaan Päiväkummussa mittauspisteessä, jonka ympäristössä puun pienpoltto on yleistä ($10,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (HSY, 2012).

Kaukokulkeuma on myös kantakaupungissa liikennettä suurempi pienhiukkaspitoisuuksien ($PM_{2,5}$) lähde. Tämä voidaan havaita siitä, että vuosikeskiarvopitoi-

suus vuonna 2011 vilkkaassa liikenneympäristössä Mannerheimintielle oli 9,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kun taustapitoisuus vertailuasemalla Espoon Luukissa oli 7,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Molemmat arvot alittavat WHO:n $\text{PM}_{2,5}$ -ohjearvon 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Vertailun vuoksi 530 tuhannen asukkaan Leipzigin keskustassa $\text{PM}_{2,5}$ -vuosikeskiarvo vuonna 2011 oli 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Wiedensohler ym. 2012), eli Helsingin tilanne on suhteellisesti hyvä.

Typpidioksidin (NO_2) vuosikeskiarvopitoisuuden raja-arvo 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittyy vuosittain Helsingin keskustan vilkasliikenteisissä katukuiluissa. Raja-arvon ylitys johtuu liikenteen päästöistä, sillä liikenteen NO_x -päästöt purkautuvat suoraan katutilaan. Päästöt eivät ole laskeneet odotusten mukaisesti, koska dieselajoneuvojen hapetuskatalysaattorit ja katalysoidut hiukkassuodattimet kasvattavat suoran typpidioksidipäästön (NO_2) osuutta pakokaasupäästöissä. Samasta syystä raja-arvoa ei saavuteta suurimmassa osassa Euroopan kaupunkeja. Helsinki haki raja-arvon saavuttamiselle jatkoaikaa EU:n komissiolta, ja jatkoaika myönnettiin vuoteen 2015 saakka.

Kuvassa 8 on merkitty punaisella ilmanlaadun kannalta ongelmalliset katuosuudet kantakaupungin alueella. Ilmanlaadun raja-arvoista Helsingissä on vuoden 2006 jälkeen ylittynyt ainoastaan typpidioksidin vuosiraja-arvo. Typpidioksidipitoisuuksien ylittyminen on yleistä Euroopan suurissa kaupungeissa, ja Helsingin tilanne on verrattain hyvä. Vaikka typpidioksidi on todettu suurissa pitoisuuksissa terveydelle haitalliseksi, hengitysilman hiukkaspitoisuus on suurempi terveysriski. Hengitysilman hiukkasilla on haitallisia terveysvaikutuksia myös raja-arvot alittavissa pitoisuuksissa.



Kuva 8. Hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) ja typpidioksidin raja-arvojen ylitykset kantakaupungin mittausasemilla 2004–2011. (HSY, 2011)

Ilmanlaadun parantamisen haasteet

Joillain typpidioksidi- tai hiukkaspitoisuuksiin liittyvillä rajoitustoimilla saattaa olla käänteinen vaikutus toiseen ilmansaasteeseen, mikä hankaloittaa sopivien keinojen valintaa. Esimerkiksi dieselajoneuvojen hiukkassuodattimet saattavat nostaa suoran typpidioksidipäästön osuutta, joka hankaloittaa raja-arvojen saavuttamista typpidioksidin osalta. Toisaalta hiukkasten terveyshaitta on suurempi, joten vaihtokauppa voisi olla kaupunkilaisten terveyden kannalta edullinen. Ilmanlaadun kannalta toivottavimpia olisivat kuitenkin sellaiset keinot, joilla kaikkien ilmansaasteiden pitoisuudet alenisivat.

3.2 Esiselvitys ympäristövyöhykkeen soveltuvuudesta Helsinkiin

Vuonna 2007 julkaistussa esiselvityksessä ympäristövyöhykkeen soveltuvuudesta Helsinkiin mallinnettiin erilaisten ajoneuvoon kohdistuvien kieltojen vaikutuksia päästöihin ja kustannuksiin. (Nylund, Mäkelä, 2007) Selvityksessä tutkittiin, miten Euro 0 -, Euro 1 -, Euro 2 - ja Euro 3 -tasoisten autojen kiello vaikuttaisi päästöihin. Tarkastelussa arvioitiin kielloa sekä koko autokaluston että pelkästään raskaan kaluston osalta. Tuolloin todettiin, että Euro 3 -kiello raskaalle kalustolle ei ole realistinen, sillä Euro 3 -normit täyttävät ajoneuvot olivat vuonna 2007 vielä melko uusia. Vanhempien raskaiden ajoneuvojen kiellolla puolestaan ei odotettu saavutettavan merkittäviä hyötyjä. Esiselvityksessä ehdotettiin tarkoituksenmukaisimpana vaihtoehtona henkilö- ja pakettiautojen Euro 0 -kiellon ja raskaan kaluston Euro 2 -kiellon yhdistelmää. Esiselvityksessä myös todetaan, että käyttämällä synteettistä biopohjaista dieselpolttoainetta raskaan dieselikaluston hiukkaspäästöjä on mahdollista alentaa keskimäärin 30 %. Tämä vastaa Euro 2 -tasoisen bussin muuttumista Euro 3 -tasoiseksi.

Esiselvityksessä merkittävimmän hyödyn arvioitiin syntyvän hiukkaspäästöjen vähenemisestä, jos henkilö- ja pakettiautojen Euro 0 -kalusto ja raskaan kaluston Euro 2- ja vanhempi kalusto kiellettäisiin. Laskelmat perustuivat Suomen Tiehallinnon ja Ranskan energiaviranomaisen ADEME:n arvioihin haittakustannuksista sekä eurooppalaisen ExternE-projektin laskelmiin. Laskelmissa miljoonan asukkaan kaupungissa pienhiukkasten ($PM_{2,5}$) haitta-arvo oli 122 000–247 500 € / tonni ja typenoksidien (NO_x) 1 100–8 200 € / tonni. Pienhiukkasten alin arvo on Tiehallinnon arvio vuodelta 2000 ja ylin arvo ExternE-projektin arvio vuodelta 2007. Typenoksidien alin arvo on Tiehallinnon arvio ja ylin arvo ADEME:n arvio. Haitta-arvoja määritettäessä on huomioitu sairaudet, korroosio, likaantuminen, metsän ja pellon tuoton väheneminen ja ilmastomuutos. Kantakaupungin alueella ulkoisten kustannusten vähenemä arvioitiin noin 3,4–4,6 miljoonaan euroon vuodessa. Kun tarkastelu ulotettiin kaupunkia laajemmalle alueelle, hyötyjen arvioitiin olevan luokkaa 12–16 miljoonaa euroa vuodessa. Ulkoisten kustannusten tarkastelussa käytettiin vain ADEME:n ja ExternE-projektin kustannusarvioita. ADEME:n arvoja käytettäessä typenoksideille muodostui kokonaisuutena kor-

keammat haitta-arvot, vaikka yleisesti pienhiukkasia pidetään selkeästi haitallisempina ilmansaasteena.

Esiselvityksessä pohdittiin typpidioksidin (NO₂) ja hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) raja-arvojen ylityksiä Helsingissä. Ympäristövyöhykkeen käyttöönoton ei kuitenkaan odotettu tuovan parannusta ilmanlaatuongelmiin. Hiukkasten PM₁₀ -jae on enimmäkseen katupölyä, ei niinkään autojen pakokaasuista peräisin olevia hiukkasia. Esiselvityksessä todettiin, että mahdollisen ympäristövyöhykkeen todellisten ympäristövaikutuksien ja etujen arviointi edellyttäisi lisäselvityksiä ympäristö- ja terveysvaikutuksista.

Esiselvityksessä tuotiin myös esiin ongelma ympäristövyöhykkeen vaikutuksen ajallisesta kapenemisesta. Tämä johtuu ajoneuvokannan päästöjen luonnollisesta alentumisesta ajoneuvokannan uusiutumisen myötä. Esimerkiksi arvioitiin, että vuonna 2007 välittömästi toteutettava raskaiden ajoneuvojen Euro 1 -kaluston kielto antaisi vain noin puolen vuoden ajallisen edun hiukkaspäästöjen normaaliin kehitykseen verrattuna. Jos vuonna 2007 olisi toteutettu jälkiasennettavat hiukkassuodattimet salliva raskaan kaluston Euro 2 -kielto, vaikutusten arvioitiin puollittuvan vuoteen 2011 mennessä.

Esiselvityksessä todettiin, että ympäristövyöhykkeen perustaminen aiheuttaisi kustannuksia järjestelmän hallinnon ja nopeutettujen autohankintojen vuoksi. Järjestelmän hallinnosta aiheutuvista kustannuksista ei esitetty laskelmia, sillä kustannukset vaihtelevat eri toteutustapojen mukaan. Esimerkiksi Tukholmassa ympäristövyöhykkeen on arvioitu lisänneen kuorma-autoliikenteen kustannuksia 1–3 %. Helsingin kaupungin rakennusvirastolle arvioitiin aiheutuvan noin 7 M€ kertainvestointi kaluston päivittämisestä ehdotetun ympäristövyöhykemallin mukaiseksi. Busseilla kustannukset olisivat olleet lievimmillään kertainvestointina noin 7 M€, jos jälkiasenteiset hiukkassuodattimet olisi sallittu.

3.2.1 Esiselvityksen tietojen päivitys

Ympäristökeskus täydensi ilmansuojelutyöryhmän taustamuistiossa alkuperäisen esiselvityksen tietoja vuonna 2010. Kaupungin ajoneuvojakaumasta saatujen tietojen mukaan ajoneuvojen keskimääräisen iän oletettiin olevan esiselvityksen laskelmissa käytettyä arviota uudempaa. Taustamuistion mukaan katalysaattoritomia henkilöautoja on kantakaupungin alueella vähemmän kuin esiselvityksessä arvioitiin ja niiden suoritemäärät ovat pieniä. Lisäksi esiselvityksen laskelmissa ei huomioitu Vuosaaren sataman aiheuttamaa raskaan liikenteen vähenemistä kantakaupungissa. Tämän oletettiin johtavan siihen, että ympäristövyöhykkeen päästövaikutukset olisivat vähäisempiä kuin esiselvityksessä arvioitiin.

Taustamuistiossa arvioitiin, että jos kantakaupungissa liikennöivä bussikalusto olisi 50 % biodieselbusseja ja 50 % kaasubusseja, katukuilujen NO₂-pitoisuus laskisi noin 10 %, kun NO₂-päästöt laskisivat noin 30 %. Esille tuotiin myös jälkiasennettavien hiukkassuodattimien mahdollisesti aiheuttama suoran NO₂-päästön kasvu.

Esiselvityksen jälkeen VTT on suorittanut mittauksia, joiden mukaan uusien Euro 4 - ja Euro 5 -päästöluokkiin kuuluvien raskaiden ajoneuvojen todellisessa ajossa syntyneet päästöt voivat olla huomattavasti suurempia kuin standardoidussa testissä todetut päästöt. Tällöin myöskään ilmanlaatu ei parane oletetulla tavalla, jos vanhempien raskaiden ajoneuvojen käyttö kielletään ja ne korvataan uudemmilla dieselajoneuvoilla.

Taustamuistion oletusten mukaan raskaita ajoneuvoja koskevalla ympäristövyöhykkeellä suurin vaikutus saataisiin pienhiukkasten päästöihin, ei typpidioksidin tai hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin. Sen sijaan käyttämällä puhtaampia polttoaineita kuten kaasua tai toisen sukupolven biodieseliä voitaisiin molempia päästöjä vähentää.

Liikennevirasto on päivittänyt laskelmat liikenteen päästöjen haitta-arvoista vuonna 2012 julkaisussaan Liikenteen päästökustannukset (Gynther ym. 2012). Tässä julkaisussa pienhiukkasten ($PM_{2.5}$) haitta-arvo oli pääkaupunkiseudulla, eli yli miljoonan asukkaan asukaskeskittymässä, 233 417 € / tonni ja typenoksidien (NO_x) haitta-arvo 1 795 € / tonni. Uusien dieselajoneuvojen typenoksidipäästöt ovat yleisesti noin 10–15 kertaa suurempia (g/km) hiukkaspäästöihin verrattuna.

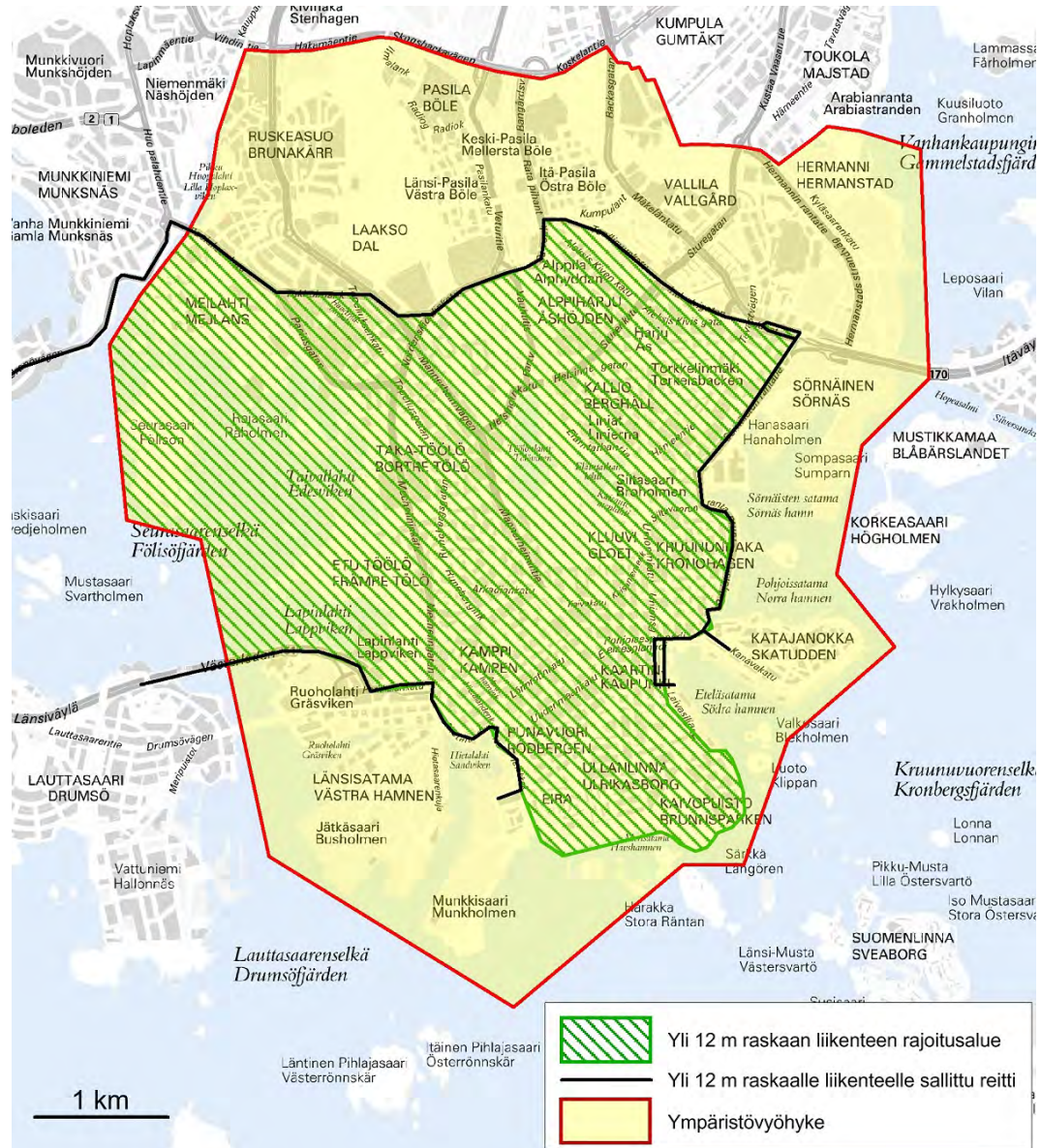
3.3 Ympäristövyöhyke ja raskaan liikenteen rajoitusalue vuonna 2012

Vuonna 2007 julkaistun esiselvityksen ja muun taustamateriaalin sekä laajan lausuntokierroksen tulosten pohjalta Helsingin kaupungin ilmansuojelutyöryhmä teki ehdotuksen, jonka mukaan kantakaupunkiin perustettaisiin vain bussi- ja jäteautoliikennettä koskeva ympäristövyöhyke. Laajempaa Euro-luokkiin perustuvaa ympäristövyöhykettä ei ehdotettu, koska useiden selvitysten perusteella niiden kustannus-hyötysuhde ilmanlaadun kannalta vaikutti heikolta.

HSY:n tekemissä ilmanlaadun katukuilumallinnuksissa on osoitettu, että raskaalla liikenteellä on Helsingissä huomattava vaikutus ilmanlaatuun erityisesti katukuiluissa. Bussit muodostavat kantakaupungin raskaasta kalustosta merkittävän osuuden, joten niiden päästöjä vähentämällä voidaan parantaa kantakaupungin ilmanlaatua. Kustannusvaikutusten arvioinnissa todettiin, että bussien ja jäteautojen kilpailutusta koskevan ympäristövyöhykkeen kustannusvaikutukset ovat kaupungille, bussilinjojen kilpailutuksesta vastaavalle Helsingin seudun liikenteelle ja jäteautojen kilpailutuksista vastaavalle Helsingin seudun ympäristöpalveluille kohtuulliset. Toimilla ei myöskään aiheuteta ongelmia kaupungin elinkeinoelämälle.

Ilmansuojelutyöryhmän ehdotuksen mukaisesti Helsingin kaupunginhallitus hyväksyi 31.5.2010 ympäristövyöhykkeen, joka koskee ainoastaan Helsingin seudun liikenteen (HSL) kilpailuttamaa Helsingin sisäistä ja seudullista bussiliikennettä sekä Helsingin seudun ympäristöpalveluiden (HSY) kilpailuttamaa jätteenkuljetusta. Vyöhykkeen sisällä liikennöivältä kalustolta edellytetään kilpailutuksessa tiukempia päästönormeja kuin muilla reiteillä liikennöivältä kalustolta. Ympäristövyöhyke kattaa Helsingin kantakaupungin, eli Hakamäentien eteläpuolisen

alueen. Lisäksi kantakaupungissa on voimassa erillinen raskaan liikenteen rajoitusalue yli 12 metrin pituisille ajoneuvoille. Rajoitusalue ei koske linja-autoja eikä erityisluvan hakeneita ajoneuvoja. Ympäristövyöhykettä ei ole merkitty millään tavalla katukuvaan, mutta raskaan liikenteen rajoitusalue on merkitty liikenne-merkeillä kaikilla alueen sisääntuloväylillä.



Kuva 9. Helsingin ympäristövyöhyke ja yli 12 metriä pitkän raskaan liikenteen rajoitusalue. Lähde: Helsingin kaupungin ympäristökeskus, Kartta © Kaupunkimittausosasto 002/2012.

Helsingin seudun liikenteen ympäristöbonus

HSL otti vuoden 2012 alussa käyttöön ympäristöbonuksen, joka myönnetään liikennöitsijöille päästöjä alentavista toimenpiteistä. Bonusmalli ottaa huomioon sekä hiilidioksidipäästöt että terveydelle haitalliset pakokaasupäästöt. Liikennöitsijät voivat esittää uusia, voimassaolevat sopimukset ylittäviä toimenpiteitä päästöjen vähentämiseksi. Bonusta voidaan myöntää polttoaineen kulutuksen vähentämisestä, entistä tehokkaammasta pakokaasujen puhdistuksesta ja biopolttoaineen käytöstä. Tuettavat toimenpiteet valitaan kustannustehokkuuden perusteella. Bonusmallin tarkoitus on vähentää erityisesti vanhemman kaluston päästöjä. (HSL, 2012)

Helsingin ympäristövyöhykkeellä HSY:n kilpailuttamille jätteenkuljetuksille kaluston minimivaatimuksena on Euro 5 -päästötaaso. Ympäristövyöhyke jakaantuu useisiin erillisiin kuljetusurakka-alueisiin, joiden kilpailutukset käydään eri aikoina. Sekajätteen kuljetuksista viimeinen kilpailutus käydään syyskuussa 2012 ja biojätteen kuljetuksista marraskuussa 2013, jonka jälkeen kaikilla kuljetusurakka-alueilla kalusto täyttää ympäristövyöhykkeen päästövaatimukset. Jätteenkuljetuskaluston päästöjen vaikutus Helsingin keskustan ilmanlaatuun on kuitenkin kokonaisuutena melko pieni.

HSL:n kilpailuttamassa bussiliikenteessä ympäristövyöhykkeen minimivaatimus tällä hetkellä on kaluston Euro 3 -päästöstandardi. Ympäristövyöhykkeen minimisääntöä voimakkaammin bussikaluston uusiutumiseen vaikuttavat kuitenkin linjojen kilpailutusten pisteytysäännöt, jotka käytännössä pakottavat liikenteenharjoittajat tarjoamaan vähäpäästöistä kalustoa.

Helsingin seudun liikenne -kuntayhtymän mukaan vuoden 2013 alussa Helsingin linjoille saadaan 76 uutta EEV-normit täyttävää bussia. Kaluston uudistumisen ansiosta 52,5 % HSL:n bussiliikenteen vuotuisista linjakilometreistä ajetaan vuoden 2013 alusta lähtien EEV-normit täyttävillä busseilla. (HSL 2012)

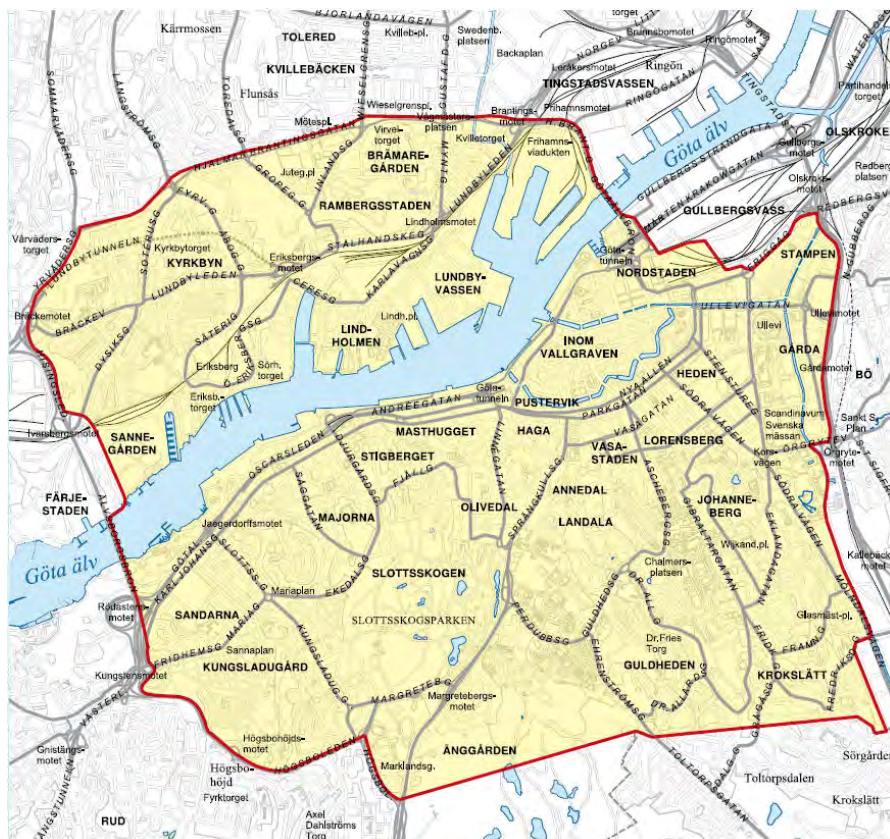
Vuosaaren satama aloitti toimintansa marraskuussa 2008. Uusi satama on siirtänyt raskasta rekkaliikennettä pois kantakaupungin alueelta. Kaupunkisuunnitteluviraston liikennelaskennan mukaan kantakaupungin rajan ylittävien rekkojen määrä vuonna 2011 oli 63 % pienempi kuin ennen uuden sataman käyttöönottoa vuonna 2008. (Kaupunkisuunnitteluvirasto, 2012)

4 Esimerkkejä muiden Euroopan maiden ympäristövyöhykkeistä

4.1 Göteborg, Ruotsi

Ruotsissa ympäristövyöhykkeistä määrätään tieliikennelaissa (SFS 1998:1276 ja SFS 2006:1208). Täten kaikkien Ruotsin kaupunkien ympäristövyöhykkeillä on yhtenäiset säännöt siitä, millaisilla ajoneuvoilla vyöhykkeillä voi ajaa. Ruotsissa on ympäristövyöhykkeitä tällä hetkellä kuudessa kaupungissa, jotka ovat Tukholma, Göteborg, Helsingborg, Lund, Malmö ja Mölndal. Tässä raportissa tarkemmin esiteltäväksi on valittu Göteborg, koska kaupunki on väkiluvultaan suunnilleen Helsingin kokoinen. Helsingin maapinta-ala on kuitenkin pienempi, joten Helsingin asukastiheys on 2,5 kertaa Göteborgia suurempi.

Göteborgin ympäristövyöhyke on perustettu vuonna 1996 nimenomaan ilmanlaatusiististä, typenoksidi- ja hiukkaspäästöjen vähentämiseksi. Ympäristövyöhyke koskee raskaita ajoneuvoja, joiden kokonaispaino on yli 3,5 tonnia. Vuodesta 2002 lähtien ympäristövyöhykkeen määräykset ovat koskeneet kaikkia raskaita ajoneuvoja niiden rekisteröintimaasta riippumatta. Vyöhyke kattaa Göteborgin keskustan ja on pinta-alaltaan noin 15 km²:n suuruinen.



Kuva 10. Göteborgin ympäristövyöhyke. Lähde: www.lowemissionzones.eu

Göteborgin ympäristövyöhykkeen raja on esitetty Kuvan 10 kartassa. Vuoden 2013 alusta Göteborgissa keskustassa otetaan käyttöön myös ruuhkamaksu. Ruuhkamaksuvyöhykkeen rajat eivät noudata ympäristövyöhykkeen rajoja, vaan ruuhkamaksualueesta tulee jonkin verran pienempi kuin ympäristövyöhykkeestä. Maksu tulee koskemaan kaikkia ajoneuvoja, joten sen vaikutukset kohdistuvat myös henkilöautoliikenteeseen, toisin kuin ympäristövyöhykkeen vaikutukset.



Kuva 11. Liikennemerkki, jolla kaikissa Ruotsin kaupungeissa voimassa olevat ympäristövyöhykkeet merkitään. Kuva: Göteborgin kaupunki, Klas Eriksson

Ympäristövyöhykkeestä tiedotetaan Göteborgin kaupungin verkkosivuilla (<http://www.goteborg.se>). Lisäksi ympäristövyöhykkeen käyttöön ottaneet kaupungit ovat julkaisseet asiasta yhteisen tiedotuslehtisen, joka löytyy sähköisessä muodossa kaikkien kaupunkien omilta verkkosivuilta. Tiedotuslehtistä jaettiin Ruotsissa yli 50 000:lle raskaan liikenteen ajoneuvon omistajalle ennen ympäristövyöhykkeen käyttöönottoa. Lisäksi alan ammattilehdissä julkaistiin artikkeleita ja ilmoituksia, joissa kerrottiin tulevasta ympäristövyöhykkeestä ja annettiin ohjeita, miten liikenteenharjoittajien tulee toimia. Kaupunkien yhteisessä tiedotuslehtisessä (*Miljözon bestämmelser 2009*) esitetään taulukkomuodossa eri päästöluokkaan kuuluvilla ajoneuvoilla vuodet, joiden jälkeen ne eivät enää saa ajaa ympäristövyöhykkeen sisäpuolella.

Rajoituksen pääsääntönä on, että kaikilla raskailla ajoneuvoilla saa ajaa ympäristövyöhykkeellä vähintään kuuden vuoden ajan ajoneuvon ensirekisteröintivuodesta lähtien, riippumatta ajoneuvon rekisteröintimaasta. Euro 2 - ja Euro 3 -päästöluokkiin kuuluvilla ajoneuvoilla aikaraja on kahdeksan vuotta ensirekisteröintivuodesta lähtien. Kaikilla Euro 4 -päästöluokkaan kuuluvilla ajoneuvoilla saa ajaa ympäristövyöhykkeellä vuoteen 2016 saakka ja Euro 5 -päästöluokkaan tai EEV -päästöluokkaan kuuluvilla ajoneuvoilla aina vuoteen 2020 saakka. Sääntöjä sovelletaan kaikkiin raskaisiin ajoneuvoihin riippumatta käytetystä polttoaineesta. Ikärajoituksiin voi saada poikkeuksen, jos ajoneuvo on varustettu hyväksytyillä pakokaasupäästöjen vähennyslaitteilla, kuten jälkiasennuskatalysaattorilla ja hiukkassuodattimella.

Taulukko 6. Kaikkia Ruotsin kaupunkien ympäristövyöhykkeitä koskevat ajoneuvojen ikärajoitukset. Lähde: Miljözon bestämmelser 2009.

Ensirekisteröinti- vuosi	Pääsääntö	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5 + EEV
2002	2008	2010	2010		
2003	2009		2011		
2004	2010		2012	2016	
2005	2011		2013	2016	2020
2006	2012		2014	2016	2020
2007	2013		2015	2016	2020
2008	2014			2016	2020
2009	2015			2016	2020
2010	2016			2016	2020
2011	2017				2020
2012	2018				2020
2013	2019				2020
2014	2020				2020

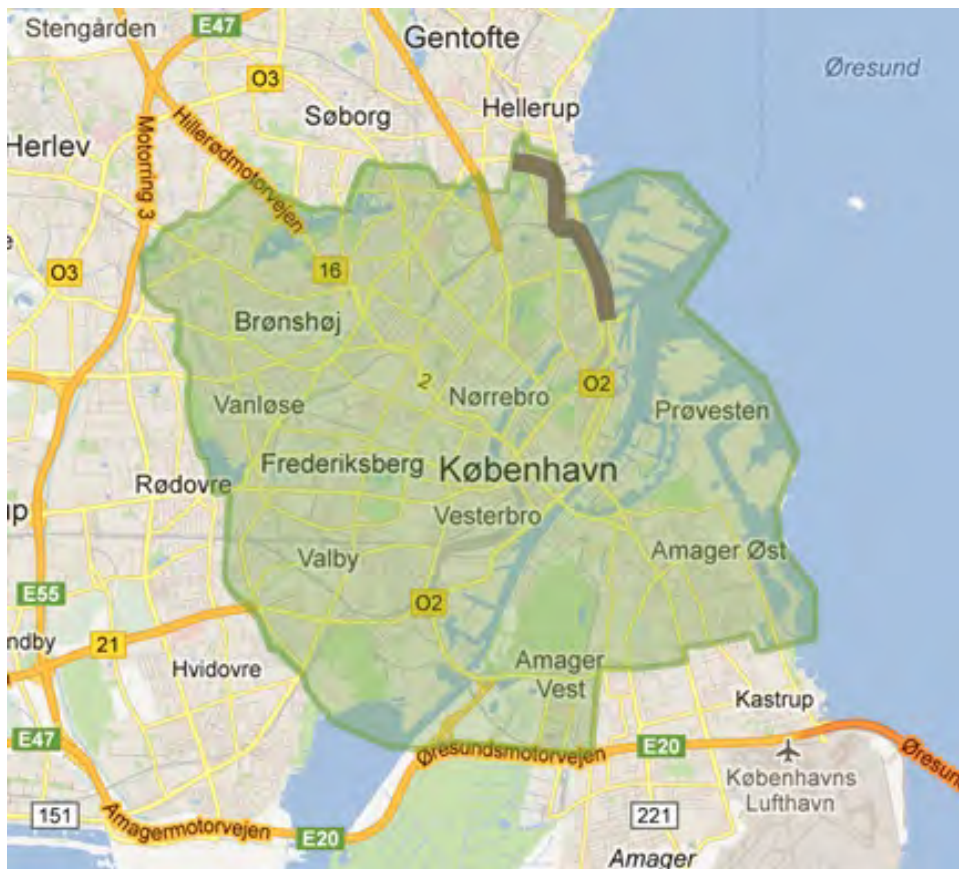
Taulukossa 6 esitetyissä rajoituksissa pääsääntönä on, että kaikilla raskailla ajoneuvoilla saa ajaa ympäristövyöhykkeellä vähintään kuuden vuoden ajan ajoneuvon ensirekisteröintivuodesta lähtien. Euro 2 -päästöluokasta lähtien ajoneuvoille on sallittu pidempi aika. Taulukossa on esitetty rajoitusvuodet, joiden jälkeen kyseisen päästöluokan raskailla ajoneuvoilla ei saa ajaa ympäristövyöhykkeellä.

Ympäristövyöhykkeellä käytettävillä ajoneuvoilla on oltava tuulilasissa merkki, jossa on näkyvissä luvan voimassaoloaika, ajoneuvon ensirekisteröintivuosi ja ajoneuvon rekisterinumero. Luvan voi hakea korkeintaan kahdeksan vuotta vanhoille ajoneuvoille. Se käy kaikissa kuudessa kaupungissa, joissa ympäristövyöhyke on käytössä. Lupa on maksuton. Vanhemmilta ajoneuvoilta vaaditaan todistukset ajoneuvon jälkiasennetusta hyväksytystä pakokaasun puhdistuslaitteistosta tai ajoneuvon moottorin vaihtamisesta hyväksytyyn päästöluokkaan kuuluvaan moottoriin. Tällaisen hakemuksen käsittely maksaa 200 kruunua. Luvan myöntää kunta, ja hakemus lähetetään siihen kuntaan, jossa ajoneuvoa on tarkoitus käyttää.

Ympäristövyöhykkeen noudattamisen valvonta on poliisin vastuulla, ja se on osa normaalia liikennevalvontaa. Ajoneuvon kuljettaja on vastuussa sääntöjen noudattamisesta. Liian vanhan ajoneuvon kuljettaja voi saada 600 kruunun sakon. Poliisi voi myös käskä ajamaan ulos ympäristövyöhykkeeltä tai jopa hinauttaa auton pois. Tieviranomaiset (Trafikkontoret) seuraavat ympäristövyöhykkeen sääntöjen noudattamista kuusi kertaa vuodessa viidessä eri pisteessä tapahtuvilla laskennoilla.

4.2 Kööpenhamina, Tanska

Tanskassa oli kesäkuussa 2012 ympäristövyöhykkeitä maan neljässä suurimmassa kaupungissa: Kööpenhaminassa, Aalborgissa, Århusissa ja Odensessa. Kööpenhaminan vyöhyke on otettu käyttöön vuonna 2008, Aalborgin vuonna 2009 ja Århusin ja Odensen vuonna 2010. Käyttöönoton tavoitteena on ollut korkeiden hiukaspitoisuuksien rajoittaminen kaupunkikeskustoissa. Kaikkien kaupunkien ympäristövyöhykkeitä koskevat yhtenäiset käytännöt ja liikennemerkit. Vuodesta 2011 lähtien ympäristövyöhykkeiden rajoitukset ovat koskeneet myös ulkomaisia ajoneuvoja.



Kuva 12. Kööpenhaminan ympäristövyöhyke. Lähde: www.miljozonen.dk/google_map.php

Kuvassa 12 esitetty Kööpenhaminan ympäristövyöhyke kattaa valtaosan Kööpenhaminan kaupungista sekä kokonaan pienen Frederiksbergin kunnan, joka sijaitsee Kööpenhaminan sisällä. Ympäristövyöhyke koskee raskaita dieselajoneuvoja, joiden kokonaispaino on yli 3,5 tonnia. Ympäristövyöhykkeellä näiden ajoneuvojen tulee täyttää vähintään Euro 4 -standardin vaatimukset tai niissä pitää olla jälkiasennettuna hiukassuodatin, joka poistaa vähintään 80 % diesel-pakokaasun hiukkasista. Vaatimukset koskevat myös ajoneuvoja, jotka käyttävät

biodieseliä. Vaatimusten täyttäminen osoitetaan tuulilasiin liimattavalla vihreällä tarralla.



Kuva 13. Tarra, jolla osoitetaan ajoneuvon täyttävän Tanskan ympäristövyöhykkeillä voimassa olevat määräykset. Lähde: <http://www.miljozone.dk/>

Tarran voi tilata etukäteen verkosta, jolloin sen hinta on 89 Tanskan kruunua, tai sen voi hankkia katsastusasemilta, jolloin hinta määräytyy asemien omien taksojen mukaan. Lupien myöntäjäksi hyväksyttyjä katsastusasemia on yli 130 eri puolilla Tanskaa. Tarran lisäksi ajoneuvossa ei tarvitse kuljettaa mukana erillisiä dokumentteja ajoneuvon päästötason osoittamiseksi.

Joillekin ajoneuvoille voidaan hakemuksesta myöntää poikkeus ympäristövyöhykkeen vaatimuksista. Tällainen poikkeuslupa osoitetaan tuulilasiin liimattavalla punaisella tarralla, joka on voimassa vain määräajan. Poikkeuslupan saamiseksi on osoitettava, että hiukkassuodattimen jälkiasentaminen aiheuttaisi turvallisuusriskin (esim. tulipalo) tai se on teknisesti mahdotonta tehdä kyseiseen ajoneuvoon tai kyseessä on erikoisajoneuvo (esim. museoauto), jolla ajetaan ympäristövyöhykkeellä vain harvoin ja hiukkassuodattimen asentamisen kustannukset tulisivat hyvin kalliiksi. Vähäiset ajokerrat ympäristövyöhykkeellä eivät yksinään oikeuta poikkeuslupa.



Kuva 14. Liikennemerkkit, jolla osoitetaan ympäristövyöhykkeen alkaminen ja päättyminen kaikissa Tanskan kaupungeissa. Lähde: <http://www.miljozone.dk/>

Ympäristövyöhyke on merkitty kaupungissa Kuvassa 14 esitetyillä liikennemerkeillä. Vyöhykkeen noudattamista valvoo poliisi sakottamalla niitä ympäristövyöhykkeen sisäpuolella liikkuvia ajoneuvoja, joilta ei löydy kummankaan väristä tarraa. Ympäristövyöhykkeen läpi kulkee kansainvälisen rekkaliikenteen kauttakulkureitti Nordhavnin satamaan. Tällä reitillä liikennöivillä raskailla ajoneuvoilla ei tarvitse olla ympäristövyöhykkeen tarraa eikä ajoneuvojen tarvitse täyttää ympäristövyöhykkeen päästövaatimuksia.

4.3 Berliini, Saksa

Saksassa on tällä hetkellä käytössä 56 ympäristövyöhykettä, jotka kaikki perustuvat samaan, vuonna 2007 voimaan astuneeseen asetukseen. Asetus koskee moottoriajoneuvojen luokittelua niiden hiukkaspäästöjen perusteella. Siinä säädetään ympäristövyöhykkeiden perustamisesta ja ajoneuvoihin kiinnitettävistä päästötason ilmoittavista tarroista. Ajoneuvojen merkitsemisellä pyritään ensisijaisesti vähentämään pienhiukkasten päästöjä ja parantamaan kaupunkien ilmanlaatua. Kukin kaupunki tai kunta päättää oman ilmansuojelusuunnitelmansa perusteella, mitkä alueet ympäristövyöhykkeeseen sisällytetään. Kaupungit voivat päättää myös ympäristövyöhykkeellä sovellettavat päästövaatimukset. Tähän raporttiin tarkemmin esiteltäväksi on valittu Berliinin ympäristövyöhyke, joka otettiin käyttöön Saksan ensimmäisten vyöhykkeiden joukossa vuoden 2008 alussa.

Ympäristövyöhykkeillä liikkuvissa ajoneuvoissa on oltava tarra (vihreä, keltainen tai punainen), joka osoittaa auton hiukkaspäästöjen määrän. Tämä määräys koskee kaikkia vyöhykkeellä liikkuvia ajoneuvoja eli myös ulkomailla rekisteröityjä ja lyhytaikaisesti kaupungissa liikkuvia henkilö- ja kuorma-autoja. Asetus koskee kaikkia ajoneuvoja riippumatta siitä, toimivatko ne polttomoottorilla (benssiini, diesel tai kaasu) tai sähkömoottorilla. Käytännössä Saksan ympäristövyöhykkeet rajoittavat kuitenkin ainoastaan dieselajoneuvoja ja katalysaattorittomia benssiiniajoneuvoja, sillä kaikki katalysaattorilla varustetut benssiiniajoneuvot saavat vihreän tarran. Käytännössä kaikki uudet benssiinihenkilöautot Euro 1 -päästöstandardista alkaen on varustettu kolmitoimikatalysaattorilla, joten ympäristövyöhykkeillä saa ajaa huomattavasti vanhemmilla benssiiniajoneuvoilla kuin dieselajoneuvoilla. Perusteena tälle on se, että dieselajoneuvojen hiukkaspäästöt ovat huomattavasti benssiiniajoneuvoja suurempia. Kaikkien ajoneuvojen tarramerkinnot ovat koko Saksan alueella yhtenäiset.



Kuva 15. Ajoneuvon tuulilasiin liimattava ympäristötarra, joka kertoo ajoneuvon päästötason. Vihreällä tarralla varustettu ajoneuvo on vähintään Euro 4 (Diesel) tai Euro 1 (Bensiini). Lähde: <http://www.umwelt-plakette.de>

Kuvassa 15 esitetyllä vihreällä tarralla saa ajaa kaikilla ympäristövyöhykkeillä. Tarran hankintaa varten tarvitaan rekisteriote, josta ajoneuvon päästöluokka käy ilmi. Jos päästöluokkaa ei ole merkitty rekisteriotteeseen, päästötaso määräytyy ajoneuvon ensirekisteröintivuoden perusteella. Ympäristötarra maksaa ajoneuvo-rekisteritoimistoissa 5–10 euroa, mutta autokorjaamot voivat hinnoitella tarran vapaasti. Verkkopalvelusta ostettuna ympäristötarra maksaa noin 30 euroa. Vihreän tarran voimassaoloaikaa ei ole rajattu, mutta keltainen ja punainen tarra ovat voimassa määräajan.

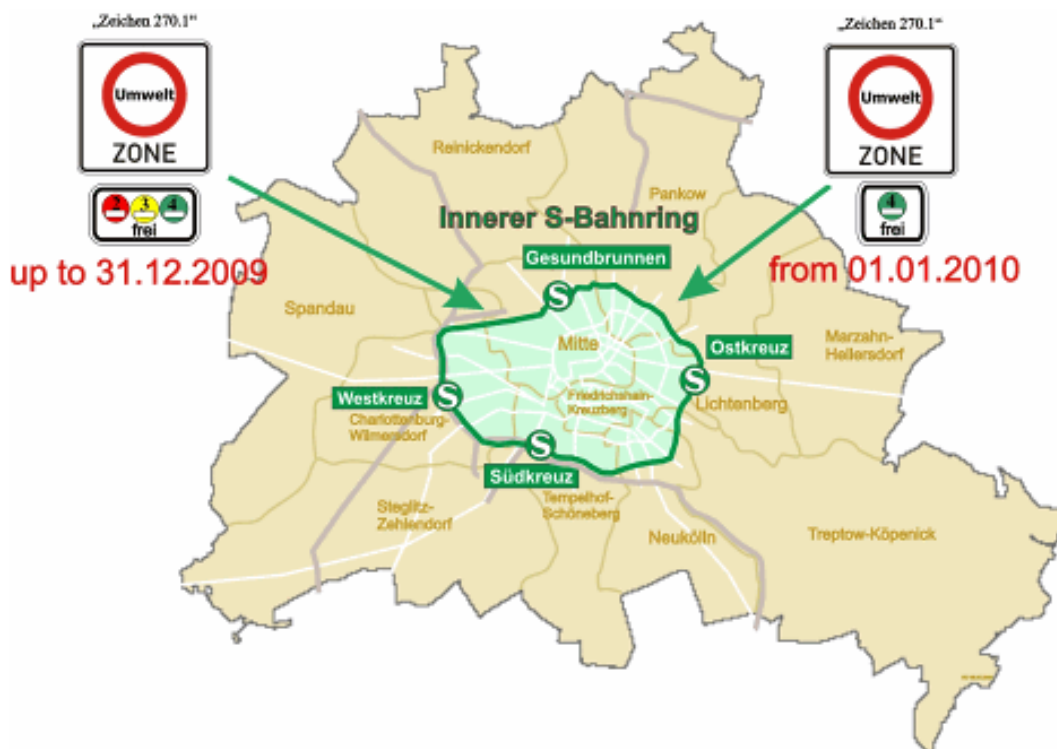
Saksassa ympäristövyöhykkeet on merkitty katukuvaan liikennemerkkein. Liikennemerkki merkitsee ajokieltoa kaikille muille kuin tarralla varustetuille ajoneuvoille. Liikennemerkkin alapuolella on lisäkilpi, jolla osoitetaan minkä värinen tarra ajoneuvon tuulilasissa pitää olla liimattuna, jotta ajoneuvolla saa ajaa kyseisellä ympäristövyöhykkeellä.



Kuva 16. Liikennemerkki, jolla osoitetaan ympäristövyöhykkeen alkaminen kaikissa Saksan kaupungeissa. Alla lisäkilpi, jolla osoitetaan, minkä värinen tarra ajoneuvon tuulilasissa pitää olla liimattuna. Lähde: <http://www.umwelt-plakette.de>

Jos ympäristövyöhykkeellä ajaa ilman päästötason osoittavaa tarraa, rikkeestä seuraa 40 euron sakko. Sakon saa tarran puuttumisesta, vaikka ajoneuvo muuten täyttäisikin ympäristövyöhykkeen vaatimukset. Ympäristövyöhyke ei kuitenkaan koske hälytysajoneuvoja, erityisluvan saaneita invalidien ajoneuvoja, kaksi- tai kolmipyöräisiä moottoriajoneuvoja, työkoneita, siirrettäviä koneita ja laitteita, maataloustraktoreita ja armeijan ajoneuvoja.

Aluksi vyöhykkeelle sallittiin pääsy kaikenvärisillä ympäristötarroilla. Ympäristövyöhykkeen vaatimuksia kuitenkin kiristettiin vuoden 2010 alusta niin, että alueelle saa ajaa vain vihreällä tarralla varustetulla ajoneuvolla.



Kuva 17. Berliinin ympäristövyöhyke ja vyöhykkeen vaatimusten muutos vuoden 2010 alussa. Lähde: <http://www.lowemissionzones.eu>

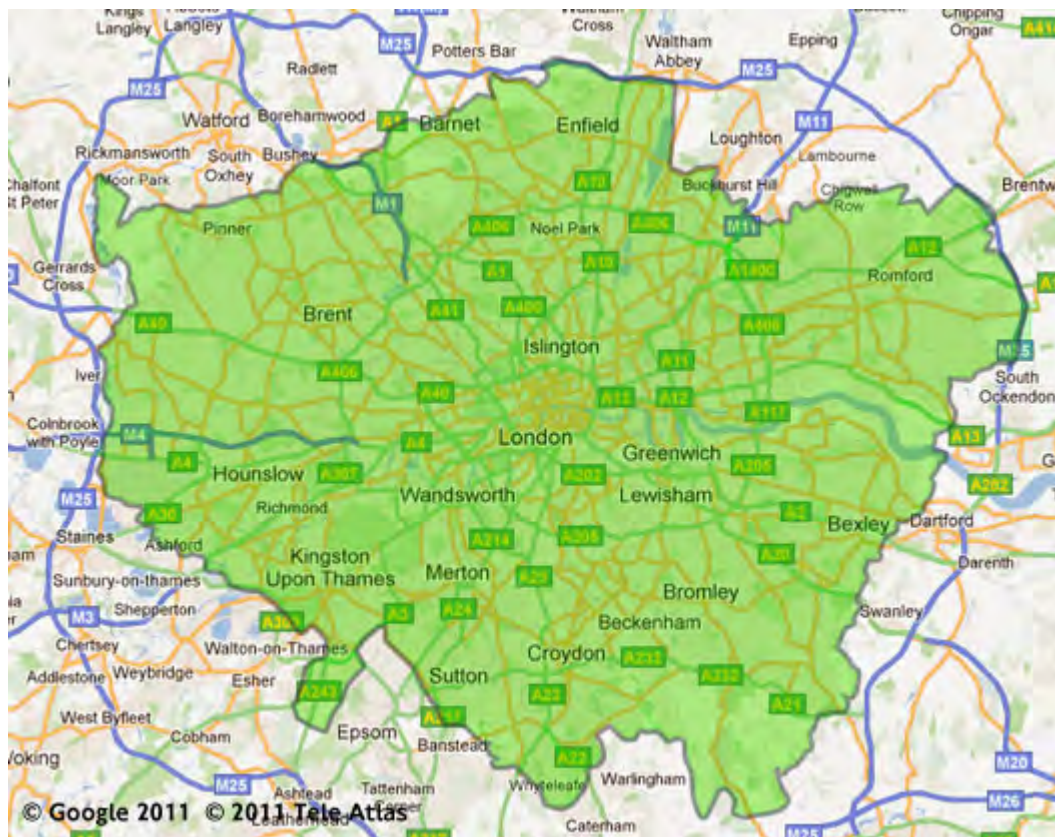
Kuvassa 17 esitetyn Berliinin ympäristövyöhykkeen koko on 88 km² ja sen sisäpuolella asuu noin 1,1 miljoonaa ihmistä. Alue on rajattu S-Bahn-lähiliikennejunalinjan muodostaman kehän (Ringbahn) sisäpuolelle.

4.4 Lontoo, Iso-Britannia

Iso-Britanniassa on käytössä kolme ympäristövyöhykettä: Lontoossa, Norwichissa ja Oxfordissa. Näistä Norwichin ja Oxfordin vyöhykkeet rajoittavat vain paikallisliikenteen bussien päästöjä eikä vyöhykkeitä täten ole lainkaan merkitty kau-

punktiin liikennemerkeillä. Lontoon ympäristövyöhyke sen sijaan on hyvin kattava, ja se koskee kaikkia muita ajoneuvoja paitsi henkilöautoja, moottoripyöriä ja pieniä pakettiautoja. Myös ulkomailla rekisteröityjen ajoneuvojen on noudatettava ympäristövyöhykkeen päästöstandardeja. Lontoon ympäristövyöhyke on otettu käyttöön vuonna 2008, ja sen vaatimuksia on kiristetty vähitellen neljässä vaiheessa. Ympäristövyöhyke on osa Lontoon ilmanlaatustrategiaa (Mayor's Air Quality Strategy, julkaistu joulukuussa 2010) ja liikennestrategiaa (Mayor's Transport Strategy, julkaistu toukokuussa 2010).

Lontoon ympäristövyöhyke kattaa suurimman osan Suur-Lontoosta. Alueen koko on 2 644 km² ja se onkin pinta-alaltaan maailman suurin ympäristövyöhyke. Alueella asuu noin kahdeksan miljoonaa ihmistä. Moottoritie M25 ei kuulu mukaan ympäristövyöhykkeeseen, vaikka osa tiestä kulkeekin ympäristövyöhykkeen rajojen sisäpuolella.



Kuva 18. Lontoon ympäristövyöhyke. Lähde: <http://www.tfl.gov.uk>

Ympäristövyöhykkeen sisällä on lisäksi Lontoon ydinkeskustan kattava ruuhkamaksualue. Lontoon ympäristövyöhykkeellä voivat ajaa ilman maksua kaikki päästövaatimukset täyttävät ajoneuvot. Jälkiasennetut hiukkaspäästöjen vähennyslaitteet otetaan huomioon kun arvioidaan päästövaatimusten täyttymistä. Jos ajoneuvo ei täytä ympäristövyöhykkeen vaatimuksia, on kuljettajan maksettava päivämaksu jokaiselta päivältä, jolloin ajoneuvolla ajetaan ympäristövyöhykkeel-

lä. Lontoon ympäristövyöhykkeellä ajamiseen vaaditut päästöstandardit ovat edenneet seuraavissa vaiheissa:

- Vaihe 1. 4. helmikuuta 2008 alkaen Euro 3 -hiukkaspäästöstandardi kuorma-autoille, busseille ja linja-autoille, joiden paino ylittää 12 tonnia.
- Vaihe 2. 7. heinäkuuta 2008 alkaen Euro 3 -hiukkaspäästöstandardi kuorma-autoille, busseille ja linja-autoille, joiden paino ylittää 3,5 tonnia.
- Vaihe 3. 3. tammikuuta 2012 alkaen Euro 3 -hiukkaspäästöstandardi suurille pakettiautoille ja minibusseille.
- Vaihe 4. 3. tammikuuta 2012 alkaen Euro 4 -hiukkaspäästöstandardi kuorma-autoille, busseille ja linja-autoille, joiden paino ylittää 3,5 tonnia.
- Vaihe 5. On ehdotettu, että nykyinen standardi kiristyy vuonna 2015 koskemaan myös kuorma-autojen ja linja-autojen typenoksidipäästöjä. Asiasta ei ole tehty päätöstä.

Alun perin Vaihe 3 piti ottaa käyttöön jo vuoden 2010 lokakuussa, mutta sen käyttöönottoa lykättiin vuoteen 2012 asti. Tällä pyrittiin taloudellisen taantuman vuoksi siirtämään ympäristövyöhykkeen käyttöönotosta aiheutuvia kustannuksia paremman taloudellisen tilanteen aikaan. Transport for London -virasto (TfL) on arvioinut, että suurimmat hyödyt ympäristövyöhykkeestä saadaan Vaiheiden 1 ja 4 käyttöönoton alussa, jolloin päästään vaikuttamaan kaikkein saastuttavimpiin ajoneuvoihin. Vaihe 3 arvioitiin näistä kaikista vaiheista vähämerkityksellisimmäksi, joten sen siirtämisen myöhäisemmäksi ei katsottu merkittävästi heikentävän ilmanlaatuutilannetta.

Ympäristövyöhyke on merkitty kaupunkiin liikennemerkeillä. Lähellä ympäristövyöhykkeen rajaa on lisäksi ennakkomerkkejä, jotka kertovat vaihtoehtoisen reitin, jolla voi välttää ympäristövyöhykkeelle ajamisen.



Kuva 19. Vasemmalla liikennemerkki, jollaisella osoitetaan Lontoon ympäristövyöhykkeen alkaminen kaikilla ympäristövyöhykkeen sisäänajoväylillä. Oikealla olevia liikennemerkkejä on ympäristövyöhykkeen sisäpuolella muistuttamassa, että ympäristövyöhykkeen valvonta tapahtuu kameravalvonnalla. Lähde: <http://www.tfl.gov.uk>

Aluetta valvotaan kiinteiden ja liikkuvien kameroiden avulla, jotka lukevat ohiajajien ajoneuvojen rekisterikilvet. Mikäli ajoneuvo tunnistetaan rekisterinumeron perusteella ympäristövyöhykkeen päästöstandardeja vastaamattomaksi, eikä vaadittua päivämaksua ole maksettu, lähetetään jälkikäteen ilmoitus rangaistusmaksusta ajoneuvon omistajalle. Rangaistusmaksu lähetetään auton omistajalle myös ulkomaille. Ensimmäisellä kerralla kun auto havaitaan ympäristövyöhykkeellä ilman lupaa, lähetetään pelkkä varoituskirje. Vasta toisella kerralla seuraa sakkomaksu. Maksun suuruus on 500–1 000 punttaa riippuen ajoneuvon koosta. Maksua alennetaan 50 % jos sakon maksaa 14 vuorokauden kuluessa. Britannian ulkopuolella rekisteröityjen ajoneuvojen on etukäteen rekisteröitävä ajoneuvonsa TfL-virastoon, jotta ajoneuvolla voi ajaa ympäristövyöhykkeellä ilman päivämaksua. Rekisteröinti on maksutonta, ja se voidaan hoitaa postitse tai sähköpostitse.

Jos ajoneuvo ei täytä ympäristövyöhykkeen vaatimuksia, kuljettajan on maksettava päivämaksu, mikäli hän ajaa ympäristövyöhykkeellä. Maksut koskevat vuoden jokaista päivää mukaan lukien viikonloput ja yleiset vapaapäivät. Maksu on voimassa keskiyöstä seuraavaan keskiyöhön. Maksun suuruus on 200 punttaa yli 3,5 tonnin painoisilta raskailta ajoneuvoilta ja yli 5 tonnin painoisilta busseilta. Alle 3,5 tonnin painoisilta raskailta ajoneuvoilta, matkailuautoilta ja suurilta pakettiautoilta sekä alle 5 tonnin painoisilta busseilta maksu on 100 punttaa. Maksu voidaan suorittaa verkossa, puhelimitse tai postitse.

4.5 Milano, Italia

Vuoden 2012 kesäkuussa Italiassa oli voimassa olevia ympäristövyöhykkeitä useissa kaupungeissa. Rajoitusten taso on hyvin kirjava, ja säännöt ja rajoitusten toteutus vaihtelevat merkittävästi kaupungista toiseen. Huomattavaa on, että monissa kaupungeissa rajoitukset koskevat kaikkia ajoneuvoja eli henkilöautojen lisäksi myös moottoripyöriä ja mopedeja. Useimmat ympäristövyöhykkeet ovat aikaperustaisia, ja niiden rajoitukset ovat voimassa vain arkena tiettyinä kellonaikoina (esim. klo 7–19 tai ruuhka-aikoina klo 7–10 ja klo 16–20).

Tässä raportissa käsitellään Milanon järjestelmää, joka on yhdistelmä ruuhkamaksuvyöhykettä ja ympäristövyöhykettä. Milanon keskustassa on ollut voimassa ruuhkamaksu (Eco Pass -ohjelma) vuodesta 2008 asti, mutta tammikuussa 2012 ruuhkamaksu muutettiin liikennerajoituksiin yhdistetyksi maksuksi, joka koskee Milanon keskustan aluetta (Alue C, "Cerchia dei Bastioni").

Milanon ympäristövyöhyke otettiin käyttöön kansanäänestyksen jälkeen 79 % kannatuksella. Tammikuussa 2012 alkanut vyöhyke on koekäytössä 18 kk:n ajan. Ympäristövyöhykkeen seurantaan on tehty suunnitelma, jossa määritellään erilaisia mitattavia indikaattoreita vyöhykkeen tavoitteiden toteutumiseksi.

Milanon kaupungin verkkosivujen mukaan ympäristövyöhykkeen päätavoitteina on:

- Vähentää liikennettä Cerchia dei Bastionin alueella eli kaupungin ydinkeskustassa.
- Tehostaa julkisen liikenteen verkostoja ja niiden kehittymistä.
- Kerätä tuloja kestävästä liikkumisesta edistämiseksi.
- Parantaa kaupunkiympäristön laatua vähentämällä onnettomuuksia, hallitsematonta pysäköintiä, melua ja ilman saastumista.

Alueelle C on kokonaan pääsy kielletty bensiinikäyttöisiltä ajoneuvoilta, jotka kuuluvat Euro 0 -päästöluokkaan sekä dieselkäyttöisiltä ajoneuvoilta, jotka kuuluvat Euro 1 -, Euro 2 - tai Euro 3 -päästöluokkiin sekä yli seitsemän metriä pitkiltä ajoneuvoilta. Muita ajoneuvoja koskevat liikennerajoitukset ovat voimassa maanantaista perjantaihin klo 7.30–19.30. Tällöin alueelle C ajamista varten tarvitaan 5 euron hintainen lippu, joka on voimassa kyseisen maksupäivän ajan. Vyöhykkeen rajan ylityksien lukumäärää ei ole rajoitettu maksupäivän aikana. Maksusta ovat kokonaan vapautettuja polkupyörät, skootterit, sähköautot, erityistarralla merkityt vammaisten ajoneuvot, hybridautot, kaasuautot sekä biopolttoainetta käyttävät autot (vuoden 2012 loppuun asti).

Alueen asukkaille 40 ensimmäistä maksupäivää ovat ilmaisia, mutta sen jälkeen he joutuvat maksamaan 2 euron hintaisen päivälipun ajaessaan ympäristövyöhykkeellä. Hyötyajoneuvoja (huoltoajo) varten on kaksi erillistä maksua: 5 euron hintaisella lipulla saa ajoluvan lisäksi 2 tuntia ilmaista pysäköintiä aikaa tietyillä merkityillä paikoilla tai vaihtoehtoisesti voi ostaa pelkän 3 euron hintaisen päivälipun vyöhykkeelle. Asukkaiden ajoneuvoilta ja hyötyajoneuvoilta vaaditaan ennakoon rekisteröityminen verkossa.



Kuva 20. Milanon ympäristövyöhyke, "Alue C". Sinisellä merkityt portit ovat kaiken liikenteen käytettävissä, punaisella merkityt ainoastaan julkisen liikenteen käytettävissä. Lähde: <http://lowemissionzones.eu>

Kuvassa 20 esitetylle Alue C:lle johtaa 43 sisäänajoporttia, joista seitsemän on tarkoitettu vain julkisen liikenteen käyttöön. Ympäristövyöhykkeen noudattamista valvotaan kameroilla, joilla kuvataan kaikkien sisäänajoporteista ajavien ajoneuvojen rekisterikilvet. Rekisterikilven perusteella tunnistetaan ajoneuvon luokittelu ja ajoneuvoa varten suoritettu päivämaksu. Sakko maksun puuttumisesta on 75–275 euroa riippuen ajoneuvon koosta.

5 Ympäristövyöhykkeiden vaikutukset kaupunkien ilmanlaatuun

5.1 Göteborg, Ruotsi

Göteborgissa ei ole tehty selvitystä ympäristövyöhykkeen vaikutuksesta kaupungin ilmanlaatuun. Ympäristövyöhykkeen oltua voimassa kymmenen vuotta (1996–2006) tehtiin tutkimus, jossa laskennallisesti arvioitiin ympäristövyöhykkeen aikaansaamia pakokaasupäästöjen vähennyksiä (*Trafikkontoret 2006*). Tutkimus tehtiin vertaamalla ympäristövyöhykkeellä liikennöivän todellisen autokannan päästöjä sellaisen oletetun autokannan päästöihin, joka alueella liikennöisi ilman ympäristövyöhykkeen asettamia päästörajoituksia. Vertailuaineistona käytettiin tietoja koko Ruotsin raskaiden ajoneuvojen autokannasta ja ajosuoritteesta, josta oli poistettu ympäristövyöhykettä käyttävien kaupunkien osuudet.

Taulukko 7. Göteborgin ympäristövyöhykkeen aikaansaamat vuosittaiset hiilimonoksidin (CO), hiilivetyjen (HC), typenoksidien (NO_x) ja hiukkasten (PM) päästövähennykset prosentuaalisena osuutena vuosittaisesta kokonaispäästöstä. Lähde: Trafikkontoret 2006.

	HC %	CO %	NO _x %	PM %
Päästöt ympäristövyöhykkeen vaikutuksesta - Bussit	16,5	-8,4	-8,4	-36,1
Päästöt ympäristövyöhykkeen vaikutuksesta - Kuorma-autot < 16 tonnia	-46,1	-26,7	-20,7	-67,0
Päästöt ympäristövyöhykkeen vaikutuksesta - Kuorma-autot > 16 tonnia	-16,4	-2,9	-6,3	-26,9
Päästöt ympäristövyöhykkeen vaikutuksesta Yhteensä	-3,6	-6,1	-7,8	-33,2

Ympäristövyöhykkeen päästörajoitusten todettiin vähentävän hiilimonoksidin (CO), hiilivetyjen (HC), typenoksidien (NO_x) ja hiukkasten (PM) päästöjä alueella. Suurin absoluuttinen päästövähennys tapahtui typenoksideilla (noin 13 t/a), mutta prosentuaalisesti suurin vähennys tapahtui hiukkasilla, joiden päästöt pienenivät kaikkiaan 33,2 % (2,7 t) vuodessa (taulukko 7). Laskennallinen hiukkaspäästövähennys kohdistui nimenomaan pienimpiin pakokaasuperäisiin hiukkasiin (PM_{2,5}), jotka ovat terveydelle haitallisimpia. Suurimmat prosentuaaliset vähennykset (67 %) saatiin alle 16 tonnin painoisten kuorma-autojen hiukkaspäästöissä. Tämä ajoneuvoryhmä edustaa kuitenkin pientä osaa ajoneuvojen kokonaislukumäärästä, eikä siten vaikuta merkittävästi kokonaisuuteen. Hiukkasten vähenemän osalta on myös huomattava se, että laskenta koskee ainoastaan raskaan liikenteen

pakokaasuperäisiä hiukkasia eikä tien pinnasta renkaiden ja ilmapirran vaikutuksesta nousevia hiukkasia.

Ympäristövyöhykkeen todettiin lisänneen kaasubussien osuutta alueella liikennöivässä bussikalustossa. Ympäristövyöhykkeellä busseista 28,5 % oli kaasukäyttöisiä, kun ilman ympäristövyöhykettä kaasubusseja oli vain 4,3 % kalustosta. Kaasubussien lisääntyneen käytön todettiin kasvattaneen bussien hiilivety päästöjä (HC) verrattuna tilanteeseen ilman ympäristövyöhykettä. Muun raskaan liikenteen osalta hiilivety päästöt kuitenkin pienenevät niin paljon, että raskaan liikenteen kokonaishiilivety päästöt vähenivät ympäristövyöhykkeen ansiosta 3,6 % (286 kg/a). Metaanilla toimivien kaasubussien hiilivety päästöt ovat yleensä metaanipäästöjä. Metaani ei sinänsä aiheuta ilmanlaatuhaittoja mutta toimii voimakkaana kasvihuonekaasuna.

Göteborgin ympäristövyöhyke tuli voimaan huomattavasti aiemmin kuin useimmat Euroopan ympäristövyöhykkeistä. Tästä syystä ympäristövyöhykkeellä oli myös suuri vaikutus päästöihin, sillä käyttöönottovuotena 1996 ensimmäiset Euro-päästönormit olivat tulleet voimaan vasta muutamaa vuotta aiemmin. Toisaalta tämä tekee myös mahdolliseksi johtopäätösten vetämisen Göteborgissa saavutetuista tuloksista uusien ympäristövyöhykkeiden suunnittelun kannalta. Göteborgin raportissa ei arvioida päästövähennemien vaikutuksia ilmansaasteiden pitoisuuksiin. Esimerkiksi NO_x-päästöjen vähentämisellä ei ole juurikaan merkitystä kaupunkilaisten terveyden kannalta, jos kaupunki-ilman NO₂-pitoisuus ei laske, kuten tämän raportin aiemmissa kappaleissa on todettu. Vaikuttaa todennäköiseltä, että Göteborgissa ympäristövyöhykkeen myötä saavutettu 7,8 % vähenemä NO_x-päästöissä ei ole vaikuttanut läheskään yhtä paljon NO₂-pitoisuuksien vähentymiseen kaupungissa. Raskaan liikenteen pakokaasuperäisiin hiukkaspäästöihin ympäristövyöhykkeellä on kuitenkin ollut merkittävä vaikutus.

Ecotrafic-konsulttiyhtiön tekemässä Göteborgin ympäristövyöhykkeen seuranta-raportissa kiinnitettiin huomiota siihen, että vanhat työkoneet ja mopot sekä moottoripyörät ilman katalysaattoria aiheuttavat suhteellisesti suuren osuuden erityisesti hiilivetyjen ja hiilimonoksidin päästöistä. Näissä päästöissä jopa 100–1000 kertaa uutta henkilöautoa korkeammat päästötasot ovat tyypillisiä. Myös moottoripyörien ja mopojen melutaso suhteessa liikennemäärään on erittäin korkea. Hiukkas- ja typenoksidipäästöjen kannalta mopojen ja moottoripyörien osuus kokonaisuudesta ei kuitenkaan ole merkittävä.

5.2 Kööpenhamina, Aalborg, Århus, Odense, Tanska

Ympäristövyöhykkeiden käyttöönoton vaikutuksia Tanskan kaupunkien ilmanlaatuun on arvioitu Aalborgin yliopiston tekemässä tutkimuksessa. (Jensen, S.S. ym. 2011) Tutkimuksessa on mallinnettu kaikkien neljän kaupungin ilmanlaatu tilannetta (Kööpenhamina–Frederiksberg, Aalborg, Århus ja Odense), joissa ympäristövyöhyke on käytössä. Mallinnuksessa on tarkasteltu ilmanlaatu tilannetta ilman ympäristövyöhykettä ja ympäristövyöhykkeen vaikutuksia ilmanlaatuun vuosina

2010, 2015 ja 2020. Laskelmissa on otettu huomioon kiristyvät vaatimukset ajoneuvojen Euro-päästöstandardeissa ja ajoneuvokannan kehittyminen tulevaisuudessa myös ilman ympäristövyöhykettä. Mallinnuksen tuloksia on laadun varmistamiseksi verrattu todellisiin vuoden 2010 ilmanlaatumittauksiin eri kaupungeista ja tausta-alueilta. Ympäristövyöhykkeen sisällä sijaitsevalla Kööpenhaminan vilkkaimmalla kadulla, H.C. Andersenin Bulevardilla, on myös suoritettu ilmanlaatumittauksia ennen ja jälkeen ympäristövyöhykkeen käyttöönoton. Tältä katuosuudelta on siis saatavissa todellisia mittaustuloksia, joiden perusteella ympäristövyöhykkeen vaikutusta voidaan arvioida.

Mittauksista saatujen tulosten mukaan pienhiukkaspitoisuuden ($PM_{2,5}$), PAH-yhdisteiden pitoisuuden, orgaanisen hiilen (EC) pitoisuuden ja hiukkasten lukumääräpitoisuuden todettiin pienentyneen kolmen vuoden (2008–2010) mittausjaksolla. Pitoisuuksien esimerkiksi säätekijöistä johtuva vaihtelu on kuitenkin hyvin suurta, minkä vuoksi ympäristövyöhykkeen vaikutuksia pitoisuuksiin on vaikea luotettavasti todeta näin lyhyestä aikasarjasta.

Kööpenhaminan H.C. Andersenin Bulevardilla kuorma-autojen ja bussien hiukaspäästöt ovat vähentyneet 60 % vuosien 2008 ja 2010 välillä ympäristövyöhykkeen ja bussiliikenteen tiukentuneiden päästövaatimusten yhteisvaikutuksesta. Tämä vastaa 16 %:n vähennystä hiukkapäästöissä kaikkien ajoneuvojen osalta. Typenoksidipäästöissä vastaava vähennys samalla alueella vuoteen 2010 mennessä on ollut 25 % raskaalla liikenteellä ja 8 % kaikilla ajoneuvoilla. Vuosille 2015 ja 2020 arvioidut päästömäärät osoittavat, että ajoneuvojen tiukentuvat Euro-päästöstandardit vähentävät liikenteen päästöjä myös kaikilla muilla alueilla niin voimakkaasti, että ympäristövyöhykkeen suhteellinen vaikutus pienenee ajan myötä. Sama kehitys havaittiin myös mallinnetuissa ulkoilman pitoisuuksissa.

Vuonna 2010 ympäristövyöhykkeen arvioitiin kaikissa tutkituissa kaupungeissa vähentävän pienhiukkaspitoisuuksia ($PM_{2,5}$) ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia (PM_{10}) keskimäärin noin $0,2 \mu g/m^3$ (vuosikeskiarvo) ja suurimmillaan vähennyksen arvioitiin olevan $0,7 \mu g/m^3$ (vuosikeskiarvo). Keskimäärin ympäristövyöhyke siis vähensi ulkoilman pienhiukkaspitoisuuksia ($PM_{2,5}$) 1,5 %:a ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia (PM_{10}) 1 %:a. Vuodelle 2015 mallinnettu vastaava ympäristövyöhykkeen aiheuttama vuosikeskiarvopitoisuuden vähenemä oli keskimäärin $0,1 \mu g/m^3$ ja vuodelle 2020 mallinnettu vähenemä vielä pienempi.

Typpidioksidin (NO_2) vuosikeskiarvopitoisuuden arvioitiin vähenevän eri kaupungeissa $1\text{--}4 \mu g/m^3$ vuonna 2010 ympäristövyöhykkeen ansiosta. Vuonna 2015 vähenemän arvioitiin olevan $1\text{--}2 \mu g/m^3$ ja vuonna 2020 lähellä nollaa. Ympäristövyöhykkeen vaikutuksen ilmanlaatuun todettiin vastaavan uusien Euro-päästönormien nopeutettua käyttöönottoa. Tämä vaikutus vähenee ajan myötä, kun koko autokanta muuttuu vähäpäästöisemmäksi. Kööpenhaminan tuloksien osalta on havaittava myös se, että tarkasteluperiodilla on tullut voimaan myös kaupunkibussien kilpailutukseen liittyvät säännöt, jotka sisältävät ympäristökriteerejä. Näiden vaikutusten erottaminen ympäristövyöhykkeen vaikutuksista ei ollut analyyseissä mahdollista.

Taulukko 8. Ympäristövyöhykkeiden käyttöönoton vaikutukset ulkoilman pienhiukkaspitoisuuksiin (PM_{2,5}) ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin (PM₁₀) Tanskan kaupungeissa. Aalborgin yliopiston tutkimuksessa on mallintamalla verrattu pitoisuuksia ilman ympäristövyöhykettä (reference) ja ympäristövyöhykkeen kanssa (LEZ) eri vuosina. Lähde: Jensen, S.S. ym. 2011, s. 23.

		PM _{2,5} ave. (µg/m ³)	PM _{2,5} max. (µg/m ³)	PM ₁₀ ave. (µg/m ³)	PM ₁₀ max. (µg/m ³)
Copenhagen	138 streets				
	Reference 2010	18.1	22.1	27.1	35.1
	LEZ 2010	17.9	21.5	26.8	34.5
	Reference 2015	17.7	20.9	26.6	33.9
	LEZ 2015	17.6	20.7	26.5	33.7
	Reference 2020	17.3	19.9	26.2	32.8
	LEZ 2020	17.3	19.8	26.2	32.8
Aalborg	31 streets				
	Reference 2010	13.3	14.3	22.4	24.6
	LEZ 2010	13.0	14.0	22.1	24.3
	Reference 2015	12.9	13.8	22.1	24.1
	LEZ 2015	12.8	13.7	22.0	24.0
	Reference 2020	12.7	13.4	21.8	23.7
	LEZ 2020	12.7	13.4	21.8	23.7
Aarhus	55 streets				
	Reference 2010	15.5	18.0	23.6	28.6
	LEZ 2010	15.2	17.2	23.3	27.9
	Reference 2015	15.0	17.0	23.2	27.7
	LEZ 2015	14.9	16.7	23.1	27.4
	Reference 2020	14.7	16.2	22.9	26.9
	LEZ 2020	14.7	16.1	22.8	26.8
Odense	40 streets				
	Reference 2010	16.5	18.3	25.0	28.4
	LEZ 2010	16.3	17.9	24.8	28.1
	Reference 2015	16.2	17.7	24.7	27.9
	LEZ 2015	16.2	17.6	24.7	27.8
	Reference 2020	16.0	17.3	24.5	27.5
	LEZ 2020	16.0	17.3	24.5	27.5

Kööpenhaminan ympäristövyöhykkeen vaatimuksia on tiukennettu kahdessa vaiheessa, vuonna 2008 ja vuonna 2010.

Kööpenhaminan kunnan ympäristökeskus on arvioinut, että vuoden 2010 rajoitusten voimaantulon jälkeen ympäristövyöhykkeen ansiosta vältetään vuosittain (http://www.miljozone.dk/vognmand_baggrund.php):

- 150 ennen aikaista kuolemaa
- 150 sairaalakäyntiä hengityselin- ja verenkiertoelinsairauksien vuoksi
- 750 keuhkoputkentulehdukseen sairastumista
- 8 000 astmaan sairastumista
- 90 000 päivää, jolloin ihmisten toimintakyky on rajoittunut hengityselinsairauksien vuoksi.

5.3 Berliini ja Leipzig, Saksa

5.3.1 Ympäristövyöhykkeen vaikutukset ilmanlaatuun Berliinissä

Ympäristövyöhykkeen vaikutuksista Berliinin alueen autokantaan, autoliikenteen päästöihin ja alueen ilmanlaatuun tehtiin ensimmäinen arvio vuonna 2009, kun ympäristövyöhyke oli ollut toiminnassa vuoden. Arviointi suoritettiin uudestaan vuonna 2011, kun ympäristövyöhykkeen tiukentuneet vaatimukset olivat olleet voimassa vuoden. Vuoden 2011 raportissa (Rauterberg-Wulff & Lutz, 2011) arviot tehtiin vertaamalla vuosien 2008, 2009 ja 2010 todellisia tilanteita sekä vuoden 2007 tilanteeseen (ilman ympäristövyöhykettä) että oletettuihin kehityslinjoihin vastaaville vuosille ilman ympäristövyöhykettä.

Ensimmäisen vaiheen ympäristövyöhykkeellä ei vielä todettu olleen merkittävää vaikutusta alueen autokantaan, mutta vaatimusten kiristyminen 2010 alussa vaikutti jo merkittävästi autokannan nykyaikaistamiseen. Esimerkiksi jälkiasennettujen hiukkaspäästöjen vähennyslaitteistojen määrä Berliiniin rekisteröidyissä ajoneuvoissa lähes viisinkertaistui vuosien 2008 ja 2010 välillä. Nopeinta määrän kasvu oli vuosien 2009 ja 2010 taitteessa. Vihreällä ympäristötarralla varustettujen ajoneuvojen osuus Berliinin autokannasta kasvoi ympäristövyöhykkeen ansiosta jopa 1,5–3 kertaa suuremmaksi kuin ilman vyöhykettä. Esimerkiksi dieselhenkilöautoista kuului vuonna 2010 peräti 91 % tähän päästöluokkaan. Ilman ympäristövyöhykkeen käyttöönottoa osuuden arvioitiin olevan 49 %.

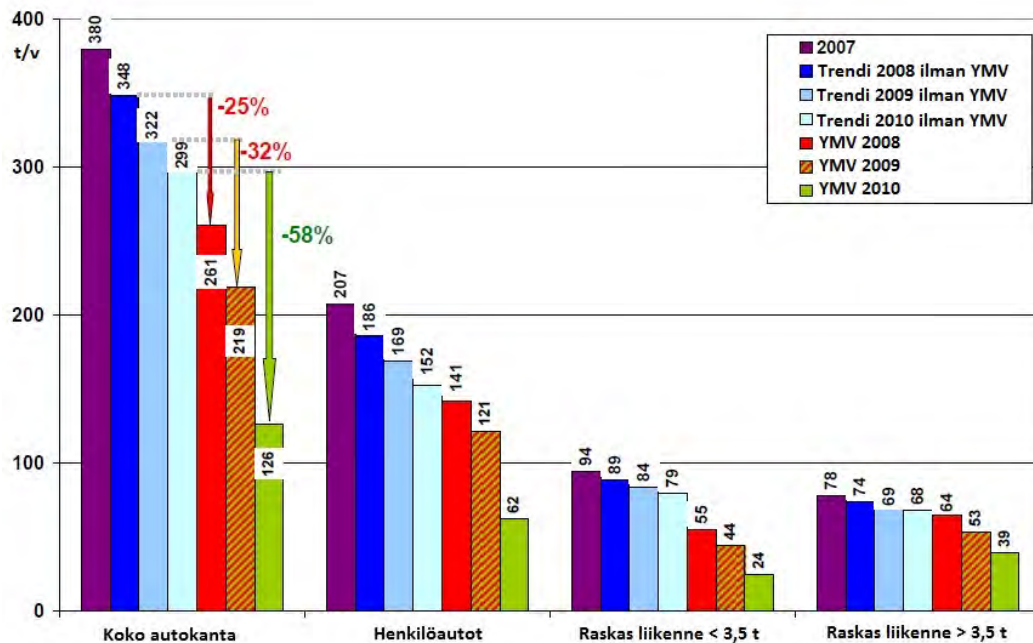
Raportissa todettiin myös selvä muutos autoliikenteen päästöissä ympäristövyöhykkeen ansiosta. Pakokaasuperäisten nokihiukkasten päästöt pienenivät 58 % verrattuna päästökehitykseen ilman ympäristövyöhykettä ja 40 % verrattuna ensimmäisen vaiheen (vuosi 2008) ympäristövyöhykkeen päästövähennyksiin. Myös typenoksidipäästöt vähenivät noin 20 % verrattuna päästökehitykseen ilman ympäristövyöhykettä. Päästöjen väheneminen saavutettiin puoliksi henkilöautojen ja puoliksi raskaiden ajoneuvojen autokannan modernisoitumisella. Tämä osoittaa, että henkilöautojen ottamisella mukaan ympäristövyöhykkeen rajoitusten piiriin on suuri merkitys. Erityisen suuri merkitys on dieselhenkilöautoihin kohdistuvilla rajoituksilla.

Ympäristövyöhykkeen positiivisia vaikutuksia havaittiin myös ilmanlaatumittauksissa. Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuuden vuonna 2010 arvioitiin olevan noin $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (noin 7 %) pienempi kuin pitoisuus olisi ilman ympäristövyöhykettä. Arvion mukaan pitoisuuksien pienentyminen ympäristövyöhykkeen ansiosta vähentää hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvotason ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylityspäivien lukumäärää keskimäärin 6–10 päivää. Ylityspäiviä saa olla 35 kappaletta ennen kuin varsinainen raja-arvo ylittyy.

Typpidioksidipitoisuuksiin ympäristövyöhykkeellä ei ollut yhtä selvää vähentävää vaikutusta. Dieselajoneuvojen voimakkaasti hapettavat pakokaasunpuhdistimet, kuten hiukkassuodattimet, lisäävät suoran typpidioksidipäästön (NO_2) osuutta

pakokaasujen typenoksidipäästöistä (NO_x). Tällöin ulkoilman typpidioksidipitoisuudet eivät laske päästörajoitusten kanssa samassa suhteessa.

Raportissa arvioitiin Berliinin ympäristövyöhykkeen vähentävän vuodessa kaikkiaan 144 ennen aikaista kuolemaa, jotka johtuvat dieselpakokaasun aiheuttamista terveyshaitoista. Nimenomaan dieselpakokaasujen nokihiukkasten arvioitiin olevan merkittävä terveysriski, ja tämän komponentin vähentyminen säästää ihmishenkiä. Nokihiukkasten epäorgaaninen hiili (musta hiili) ei itsessään ole kovin vaarallista, mutta hiukkasiin sitoutuu herkästi useita toksisia komponentteja, jotka voivat olla myös karsinogeenisia.



Kuva 21. Nokihiukkasten päästöjen muutos Berliinin ympäristövyöhykkeellä vuosien 2007–2010 välillä. Lähde: Rauterberg-Wulff & Lutz, 2011.

Kuvassa 21 on esitetty arvio nokihiukkasten pitoisuuksista Berliinissä ilman ympäristövyöhykettä ja ympäristövyöhykkeen vaikutuksella. Vuosille 2008–2010 on esitetty oletetut kehityslinjat ilman ympäristövyöhykettä ("ilman YMV") ja todelliset toteutuneet päästöt ympäristövyöhykkeen kanssa ("YMV"). Nokihiukkasten osalta on huomioitava se, että nokihiukkasia muodostuu lähinnä dieselajoneuvojen pakokaasuista, eivätkä ne ole suoraan verrannollisia koko kaupungin hiukkaspäästöihin. On kuitenkin selvää, että Saksan ympäristövyöhykkeillä on nokihiukkasiin suuri vaikutus, sillä vyöhykkeet rajoittavat nimenomaan dieselajoneuvojen ja katalysaattorittomien bensiiniautojen käyttöä. Nämä ajoneuvot ovat yleisesti suurin pakokaasuperäisten pienhiukkasten lähde.

Berliinin ympäristövyöhykettä on kaupungin omilla verkkosivuilla perusteltu paikallisen väestön terveyden suojelulla sekä hengitettävien hiukkasten ja typpidioksidin pitoisuuksien raja-arvon ylitysten estämisellä. Tieliikenteen arvioidaan aihe-

uttavan 40 % Berliinin alueen kaikista hiukkaspäästöistä ja 80 % alueen kaikista typpidioksidipäästöistä. Ympäristövyöhykkeen ansiosta korkeille pitoisuuksille altistuvien määrä on selvästi vähentynyt. Myös asuntoalueet, jotka eivät ole aivan vilkkaasti liikennöityjen teiden varsilla, hyötyvät ympäristövyöhykkeestä.

5.3.2 Ympäristövyöhykkeen vaikutukset ilmanlaatuun Leipzigissa

Saksassa määräyksiltään toisiaan vastaavia ympäristövyöhykkeitä on käytössä useissa eri kaupungeissa. Leipzigissa on suoritettu mustan hiilen ja pienhiukkasten ($PM_{2,5}$) mittauksia vilkkaiden katujen varsilla ja verrattu pitoisuuksia ennen ja jälkeen ympäristövyöhykkeen voimaantulon. Mustan hiilen pitoisuuksissa on suurta kausivaihtelua, mutta tutkijoiden mukaan vilkkaan väylän varrella mitatun pitoisuuden ja taustapitoisuuden ero laskee selvästi ympäristövyöhykkeen käyttöönoton jälkeen. Massapitoisuutena mustan hiilen pitoisuuksien vähennys tien varrella oli kuitenkin vain $0,5\text{--}1,0\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$, joka on pieni verrattuna PM_{10} -pitoisuuksiin. Tutkijat toivat kuitenkin esiin näkökannan, että musta hiili indikoi haitallisia terveysvaikutuksia, sillä se toimii välittäjänä raskasmetalleille ja polyaromaattisille hiilivedyille (PAH-yhdisteet). Tämän takia ympäristövyöhykkeen terveysedut saattavat olla huomattavasti suurempia kuin PM_{10} -pitoisuuden muutoksesta voitaisiin päätellä. (Wiedensohler jne. 2012)

5.4 Lontoo, Iso-Britannia

Transport for London -virasto on julkaissut arviointiraportin ympäristövyöhykkeen vaikutuksista vuonna 2008, kun toisen vaiheen rajoitukset olivat juuri tulleet käyttöön (TfL, 2008). Ympäristövyöhykkeen käyttöönoton arvioitiin vähentäneen Suur-Lontoon alueella vuonna 2008 hengitettävien hiukkasten päästöjä 1,8 % (kokonaispäästö 1,7 t) ja typenoksidipäästöjä 3,2 % (kokonaispäästö 20,8 t) verrattuna tilanteeseen ilman ympäristövyöhykettä. Kun arvioitiin tulevaisuuden päästövähennyksiä, vuodelle 2015 arvioidut vastaavat ympäristövyöhykkeen aikaansaamat päästövähennykset olisivat hengitettävillä hiukkasilla 17 % ja typenoksideilla 38 % verrattuna tilanteeseen ilman ympäristövyöhykettä (päästöt vastaavasti 1,4 t ja 13,4 t).

Hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvopitoisuudet ulkoilmassa pienivät ympäristövyöhykkeen ansiosta vuonna 2008 Suur-Lontoon alueella noin $0,03\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$, mikä vastaa noin 0,15 %:n vähennystä vuosikeskiarvopitoisuudessa. Hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien pienentyminen ympäristövyöhykkeen ansiosta vähentää hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvotason ylityspäivien lukumäärää keskimäärin 0,03 päivää, kun ylityspäivien lukumäärä koko Suur-Lontoon alueella on keskimäärin 1,5 päivää. Paikoitellen vilkkaimpien liikenneväylien varsilla raja-arvo kuitenkin ylittyy, eli ylityspäiviä on yli 35 kappaletta vuodessa. Typpidioksidin osalta vastaava vähennys vuoden 2008 vuosikeskiarvopitoisuudessa

oli noin $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mikä vastaa noin 0,6 %:n vähennystä vuosikeskiarvopitoisuudessa. Typpidioksidin vuosikeskiarvopitoisuuden raja-arvo ylittyy laajalti Suur-Lontoon alueella. Pitoisuusarvioissa on huomattava, että ne edustavat koko Suur-Lontoon alueen keskiarvoa ja paikallisesti ympäristövyöhykkeen aiheuttamat pitoisuusmuutokset voivat olla suurempia tai pienempiä. Lisäksi edellä esitetyt pitoisuudet ovat kokonaispitoisuuksia, joihin vaikuttavat liikenteen päästöjen lisäksi myös muut paikalliset päästölähteet ja kaukokulkeuma. Myös Lontoossa havaittiin, että dieselajoneuvojen hapetuskatalysaattorit lisäävät typpidioksidin (NO_2) osuutta pakokaasupäästöissä, jolloin ulkoilman typpidioksidipitoisuudet eivät laske ennustetulla tavalla.

Iso-Britannian Defra (The Department for Environment, Food and Rural Affairs) on tehnyt vertailua Ruotsin ja Lontoon ympäristövyöhykkeiden vaikutuksista. Ruotsin ympäristövyöhykkeet ovat aikaansaaneet erittäin suuria päästövähennyksiä, koska vyöhykkeet otettiin käyttöön hyvin aikaisessa vaiheessa, kun vasta ensimmäiset Euro-päästöstandardit olivat voimassa. Tuolloin ajoneuvokannan päästöt olivat selvästi korkeammat kuin nykyisin. Lontoon järjestelmä on otettu käyttöön vasta huomattavasti myöhemmin, ja ympäristövyöhykkeistä saatavat edut pienenevät jatkuvasti. Euro-päästöstandardit vaikuttavat kaikkiin uusiin ajoneuvoihin ilman ympäristövyöhykkeitäkin. Lontoossa kuitenkin pienetkin vähennykset päästöissä voivat aikaansaada tietyn alueen pitoisuuksien putoamisen raja-arvojen alapuolelle. Tästä huolimatta arvioitua vähemmän epäpuhtauksien pitoisuuksissa Lontoossa ympäristövyöhykkeen vaikutuksesta ovat todella marginaalisia.

5.5 Helsingin voimassa olevan ympäristövyöhykkeen vaikutukset

Helsingin kaupungin ympäristökeskus ja HSY arvioivat mallinnusten avulla ilman-suojeluohjelman toimien vaikutusta typpidioksidipitoisuuksiin raja-arvon ylitysalueella. Raskaan liikenteen osuus typpidioksidipitoisuuksien aiheuttajana on merkittävä vilkkaimmissa katukuiluissa, joten tiukempien päästökriteerien arvioitiin vähentävän typpidioksidin vuosipitoisuutta $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ilmanlaadultaan pahimmilla katuosuuksilla. HSL:n kiristyneet ympäristökriteerit kilpailutuksissa ovat vähentäneet kantakaupungissa liikkuvan bussikannan päästöjä koko HSL-alueella, eivät pelkästään ympäristövyöhykkeellä.

HSY:n kilpailuttamissa jätekuljetuksissa voimassa oleva Euro 5 -päästöluokan vaatimus on hyvin tiukka, sillä Euro 5 -päästöstandardi raskaille ajoneuvoille tuli voimaan vuonna 2008. Vaatimuksen voidaan olettaa vaikuttaneen HSY:n kilpailuttamien jäteautojen hiukkaspäästöihin kantakaupungin alueella huomattavasti. Näiden kuljetusten osuus kokonaissuoritteista on kuitenkin pieni, joten vaikutukset ilmalaatuun ovat hyvin pieniä.

6 Muiden kaupunkien kokemusten soveltaminen Helsinkiin

Edellisessä luvussa esiteltiin viranomaisten ja tutkimuslaitosten viime vuosina julkaisemia raportteja Euroopan kaupunkien ympäristövyöhykkeiden vaikutuksista ilmansaasteiden päästöihin ja pitoisuuksiin. Näitä tutkimustuloksia voidaan hyödyntää Helsingissä pohdittaessa ympäristövyöhykkeen rajoitusten laajentamista koskemaan laajempaa ajoneuvokantaa. Tutkimusten tulokset ovat kuitenkin osittain ristiriitaisia, mikä luo haasteita tulosten soveltamiseen.

6.1 Ilmanlaadun mallinnuksien ongelmat

Useiden kaupunkien ympäristövyöhykkeiden päästövähennys- ja ilmanlaatuvaikutukset on selvitetty laskennallisella mallinnuksella. Mallinnoissa on kuitenkin epätarkkuutta, ja todellisten ilmansaaste pitoisuuksien on huomattu eroavan mallinnetuista pitoisuuksista. Esimerkiksi Iso-Britanniassa ja Hollannissa ympäristövyöhykkeen todellisten pitoisuusvaikutusten on todettu olleen odotuksia pienempiä. Hollannissa tehdyssä tutkimuksessa ympäristövyöhykkeen vaikutusta pitoisuuksiin ei itse asiassa kyetty havaitsemaan lainkaan. Yksi syy oli se, että suunnitteluvaiheen pitoisuusmallinnuksessa käytetyt oletukset raskaiden dieselmoottorien päästöistä eivät vastanneet todellisuutta. (Boogaard, H. jne. 2012) Erityisesti mallinnoita hankaloittaa se, että dieselmoottoareiden typpidioksidipäästöistä ei ole olemassa tarkkoja tietoja. Todellisen käytön päästöt saattavat myös ylittää huomattavasti Euro -määräysten asettamat rajat ja ajoneuvo kohtainen vaihtelu on suurta. Nämä tekijät aiheuttavat mallinnoiksiin suuria haasteita.

6.2 Saksan ympäristövyöhykemallin soveltaminen Helsinkiin

Saksassa ympäristövyöhykkeiden on todettu aikaansaavan suuria vähenemisiä erityisesti pakokaasuperäisten nokihiukkasten pitoisuuksissa. Berliinissä arvioitiin vältettävän 144 ennenaikaista kuolemaa vuodessa ympäristövyöhykkeen ansiosta. Myös Leipzigissä mustan hiilen pitoisuuksien todettiin vähentyneen vilkkaissa liikenne ympäristöissä laajan ympäristövyöhykkeen käyttöönoton jälkeen.

Verrattaessa Saksassa saatuja tuloksia Suomeen on huomioitava dieselautojen suurempi osuus kokonaissuoritteesta Saksassa. Suomessa dieselhenkilöautojen osuus henkilöautojen kokonaissuoritteesta vuonna 2011 oli 33,1 %. Saksassa osuus ensirekisteröinneistä on ollut yli 40 % jo 2000-luvun alusta, eli Euro 3 -päästöstandardista asti (KBA, 2011). Suomessa suurin osa dieselhenkilöautokannasta on Euro 4 - tai Euro 5 -normit täyttäviä. Toisaalta raskaassa liikenteessä Euro 3 -päästöluokan dieselajoneuvot ovat ylivoimaisesti suurin yksittäinen

ryhmä ja vuonna 2011 yli puolet raskaiden ajoneuvojen suoritteesta ajettiin Euro 3 - tai vanhemmilla ajoneuvoilla.

Saksassa arvioitiin päästövähennysten jakautuneen tasan henkilöautojen ja raskaan liikenteen välillä. Soveltamalla Saksan ympäristövyöhykkeitä vastaavia määräyksiä Helsinkiin, vaikutukset henkilöautojen päästöihin eivät välttämättä olisi niin suuria. Toisaalta ympäristövyöhyke saattaisi aiheuttaa suuria vähenemisiä raskaan liikenteen päästöissä, jos Euro 3 -päästöstandardin ajoneuvot korvattaisiin uudemmilla ajoneuvoilla. Myös taloudelliset rasitteet kohdistuisivat todella suureen osaan toimijoista.

6.3 Kööpenhaminan ympäristövyöhykkeen hyödyt

Tanskan ympäristöviranomaiset ovat tiedotteissaan todenneet, että Kööpenhaminan ympäristövyöhykkeellä on erittäin merkittäviä vaikutuksia päästöihin ja kaupunkilaisten terveyteen. Verrattuna muiden maiden raporteihin Tanskan tulokset vaikuttavat hyvin optimistisilta. Kööpenhaminassa ympäristövyöhykkeen arvioidaan vähentävän 150 ennenaikaista kuolemaa vuodessa, kun Berliinissä vastaava lukema on 144. Ennenaikaisten kuolemien väheneminen Kööpenhaminassa arvioitiin saavutettavan 1,5 % vähennyksellä kaupungin keskimääräisissä pienhiukkaspitoisuuksissa ($PM_{2,5}$).

Tanskan ympäristövyöhyke koskee vain raskaita ajoneuvoja, kun Berliinin vyöhyke koskee myös henkilöautoja ja sen vaikutuspiirissä asuu huomattavasti enemmän ihmisiä. Kööpenhaminan kaupunkialueella asuu noin 1,2 miljoonaa ihmistä kun Berliinissä vastaava luku on 3,5 miljoonaa. Myös vuoden 2007 esiselvityksessä ympäristövyöhykkeen soveltuvuudesta Helsinkiin todettiin Kööpenhaminan arvioiden ympäristövyöhykkeen ulkoisista taloudellisista hyödyistä olevan huomattavasti korkeampia kuin esimerkiksi Lontoon arviot, kaupunkien kokoero huomioiden. Ulkoisissa taloudellisissa hyödyissä kyse on pääosin terveyshaittojen vähenemisestä. Taloudelliset arviot lasketaan päästöjen haitta-arvoista, joita käsiteltiin lyhyesti luvussa 3.2.

6.4 Erot Helsingin ja raportin esimerkkikaupunkien ilmanlaadussa

Helsingissä hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) lähteet eroavat Keski-Euroopan kaupungeista talvihiekoituksen ja nastarenkaiden käytön vuoksi. Helsingin pienhiukkaspitoisuudet ($PM_{2,5}$) ovat alhaisempia kuin useissa Keski-Euroopan kaupungeissa. Vuonna 2011 WHO:n ohjearvo $10 \mu g / m^3$ ylittyi Helsingin kantakaupungin alueella ainoastaan vilkkaassa liikenneympäristössä Mäkelänkadun mitauspisteessä $0,7 \mu g / m^3$ (HSY, 2012).

Helsingissä suhteellisesti suurempi osuus hiukkaspitoisuuksista aiheutuu muusta kuin pakokaasuista, ja tämän vuoksi ajoneuvotyyppien rajoittamisella saavutetaan pienemmät vaikutukset pitoisuuksiin. Toisaalta tienpidon kehittämisellä ja nastarenkaisiin kohdistuvilla rajoituksilla voidaan mahdollisesti saavuttaa positiivisia vaikutuksia hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuuksissa. Näihin toimenpiteisiin liittyy kuitenkin liikenneturvallisuuden näkökulmat, jotka eivät ympäristövyöhykkeiden arvioinnissa yleensä nouse esille.

Vaikutusten tarkempi vertailu kaupunkien välillä edellyttäisi tietoja esimerkiksi kaupunkien katukuilujen rakenteesta ja ympäristövyöhykkeiden asukasmääristä. Myös taustalla käytetyt oletukset päästöjen ja terveysvaikutusten suhteesta saattavat erota huomattavasti eri tutkimuksissa. Ympäristövyöhykkeiden vaikutuksia arvioitaessa uudemmille tutkimuksille olisi perusteltua antaa suurempi painoarvo, sillä tiedot ajoneuvojen todellisista päästöistä ovat tarkentuneet.

7 Johtopäätökset ja suositukset jatkotoimenpiteiksi

7.1 Johtopäätökset

Ympäristövyöhykkeen käyttöönotto johtaa alueen ajoneuvokannan nopeampaan uudistumiseen. Vanhan kaluston päästöjä voidaan vähentää myös edellyttämällä jälkiasenteisten pakokaasujen puhdistuslaitteistojen käyttöä. Liikenteen pakokaasupäästöjen on todettu vähentyneen ympäristövyöhykkeiden vaikutuksesta useissa Euroopan kaupungeissa. Päästövähennysten vaikutuksia ilmansaasteipitoisuuksiin kaupunki-ilmassa on ollut huomattavasti hankalampi arvioida. Syitä ovat esimerkiksi säätilojen suuri vaikutus pitoisuuksiin ja ajoneuvojen uuden tekniikan monimutkaiset ja osittain ristiriitaiset vaikutukset päästöihin todellisissa ajotilanteissa.

Kaupunkilaisten terveyden kannalta merkittävimmät liikenteen aiheuttamat ilmanlaatuhaitat aiheutuvat Helsingissä nykykäsityksen mukaan hiukkaspäästöistä. Erityisesti pienhiukkasia ($PM_{2,5}$) pidetään vakavana terveysriskinä. Helsingissä pienhiukkasten pitoisuudet ovat kansainvälisesti verraten melko alhaiset, vuonna 2011 WHO:n ohjearvo ylittyi Helsingissä niukasti vain Mäkelänkadun vilkasliikenteisellä mittauspisteellä. Vaaratonta pienhiukkaspitoisuutta ei kuitenkaan ole voitu määrittää ja tuoreiden pakokaasuhiukkasten uskotaan olevan terveydelle erityisen haitallisia. Karkeiden hengitettävien hiukkasten ($PM_{2,5-10}$) pitoisuuksiin ei voida suoraan vaikuttaa ympäristövyöhykkeen määräyksillä. Helsingissä ilmanlaadun raja-arvojen kannalta vaikein ongelma on typpidioksidin vuosiraja-arvon ylittyminen, jonka korjaamiseen komissio on myöntänyt lisää aikaa vuoteen 2015 saakka.

7.1.1 Ympäristövyöhykkeen vaikutukset hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuuksiin

Hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvot eivät ole ylittyneet Helsingissä vuoden 2006 jälkeen. Vuosiraja-arvo ei ole ylittynyt Helsingissä koskaan. Hiukkasilla on kuitenkin haitallisia terveysvaikutuksia myös raja-arvot alittavissa pitoisuuksissa. Lisäksi yksittäiset vuorokausipitoisuuden raja-arvotason ylityspäivät erityisesti kevätpölykaudella ovat edelleen yleisiä.

Ympäristövyöhykkeen rajoitukset vaikuttavat suoraan ainoastaan pakokaasupäästöihin. Pakokaasujen hiukkaspäästöt kuuluvat pienhiukkasiin ($PM_{2,5}$), joten ympäristövyöhykkeellä ei ole suoria vaikutuksia karkeiden hengitettävien hiukkasten ($PM_{2,5-10}$) pitoisuuksiin. Ympäristövyöhykkeen vaikutus alle 10 mikrometrin hiukkasten massapitoisuuteen olisi siis käytännössä sama kuin vaikutus alle 2,5 mikrometrin hiukkasten massapitoisuuteen.

Ympäristövyöhyke ei tuo ratkaisua kevätpölyongelmaan, sillä ympäristövyöhykkeen liikennerajoituksilla saadaan rajoitettua vain pakokaasuperäisiä päästöjä. Ne ovat vain pieni osuus ulkoilman PM₁₀-pitoisuuksista Helsingissä.

7.1.2 Ympäristövyöhykkeen vaikutukset pienhiukkasten (PM_{2,5}) pitoisuuksiin

Vanhempien dieselajoneuvojen hiukaspäästöt ovat yleisesti ottaen moninkertaiset, jopa monikymmenkertaiset vastaavan ikäisiin bensiinijoneuvoihin tai uusiin dieselajoneuvoihin verrattuna. Pakokaasuhiukkaset ovat alle 2,5 mikrometrin pienhiukkasia, joten ympäristövyöhykkeellä voidaan vaikuttaa pienhiukkasten päästöihin.

Suurin suhteellinen hyöty ympäristövyöhykkeestä saataisiinkin mustahiili -hiukkasten vähentämisessä, jos rajoitukset kohdistettaisiin vanhempiin dieselajoneuvoihin. Leipzigissä laajan ympäristövyöhykkeen käyttöönoton jälkeen mustan hiilen massapitoisuuden mitattiin vähentyneen keskustan mittauspisteessä 0,5–1 µg/m³. Leipzigin keskustassa PM_{2,5} -pitoisuuden vuosikeskiarvo oli 20 µg/m³.

Helsingissä PM_{2,5}-vuosikeskiarvopitoisuudet ovat alhaisempia, noin 8–10 µg/m³ (2011). Pakokaasujen hiukaspäästöjen osuudet ulkoilman hiukaspitoisuuksista ovat todennäköisesti alhaisempia kuin Keski-Euroopan suurissa kaupungeissa. Laajan, myös henkilöautoja koskevan ympäristövyöhykkeen vaikutus Helsingin pienhiukkasten vuosikeskiarvopitoisuuksiin yleisesti ottaen olisi todennäköisesti pieni. Vilkasliikenteisissä katukuiluissa mustan hiilen pitoisuudet laskisivat huomattavasti jos ympäristövyöhykkeellä olisi tiukat rajoitukset dieselajoneuvoille.

Pienhiukaspitoisuuksien pienikin vähentäminen vilkkaissa liikenneympäristöissä voisi kuitenkin vaikuttaa positiivisesti alueella asuvien ihmisten terveyteen. Jos ympäristövyöhykkeen suunnittelua halutaan jatkaa, pienhiukaspitoisuuksien vähenemisen potentiaaliset terveysvaikutukset Helsingin vilkkaissa liikenneympäristöissä olisi tutkittava tarkemmin.

7.1.3 Ympäristövyöhykkeen vaikutukset typpidioksidin (NO₂) pitoisuuksiin

Helsingissä typpidioksidin vuosiraja-arvon ylittyminen vilkasliikenteisissä katukuiluissa on ongelma, jonka korjaamiseen komissio on antanut jatkoaikaa vuoteen 2015 saakka. Typpidioksidin raja-arvojen ylitykset ovat yleinen ongelma Euroopan kaupungeissa, eikä Helsingin tilanne sinänsä ole kansainvälisessä vertailussa pahimmasta päästä. Tämänhetkisen tiedon mukaan typpidioksidi ei ole raja-arvon pitoisuuksissa yhtä haitallista terveydelle kuin pienhiukkaset, mutta ilmanlaadun hallinnollisten raja-arvojen kannalta kyse on kaikkein vaikeimmasta ongelmasta Helsingissä.

Typenoksidipäästöt ovat pääsääntöisesti pienempiä uudemmissa ajoneuvoissa, mutta dieselajoneuvojen hapetuskatalysaattorit lisäävät suoran typpidioksidipäästön suhteellista osuutta pakokaasupäästöissä. Myös jälkiasennettavat hiukkas-suodattimet ovat aiheuttaneet ongelmia typpidioksidipäästöjen suhteen. Tällöin ulkoilman typpidioksidipitoisuudet liikenneympäristöissä eivät laske toivotulla tavalla. Suoran typpidioksidipäästön osuus pakokaasujen typenoksidipäästöistä on kasvanut Suomessa alle 10 %:sta noin 20 %:iin viimeisen 20 vuoden aikana. Uusilla dieselajoneuvoilla suora NO₂-päästö voi olla jopa 70 % kokonaistypenoksidipäästöistä.

Muissa Euroopan kaupungeissa saatujen tutkimustulosten perusteella ympäristövyöhykkeellä ei olisi suurta vaikutusta ulkoilman typpidioksidipitoisuuksiin Helsingissä, vaikka kyseessä olisi Saksan mallin mukainen laaja ympäristövyöhyke. Näin ollen ympäristövyöhykkeen laajentamisen ei voida odottaa tuovan ratkaisua typpidioksidiongelmaan.

Typpidioksidipitoisuuksien aleneminen edellyttäisi erityisesti dieselajoneuvojen suoritteiden vähenemistä katukuiluissa. Minkään ajoneuvotyyppin dieselajoneuvojen vaihtuminen uudempiin malleihin ei helpota typpidioksiditilannetta ainakaan ennen dieselmootoreiden Euro 6/VI -määräysten voimaantuloa vuosina 2014–2015. Sen sijaan dieselajoneuvojen vaihtuminen muita polttoaineita käyttäviin uudehkoihin ajoneuvoihin pääsääntöisesti laskisi typpidioksidipitoisuuksia.

Myös bensiini- ja kaasuautoilla merkittäviä typenoksidipäästöjä syntyy kylmällä säällä ja lyhyillä matkoilla, kun katalysaattori ei ole ehtinyt lämmetä. Bensiiniautojen ja stoikiometrisella moottoritekniikalla toimivien kaasuajoneuvojen typenoksidipäästöistä suurin osa (90–95 %) on kuitenkin typpimonoksidia. Typpimonoksidi muuntuu ilmassa typpidioksidiksi, mutta vaikutus kohdistuu katukuilun ulkopuolelle laimeammissa pitoisuuksissa vähentäen terveyshaittoja. Typpimonoksidin muuntuminen typpidioksidiksi kuluttaa ilmasta otsonia alentaen kaupungin otsonipitoisuutta.

7.1.4 Vertailu vuoden 2007 esiselvityksen johtopäätöksiin

Esiselvityksen laadinta-ajankohtana vuonna 2006 Helsingissä oli ongelmia sekä typpidioksidin että hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) raja-arvojen ylityksissä. Hengitettävien hiukkasten raja-arvo ei ole ylittynyt vuoden 2006 jälkeen, mutta typpidioksidin raja-arvot ylittyvät edelleen. Hengitettävien hiukkasten raja-arvojen ylityminen on kuitenkin ollut lähellä myös vuoden 2006 jälkeen.

Vuoden 2007 esiselvityksessä ehdotettu henkilö- ja pakettiautokaluston Euro 0 -kielto on luultavasti menettänyt suuren osan tehostaan. Vuonna 2007 saatavilla olleiden VTT:n tietojen mukaan arvioitu bensiinikäyttöisten, katalysaattorittomien henkilöautojen suoriteosuus oli 15,5 % Suomen koko henkilöautosuoritteesta. Vuonna 2012 vastaavan katalysaattorittomien bensiiniautojen suoriteosuuden arvioitiin olevan 4,8 % koko henkilöautosuoritteesta. Katalysaattorittomien bensiiniautojen suoriteosuus on siis laskenut alle kolmannekseen edellisen selvityksen

tasosta ilman toimenpiteitä. Myös ilmansuojelutyöryhmän taustamuistiossa vuonna 2010 huomautettiin Euro 0 -ajoneuvojen suoriteosuuksien olevan todennäköisesti alhaisempia kuin esiselvityksen laadintahetkellä oletettiin.

Vuoden 2007 esiselvityksessä ympäristövyöhykkeen soveltuvuudesta Helsinkiin tuotiin esille ongelma ympäristövyöhykkeiden vaikutusten ajallisesta kapenemisesta. Vaikutusten heikkeneminen johtuu ajoneuvokannan luontaisesta uusiutumisesta. Vuonna 2013 laajennetun ympäristövyöhykkeen rajoitusten tulisi kohdistua vähintään raskaan liikenteen Euro III -kalustoon ja mahdollisesti Euro 0 henkilö- ja pakettiautojen lisäksi kaikkiin Euro 4 tasoa vanhempiin dieselajoneuvoihin. Tällöin ympäristövyöhykkeeltä voitaisiin odottaa havaittavaa vaikutusta pienhiukkaspitoisuuksiin vilkkaissa liikenneympäristöissä. Nämä toimenpiteet eivät todennäköisesti vaikuttaisi NO₂-pitoisuuksiin, ellei dieselautojen määrä vähenisi rajoitusten takia epäsuorasti.

7.1.5 Helsingin ympäristövyöhykkeen tilanne vuonna 2012

Helsingin kantakaupunkiin perustettu bussi- ja jäteautoliikennettä koskeva ympäristövyöhyke on nopeuttanut kaluston uusiutumista erityisesti jättekuljetuksissa, joissa kilpailutusten vaatimuksena on Euro V -päästöstandardi. HSY:n tekemissä ilmanlaadun katukuilumallinnuksissa on osoitettu, että raskaalla liikenteellä on Helsingissä huomattava vaikutus ilmanlaatuun erityisesti katukuiluissa.

HSL:n kiristyneet ympäristökriteerit kilpailutuksissa ovat vähentäneet kantakaupungissa liikkuvan bussikannan päästöjä koko HSL-alueella, eivät pelkästään ympäristövyöhykkeellä. Bussit muodostavat kantakaupungin raskaasta kalustosta merkittävän osuuden, joten niiden päästöjä vähentämällä voidaan parantaa kantakaupungin ilmanlaatua. Euro V -jäteautot ja EEV-bussit vähentävät erityisesti hiukkaspäästöjä merkittävästi verrattuna Euro III- ja vanhempiin ajoneuvoihin. Ympäristövyöhyke kuitenkin sallii edelleen Euro III tasoiset bussit, joissa ei ole hiukkassuodattimia. Näiden bussien odotetaan poistuvan HSL:n liikenteestä seuraavien vuosien aikana. Silti busseihin voisi harkita asennettavaksi jälkiasenteisia hiukkaspäästöjä vähentäviä laitteita, jotka eivät merkittävästi nosta liikenteen kustannuksia.

7.1.6 Laajan ympäristövyöhykemallin soveltuvuus Helsinkiin

Saksassa saatujen tulosten perusteella näyttää todennäköiseltä, että laaja ympäristövyöhyke alentaa pakokaasujen hiukkaspäästöjen pitoisuuksia vilkkaissa liikenneympäristöissä. Laajalla ympäristövyöhykkeellä tarkoitetaan tässä sekä raskasta liikennettä että henkilö- ja pakettiautoja koskevaa ympäristövyöhykettä, jossa dieselajoneuvojen tulee täyttää vähintään Euro 4/IV -päästömääräykset. Saksassa ympäristövyöhykkeet perustuvat lainsäädännölliseen asetukseen, jon-

ka mukaan ajoneuvojen käyttöä voidaan rajoittaa hiukkaspäästöjen perusteella. Käytännössä rajoitukset kohdistuvat hiukkaspäästöjen vuoksi nimenomaan vanhempiin dieselajoneuvoihin.

On mahdollista, että myös Suomessa tarvittaisiin lainsäädännöllisiä toimenpiteitä tällaisten ympäristövyöhykkeiden perustamiseksi, sillä ne vaikuttaisivat suureen ihmisjoukkoon. Saksan mallia vastaavassa järjestelmässä suurin vaikutus kohdistuisi yksityishenkilöillä Euro 0 -bensiihenkilöautojen omistajiin ja Euro 0–3 dieselhenkilö- ja pakettiautojen omistajiin. Heidän pitäisi käytännössä vaihtaa ajoneuvonsa, mikäli he haluaisivat jatkaa ajamista ympäristövyöhykkeellä.

Kuorma- ja pakettiautoilla sekä ammattimaisessa henkilöliikenteessä vaikutukset kohdistuisivat käytännössä Euro 0–III -dieselajoneuvoja käyttäviin liikennöitsijöihin. Koko Suomea koskevan tilaston mukaan tavaraliikenteen suoritteesta vuonna 2011 yli puolet ajettiin enintään Euro III -päästörajat täyttävillä ajoneuvoilla, eli vaikutukset kohdistuisivat todella suureen osaan liikenteestä. Myös pelkästään raskaan liikenteen ajoneuvojen käyttöä rajoittava ympäristövyöhyke kohdistuisi vastaavasti erittäin suureen osaan tavaraliikenteestä. Takseihin ympäristövyöhyke ei vaikuttaisi, sillä käytännössä kaikki taksit täyttävät vähintään Euro 4 -päästömääräykset.

Helsingin katukuilujen ajosuoritejakauma ajoneuvotyyppien välillä eroaa merkittävästi koko maan keskiarvoista ja raskaan tavaraliikenteen pääreitit kulkevat ympäristövyöhykkeen ulkopuolella. Toisaalta bussi- ja taksiliikenne muodostaa huomattavasti suuremman osan kantakaupungin liikenteestä kuin maassa keskimäärin. Merkittävä vaikutus laajennetulla ympäristövyöhykkeellä olisi Helsingin raskaassa liikenteessä jakeluliikenteeseen ja esimerkiksi maansiirto-, työmaa- ja lumikuormaliikenteeseen. Satunnaista liikennettä ja erityisryhmiä varten tarvittaisiin luultavasti poikkeuslupajärjestelyjä.

Jos ympäristövyöhykkeeltä haluttaisiin mahdollisimman tehokas vaikutus hiukkaspäästöihin, pitäisi vaatimuksena olla dieselmootorilla varustetuille henkilö- ja pakettiautoille Euro 5 ja raskaalle kalustolle Euro 4. Tällöin kaikissa dieselajoneuvoissa olisi käytännössä hiukkassuodattimet. Nämä vaatimukset olisivat mahdotomia toteuttaa nopealla aikataululla erityisesti henkilö- ja pakettiautoille, sillä ne kieltäisivät vain muutaman vuoden ikäisien ajoneuvojen käyttämisen ympäristövyöhykkeellä. Toimenpiteillä saattaisi olla lisäävä vaikutus typpidioksidin pitoisuuksiin uusien dieselajoneuvojen korkeiden NO₂-päästöjen vuoksi, ellei kokonaisliikennemäärä tai dieselautojen määrä vähenisi. Bensiniautoille riittäisi Euro 1 -vaatimus kuten Saksan ympäristövyöhykkeillä.

HSL:n kilpailuttamassa bussiliikenteessä Euro III on vanhin kantakaupungin ympäristövyöhykkeellä sallittu luokka vuonna 2012. Ympäristövyöhykkeen laajentaminen tai kriteerien kiristäminen vaikuttaisi vain tähän päästoluokkaan. Euro III bussien suoriteosuus HSL:n liikenteessä on vuonna 2012 noin 26 %. Näissä busseissa ei ole hiukkassuodattimia, joten ympäristövyöhykkeen kriteerien kiristys vähentäisi bussien hiukkaspäästöjä. Tässäkin tapauksessa vaikutus typpidioksidipäästöihin olisi luultavasti lisäävä, ellei busseja korvattaisi nimenomaan

esimerkiksi kolmitoimikatalysaattorilla varustetuilla kaasubusseilla tai muilla Euro VI -vaatimukset täyttävillä busseilla.

Bussikalustossa uudemmalla kalustolla suoritekilometrit ovat suuria ja vanhempia ajoneuvoja käytetään lähinnä päiväliikenteessä. Helsingissä vuoden 2012 tilanteessa tämä tarkoittaa sitä, että ruuhka-aikaan Euro III kaluston osuus lisääntyy. Helsingissä bussikalustossa on tapahtunut siirtymää suoraan Euro III -päästöluokasta EEV-päästöluokkaan, ja Euro IV -busseja on liikenteessä vain vähän. Näistä syistä johtuen Euro III -bussien kieltäminen kantakaupungin alueella saattaisi aiheuttaa vaikeuksia paikallisbussilinjojen kaluston riittävyteen ruuhka-aikoina. Euro III bussien korvaaminen yhtäkkisesti uudemmilla busseilla nostaisi joukkoliikenteen kustannuksia tuntuvasti. Toisaalta jälkiasenteisilla pakokaasujen puhdistuslaitteistoilla hiukkaspäästöjä voidaan vähentää ilman merkittäviä lisäkustannuksia. Samoin toisen sukupolven biodieselpolttoaineella Euro III -kaluston päästöjä voidaan vähentää välittömästi.

Vuosina 2014–2016 voimaan tulevien Euro 6 (VI) -päästönormien odotetaan vähentävän hiukkas- ja typenoksidipäästöjä erityisesti dieselajoneuvoilla. Siihen mennessä perustettu ympäristövyöhyke Helsingissä mahdollistaisi vaatimusten kiristämisen tulevaisuudessa siten, että Euro 6 -ajoneuvot saataisiin nopeammin käyttöön Helsingissä. Luultavasti Euro 6 -vaatimusten saaminen voimaan ympäristövyöhykkeellä menisi kuitenkin vähintään vuoteen 2020.

7.1.7 Laajan ympäristövyöhykkeen välilliset vaikutukset

Jos ympäristövyöhykkeen vaatimukset laajennettaisiin koskemaan kaikkia autoja ja tiukat vaatimukset asetettaisiin erityisesti dieselajoneuvoille, tällä olisi välillisiä vaikutuksia, joiden suuruutta on vaikea arvioida tarkasti. Bensiiniautoja tiukemman päästöluokan vaatiminen dieselajoneuvoilta luultavasti jossain määrin lisäisi bensiiniautojen osuutta, millä olisi positiivinen vaikutus ilmanlaatuun jos samalla katalysaattorittomat bensiiniautot kiellettäisiin. Liikennemäärä ympäristövyöhykkeellä voisi hieman vähentyä, vaikuttaen positiivisesti ilmanlaatuun.

7.1.8 Suorat vaikutuskeinot

Liikennemäärien vähentämiseen on olemassa ympäristövyöhykettä tehokkaampia keinoja, joilla tavoitteeseen voidaan pyrkiä suoraan ja todennäköisesti kustannustehokkaammin niin autoilijoiden kuin hallinnonkin näkökulmasta. Näitä keinoja ovat esimerkiksi liikenteen hinnoittelu ja raskaan liikenteen ja bussiliikenteen reittisuunnittelu.

Tiettyjä kaupungissa jatkuvasti liikennöiviä ajoneuvoryhmiä voitaisiin kannustaa taloudellisesti siirtymään puhtaampiin ajoneuvoihin. Näitä ryhmiä ovat esimerkiksi

yksityinen jakeluliikenne ja taksit. Toisaalta myös kaupungilla on suuri vaikutusvalta esimerkiksi talven lumitöissä käytettävään kalustoon.

7.2 Suositukset jatkotoimenpiteiksi

Ympäristövyöhykeselvitykseen pyydettiin asiantuntijalausunto TkT, tutkimusprofessori Nils-Olof Nylundilta (TEC TransEnergy Consulting Oy). Selvityksen johtopäätökset on esitetty huomioiden asiantuntijalausunnon sisältö.

7.2.1 Ympäristövyöhykkeen toiminnan jatkaminen

Helsingin nykyisen ympäristövyöhykkeen suunnitteluvaiheessa laajempaa Euro-luokkiin perustuvaa ympäristövyöhykettä ei ehdotettu, sillä useiden selvitysten perusteella niiden kustannus-hyötysuhde ilmanlaadun kannalta vaikutti heikolta. Tässä selvityksessä esitettyjen tietojen perusteella laajan ympäristövyöhykkeen perustamista ei esitetä, sillä tällä hetkellä pelkkiin Euro-luokkiin perustuvat rajoitukset eivät ole tehokkaita hiukkas- ja typpidioksidipäästöjen samanaikaiseen vähentämiseen. Laajan, myös henkilöautoja koskevan ympäristövyöhykkeen kattavimmat hyödyt syntyisivät välillisesti dieselajoneuvojen vähenemisen ja mahdollisesti liikennemäärien yleisen vähenemisen myötä. Liikennemäärien vähentämisen tavoitteeseen voidaan pyrkiä myös suorilla keinoilla, kuten liikenteen hinnoittelulla.

Nykyisen HSL:n ja HSY:n kilpailutuksia koskevan ympäristövyöhykkeen toimintaa suositellaan jatkettavaksi. Kyseisen kaluston suoritemäärät kantakaupungissa ovat suuria ja toimenpide kohdentuu tehokkaasti pienhiukkaspäästöjen vähentämiseen kuormittuneilla alueilla.

Ympäristövyöhykkeen laajentamista yleisesti yksityisiä toimijoita koskavaksi ei esitetä, sillä kalustoinvestointien kustannustehokkuus päästöjen vähentämisessä kantakaupungin alueella olisi useissa tapauksissa heikko.

7.2.2 Bussiliikenteen kaluston ja reittien kehittäminen

Nykyisen ympäristövyöhykkeen vaatimus sallii Euro III -päästöluokan bussit HSL:n kilpailutuksissa kantakaupungin läpi kulkevilla reiteillä. Euro III -päästöluokan busseissa ei ole hiukkassuodattimia, ja määräyksen täydentämistä vaatimuksella jälkiasenteisista hiukkassuodattimista näissä busseissa voisi harkita. HSY:n jätekuljetusten kilpailutuksissa voimassaoleva Euro V -vaatimus puolestaan on erittäin tiukka, eikä sitä ole syytä kiristää.

Ilmanlaadun kannalta HSL:n reittikilpailutuksissa ilmanlaatukriteereille pitäisi antaa nykyistä suurempi painoarvo. Ohjausta voisi myös kehittää tarkemmaksi kuin pelkkiin Euro-luokkiin perustuvaksi. Esimerkiksi kolmitoimikatalysaattorilla varustetuille kaasubusseille voisi antaa erityisiä lisäpisteitä alhaisista lähipäästöistä. Kantakaupungin katukuilujen läpi kulkevia reittejä liikennöiviltä busseilta pitäisi edellyttää erityisen tiukkojen ilmanlaatukriteerien täyttymistä.

HSL:n ympäristöbonusjärjestelmä on kaupungin ilmanlaadun kannalta hyödyllinen järjestelmä, ja sen kehittämistä tulisi jatkaa. Ympäristöbonukseen käytettävissä olevia varoja tulisi mahdollisuuksien mukaan lisätä. Vetykäsitellyn biodieselpolttoaineen käyttö busseissa vähentää sekä hiukkas- että typenoksidipäästöjä, ja sen käyttöä tulisi ilmanlaadun parantamiseksi lisätä. Vetykäsiteltyä biodieselpolttoainetta tulisi käyttää erityisesti vanhemmissa busseissa, joiden päästöt ovat lähtökohtaisesti korkeammat. Polttoaineen hankinnassa tulee kuitenkin huomioida kestävyyskriteerien täittyminen. Biokaasun käytön lisääminen on tehokas keino vähentää ilmastopäästöjä, jos kalustossa on kaasukäyttöisiä busseja. Dieselbussien korvaaminen kaasubusseilla parantaisi ilmanlaatua kuormittuneissa katukuiluissa.

Bussien reittisuunnittelussa tulisi huomioida kaluston päästöt esimerkiksi VTT:n päästötietokannan perusteella siten, että ilmanlaadultaan kuormittuneiden katukuilujen läpi kulkevilla reiteillä kalusto on puhtaampaa. Ilmanlaatu tulisi huomioida myös pitkän matkan bussien reittisuunnittelussa.

Euro III -busseille suositellaan ympäristövyöhykkeellä käytettäväksi jälkiasenteisia hiukkaspäästöjä vähentäviä laitteita.

Vetykäsitellyn biodieselpolttoaineen käyttöä erityisesti vanhimmissa busseissa on syytä lisätä, sillä se vähentää samanaikaisesti hiukkas- ja typenoksidipäästöjä.

HSL:n tulisi selvittää mahdollisuuksia kolmitoimikatalysaattoria käyttävien kaasubussien lukumäärän lisäämiseen kantakaupungin läpi kulkevilla reiteillä.

7.2.3 Helsingin kaupungin omat toimenpiteet

Ilmanlaatu- ja muiden ympäristökriteerien huomioimista kaupungin hallintokuntien tilaamassa liikenteessä ja urakoissa voitaisiin kehittää. Tällä hetkellä tilauksissa huomioidaan vain melko karkeita kriteereitä, kuten ajoneuvon tai työkoneen ikä. Lisäksi kaupunki voisi harkita esimerkiksi lumi- ja maansiirtourakoitsijoille HSL:n ympäristöbonusta vastaavaa järjestelmää. HSL:n ympäristöbonusjärjestelmässä liikennöitsijä saa korvausta esimerkiksi uusiutuvien polttoaineiden käytöstä, vähäisemmästä polttoaineenkulutuksesta tai pienemmistä pakokaasupäästöistä.

Kaupunki voisi harkita kannustimia takseille ja kaupungissa toimivalle jakeluliikenteelle kaasupolttoaineeseen siirtymiseen. Esimerkiksi Berliinissä toteutettiin

vuosina 2001–2006 PPP-hanke ”1000 Green Taxis for Berlin”, jossa noin tuhat taksia vaihtoi kaasuaajoneuvoihin. Kaupunki voisi myös näyttää esimerkkiä hankkimalla omaan kalustoonsa kaasukäyttöisiä pakettiautoja ja muita saatavilla olevia ajoneuvoja. Kaasuaajoneuvoja hankittaessa erityistä huomiota olisi kiinnitettävä siihen, että ajoneuvoissa on kolmitoimikatalysaattori, joka vähentää myös NO_x-päästöjä luotettavasti.

Helsingin kaupunki voisi kannustaa taloudellisesti yksityisiä dieselajoneuvoilla operoivia toimijoita investoimaan puhtaisiin kaasuaajoneuvoihin.

Helsingin kaupunki voisi näyttää esimerkkiä kaasuaajoneuvojen hankinnassa erityisesti tavaraliikenne- tai työkonekäyttöön. Kaupungilla on jo olemassa sopimus biokaasun hankinnasta ajoneuvoille.

Helsingin kaupungin raskaan liikenteen kuljetusten kilpailutuksia järjestävät hallintokunnat voisivat suunnitella ja ottaa käyttöön HSL:n ympäristöbonusta vastaavan järjestelmän.

7.2.4 Yleiset pitkän aikavälin toimenpiteet liikenteen päästöjen vähentämiseksi

Sähköisen liikenteen kehittäminen mahdollistaa ilmanlaadun parantamisen pitkällä aikavälillä mutta dieselpolttoaineen korvaaminen sähköratkaisulla on haastavaa. Panostus dieselpolttoainetta korvaaviin kaasupolttoaineisiin parantaisi ilmanlaatua huomattavasti nopeammin. Biokaasu mahdollistaa bussien CO₂-päästöjen merkittävän vähentämisen, joten biokaasun saatavuuden lisääminen olisi tärkeää. Uusiutuvien polttoaineiden ja hybriditeknologian yleistyminen mahdollistaisivat tieliikenteen päästöjen merkittävän vähenemisen tulevaisuudessa.

Liikennemäärien vähentämiseen kantakaupungissa pyritään liikennesuunnittelun ja liikenteen hinnoittelun keinoin.

Biokaasun liikennekäyttöä Helsingissä tulisi lisätä saatavuuden mukaan.

Sähköisen liikenteen pitkän aikavälin toimintaedellytysten parantamista tulisi jatkaa.

Lähdeluettelo

- 2008/50/EY: Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/50/EY, annettu 21 päivänä toukokuuta 2008, ilmanlaadusta ja sen parantamisesta.
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:FI:PDF>
- Anttila, P., Tuovinen, J.-P., Niemi, J.V., 2011. Primary NO₂ emissions and their role in the development of NO₂ concentrations in a traffic environment. *Atmospheric Environment* 45(2011) 986–992.
- ARS 2010. Study on Urban Access Restrictions. Final Report. Rome, December 2010. TREN/A4/103-2/2009. http://ec.europa.eu/transport/urban/studies/doc/2010_12_ars_final_report.pdf
- Boogaard jne. 2011: Impact of low emission zones and local traffic policies on ambient air pollution concentrations. Boogaard, H., Janssen, N., Fischer, P., Kos, G., Weijers, E., Cassee, F., van der Zee, S., Hartog, J., Meliefste, K., Wang, M., Brunekreef, B. and Hoek, G. *Science of the Total Environment* 435–436 (2012) 132–140
- Defra 2009. Local Air Quality Management Practice Guidance 2. Practice Guidance to Local Authorities on Low Emissions Zones. February 2009 Department for Environment, Food and Rural Affairs, London. <http://www.defra.gov.uk/publications/files/pb13577-laqm-practice-guidance2-090216.pdf>
- EEA, 2012 European Environmental Agency: The contribution of transport to air quality. TERM 2012: transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe. ISSN 1725-9177
- EEA, 2011 European Environmental Agency: Average age of the vehicle fleet (TERM 033) 1/2011 <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/average-age-of-the-vehicle-fleet/average-age-of-the-vehicle-3>
- Gynther, L., Tervonen, J., Hippinen, I., Lovén, K., Salmi, J., Soares, J., Torkkeli, S. & Tikka, T. 2012. Liikenteen päästökustannukset. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 23/2012. Liikennevirasto, Helsinki 2012. Verkkojulkaisu
http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2012-23_liikenteen_paastokustannukset_web.pdf.
- Heli, 2012 Hengitysliitto
<http://www.heli.fi/Hengitysilma/Ulkoilma/Ilmansaasteet/Hiukkaset/>
- HSL, 2011 Tiedote 29.11.2011
http://www.hsl.fi/FI/mikaonhsl/Uutiset/2011/Sivut/Page_20111129104458.aspx

- HSL, 2012. HSL Helsingin seudun liikenteen ympäristöraportti 2011, Helsinki 2012.
http://www.hsl.fi/FI/mikaonhsl/julkaisut/Documents/2012/ymp%C3%A4rist%C3%B6raportti_10_2012_korj.pdf.
- Lisää ympäristöystävällisiä busseja Helsinkiin
http://www.hsl.fi/fi/mikaonhsl/uutiset/2012/Sivut/Page_20120417110042.aspx
- HSL kannustaa bonuksilla vähentämään bussien päästöjä
http://www.hsl.fi/FI/mikaonhsl/Uutiset/2012/Sivut/Page_20120313115203.aspx
- HSY, 2012 Helsingin seudun ympäristöpalvelut – kuntayhtymä: Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2011.
- IARC, 2012 International Agency for Research on Cancer, World Health Organization. Press release n. 213, 12.6.2012
- Jensen, S.S., Ketzel, M., Nøjgaard, J. K. & Becker, T., 2011: Hvad er effekten af miljøzoner for luftkvaliteten? - Vurdering for København, Frederiksberg, Aarhus, Odense, og Aalborg. Slutrapport. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet 110 s. –Faglig rapport nr. 830.
<http://www.dmu.dk/Pub/FR830.pdf>
- Kaupunkisuunnitteluvirasto, 2012: Liikenteen kehitys Helsingissä vuonna 2011. Helsingin kaupungin kaupunkisuunnitteluviraston liikennesuunniteluosaston selvityksiä 2012:1
- KBA, 2011 Fachartikel: Emissionen und Kraftstoffe. Kraftfahrt-Bundesamt, 15.03.2011
- Khs 28.11.2011. Helsingin kaupungin vuoden 2012 talousarvion noudattamisohjeet.
http://helmi/Heke/strategia_ja_talous/talous/Documents/Vuoden%202012%20talousarvion%20noudattamisohjeet.pdf
- KOM(2005) 446 lopullinen. Komission tiedonanto neuvostolle ja Euroopan parlamentille. Ilman pilaantumista koskeva teemakohtainen strategia.
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2005:0446:FIN:FI:PDF>
- KOM(2007) 551 lopullinen. Vihreä kirja. Uutta ajattelua kaupunkiliikenteeseen.
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0551:FIN:FI:PDF>
- KOM(2009) 490 lopullinen. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle. Kaupunkiliikenteen toimintasuunnitelma.
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0490:FIN:FI:PDF>

- Mäkinen, R., HSL, Optibio seminaari, 2011
http://www.hsl.fi/FI/mikaonhsl/Documents/Optibioseminaari%2010.2.2011/Optibio_Mäkinen.pdf
- Mäkelä, K. & Auvinen, H., 2011. Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöt. LIISA 2011 laskentajärjestelmä. VTT-R-03246-12, VTT, Espoo.
<http://lipasto.vtt.fi/liisa/liisa2011raportti.pdf>
- Mäkelä, Laurikko, Kanner 2006. Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöt. LIISA 2005 laskentajärjestelmä. VTT-R-00108-07, VTT, Espoo.
<http://lipasto.vtt.fi/liisa/liisa2005raportti.pdf>
- Miljözon bestämmelser 2009. Tunga fordon – lastbilar och bussar i Sverige.
http://www2.trafikkontoret.goteborg.se/resourcelibrary/Miljozon_2009-11-04.pdf
- Nylund, N., VTT, Optibio seminaari, 2011
http://www.hsl.fi/FI/mikaonhsl/Documents/Optibioseminaari%2010.2.2011/Optibio_Nylund.pdf
- Nylund, N. Mäkelä, K. 2007. Esiselvitys ympäristövyöhykkeen soveltuvuudesta Helsinkiin. TEC TransEnergy Consulting Oy, VTT
- Nylund, Koponen, 2012. Fuel and technology alternatives for buses. Overall energy efficiency and emission performance. VTT, 2012 ISBN 978-951-38-7869-6
- Rauterberg-Wulff, A. & Lutz, M., 2011. Ein Jahr Umweltzone Stufe 2 in Berlin. Untersuchungen zur Wirkung auf den Schadstoffausstoß des Straßenverkehrs und die Luftqualität in Berlin. Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, Berlin.
http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/download/umweltzone_1jahr_stufe2_bericht.pdf.
- SFS 1998:1276. Trafikförordningen 1998:1276,
<http://www.notisum.se/rnp/sls/sfs/19981276.pdf>.
- SFS 2006:1208. Förordning om ändring i trafikförordningen (1998:1276).
<http://www.notisum.se/rnp/sls/sfs/20061208.pdf>.
- STARA, 2011: Tiedote 17.10.2011
<http://www.hel.fi/hki/rakpa/fi/Ajankohtaista/Uutisarkisto?id=8896&office=rakpa&lang=fi&period=2011&path>
- STARA, 2012: Tiedoksianto, Paavo Lehmonen
- TfL 2008. Transport for London. London Low Emission Zone, Impacts Monitoring. Baseline Report. July 2008.
<http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/roadusers/lez/lez-impacts-monitoring-baseline-report-2008-07.pdf>.

Trafikkontoret 2006: Utvärdering av miljözon i Göteborg. En rapport för Trafikkontoret i Göteborg stad. Reviderad rapport, Maj 2006. Göteborgs stad Trafikkontoret.

<http://www2.trafikkontoret.goteborg.se/resourcelibrary/Utvärdering%20MZ%2010%20år%20rapport%20SE.pdf>

Vnp 480/1996 Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeman tavoitearvosta. 19.06.1996

VTT, Lipasto 2011: Yksikköpäästöt, Tieliikenne

<http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/henkiloliikenne/tieliikenne/henkilotie.htm>

WHO, 2005: WHO Air quality guidelines. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulphur dioxide. Global update 2005. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe

Weiss ym. 2011: Analyzing on-road emissions of light-duty vehicles with Portable Emission Measurement Systems (PEMS). Martin Weiss, Pierre Bonnel, Rudolf Hummel, Urbano Manfredi, Rinaldo Colombo, Gaston Lanappe, Philippe Le Lijour, Mirco Sculati. European Commission Joint Research Centre, Institute for Energy. EUR 24697 EN

Wiedensohler ym. 2012: Effects of the Low Emission Zone on Black Carbon and Ultrafine Particles in Leipzig (Abstrakti) Wiedensohler, A., Birmili, W., Rasch, F., Weinhold, K., Merkel, M., Sonntag, A., Löschau, G., Hausmann, A.

KUVAILULEHTI / PRESENTATIONSBLAD / DOCUMENTATION PAGE

Julkaisija Utgivare Publisher	Helsingin kaupungin ympäristökeskus Helsingfors stads miljöcentral City of Helsinki Environment Centre	Julkaisuaika/Utgivningstid/ Publication time Huhtikuu 2013 / April 2013
Tekijä(t)/Författare/Author(s)	Jukka-Pekka Männikkö ja Jatta Salmi	
Julkaisun nimi Publikationens titel Title of publication	Ympäristövyöhyke Helsingissä ja eräissä Euroopan kaupungeissa vuonna 2012 Miljözon i Helsingfors och vissa europeiska städer 2012 Environmental zones in Helsinki and some other European cities in 2012	
Sarja Serie Series	Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja Helsingfors stads miljöcentral's publikationer Publications by City of Helsinki Environment Centre	Numero/Nummer/No. 7/2013
ISSN 1235-9718	ISBN 978-952-272-451-9	ISBN (PDF) 978-952-272-452-6
Kieli Språk Language	Koko teos / Hela verket / The work in full Yhteenveto/Sammandrag/Summary Taulukot/Tabeller/Tables Kuvatekstit/Bildtexter/Captions	fin fin, sve, eng fin fin
Asiasanat Nyckelord Keywords	ympäristövyöhyke, liikenne, päästöt, ilmanlaatu, hiukkaset, typpidioksidi miljözon, trafik, utsläpp, luftkvalitet, partiklar, kvävedioxid environmental zone, traffic, emissions, air quality, particles, nitrogen dioxide	
Lisätietoja Närmare upplysningar Further information	Jukka-Pekka Männikkö, puh./tel. (09) 310 320 33 Sähköposti/e-post/e-mail: jukkapekka.mannikko@hel.fi	
Tilaukset Beställningar Distribution	 Sähköposti/e-post/e-mail: ymk@hel.fi	

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 2012

1. Iivonen, V. Ravintoloiden pizzatäytteiden mikrobiologinen laatu Helsingissä 2010
2. Yrjölä, T., Viinanen, J. Keinoja ilmastonmuutokseen sopeutumiseksi Helsingin kaupungissa
3. Salla, A., Nurmi, P., Riipinen, M. Lumen läjityksen ympäristövaikutukset Helsingissä
4. Muurinen, J., Pääkkönen, J.-P., Räsänen, M., Vahtera, E., Turja, R., Lehtonen, K. Helsingin ja Espoon merialueen tila vuosina 2007–2011. Jätevesien vaikutusten velvoitetarkkailu.
5. Savola, K. Helsingin metsien kääpäselvitys 2011
6. Miettinen, O. Orvakkalajistoselvitys Veräjämäen, Patolan ja Talin alueilla 2011
7. Karreinen, A. Grillikioskit ja niissä myytävien elintarvikkeiden mikrobiologinen laatu Helsingissä 2011
8. Määttä, A., Pynnönen, T., Parviainen, S., Kokkonen, J., Korhonen, J., Kontkanen, O., Jääoja, J., Hänninen, O., Keskinen, A., Huhtinen, T., Lahti, T., Kilpi, L., Viinikainen, M. Helsingin kaupungin meluselvitys 2012
9. Määttä, A., Pynnönen, T., Parviainen, S., Kokkonen, J., Korhonen, J., Kontkanen, O., Jääoja, J., Hänninen, O., Keskinen, A., Huhtinen, T., Lahti, T., Kilpi, L., Viinikainen, M. Helsingfors stads bullerutredning 2012
10. Yrjölä, R., Kontiokorpi, J., Luostarinen, M., Santaharju, J., Sarvanne, H., Tanskanen, A., Vickholm, J. Vuosaaren satamahankkeen linnustoseuranta 2011. Vuoden 2011 tulokset ja vuosien 2001–2011 seurannan yhteenveto.
11. Nyyssönen, M. Tapahtumien ympäristöasiat – tarvekartoitus
12. Haahla, A., Heinonen-Guzejev, M. Melun terveysvaikutukset ja ympäristömelun häiritsevyys
13. Wahlman, S. Yleisten uimarantojen hygieniä, uimavesiluokitus ja kuluttajaturvallisuus Helsingissä vuonna 2012
14. Pakkala, E. Hallinnolliset pakkokeinot Helsingin kaupungin ympäristökeskuksessa 2009–2011
15. Huuska, P., Miinalainen, M. (toim.). Katsaus Helsingin ympäristön tilaan 2012

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 2013

1. Hämäläinen, A. Jäähdytettyjen ruokien hygieeninen laatu 2012
2. Öjst, H. Sushin mikrobiologinen laatu vuonna 2012
3. Saarijärvi, P., Riska, T., Mäkelä, H.-K., Laine, S. Voileipätäytteiden mikrobiologinen laatu Helsingissä 2011
4. Summanen, E. Ympäristönsuojelumääräysten noudattaminen rakennustyömailla Helsingin kaupungin alueella
5. Borgström, O. Myymälöiden palvelumyynnissä olevien sellaisenaan syötävien elintarvikkeiden mikrobiologinen laatu Helsingissä vuosina 2010 ja 2011
6. Kupiainen, K., Ritola, R. Nastarengas ja hengitettävä pöly. Katsaus tutkimuskirjallisuuteen.
7. Männikkö, J. - P., Salmi, J. Ympäristövyöhyke Helsingissä ja eräissä Euroopan kaupungeissa vuonna 2012