

Jenni Saarelainen

Paikkatiedon hyödyntäminen liikenteen päästö- riskien ja asumiseen soveltuvien alueiden arvi- oinnissa ilmanlaadun kannalta

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (ylempi AMK)
Maanmittaustekniikka
Opinnäytetyö
4.4.2017

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Jenni Saarelainen Paikkatiedon hyödyntäminen liikenteen päästöriskien ja asu- miseen soveltuvien alueiden arvioinnissa ilmanlaadun kan- nalta 36 sivua 4.4.2017
Tutkinto	insinööri (ylempi AMK)
Tutkinto-ohjelma	maanmittaustekniikka
Ohjaajat	lehtori Jussi Laari ilmansuojeluasiantuntija Maria Myllynen
<p>Hyvä ilmanlaatu on tärkeä osa terveellistä elinympäristöä. Samalla kuitenkin joudutaan kaavoittamaan yhä haasteellisemmille paikoille. Maankäytön suunnittelulla ja toimintojen sijoittelulla on tärkeä osa, kun halutaan vähentää liikenteestä johtuvia ympäristön häiriötekijöitä, kuten pakokaasu- ja hiukkaspäästöjä.</p> <p>Tämä työ rajattiin koskemaan vain pääkaupunkiseudulla asuvien ajoneuvoliikenteestä johtuvien hiukkaspäästöjen vaikutuksen alaisiksi joutuvia. Työssä käsiteltiin vain maantie- ja katuliikenteen hiukkas- ja pakokaasupäästöjä. Työn ulkopuolelle rajattiin muiden kuin ajoneuvoliikenteestä johtuvien hiukkaspäästöjen vaikutus asumiseen.</p> <p>Työssä verrattiin olemassa olevaa tietoa ja tutkimusaineistoa kaavoituksen tarpeisiin nähden ja etsittiin paikkatiedon keinoja ilmanlaatuviyöhykkeiden tehokkaaseen käyttöön kaavoituksen tueksi.</p> <p>Tutkimuksen lopputuloksena perusteltiin, miksi ilmanlaatuviyöhykkeet ovat helppo ja kustannustehokas tapa lähteä arvioimaan asumiseen tai herkkien kohteiden käyttöön soveltuvia paikkoja maankäytössä ja miten voidaan vetää raja niiden kohteiden ja alueiden välille, joilla ilmanlaatu ei ole merkittävä riskitekijä ja niiden joiden kohdalla ilmanlaatuun tulee kiinnittää erityistä huomiota.</p>	
Avainsanat	Ilmanlaatu, ilmanlaatuviyöhyke, kaavoitus, asuminen, terveys, liikenne, paikkatieto

Author Title Number of Pages Date	Jenni Saarelainen GIS in the assessment of effects or traffic emissions when planning residential areas with the air quality as a criterion 36 pages 4 April 2017
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructors	Jussi Laari, Senior Lecturer Maria Myllynen, Expert in Air Quality
<p>The aim of this final year project was to create a way to use air quality zones as a tool when deciding whether to develop areas where air pollution might be a problem.</p> <p>The study found air quality zones to be an easy and cost efficient way of identifying suitable locations for residential or vulnerable land-uses. The project created ways to collect and incorporate the information about air quality zones on maps. The maps can be used to reduce the harmful effects of particulates and emissions from traffic on people by positioning vulnerable functions, such as hospitals or kindergartens, in the city. They can be used to define the boundaries of areas suitable for either activities for which air quality is not factor to be taken into consideration or those that are sensitive to air pollution is a significant consideration. However, since it was clearly shown that the current data does not allow any long-term air pollution impact assessments, air quality zones should not be used as definite truths too far into the future.</p>	
Keywords	air pollution, air pollution zones, land-use planning, living, health, transport, gis

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Työn sisältö ja rajaus	2
2	Säädöksiä ja ohjeita ilman epäpuhtauksille	3
2.1	Lainsäädäntö	3
2.1.1	Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999) (MRL)	5
2.1.2	Ympäristönsuojelulaki (YSL)	5
2.1.3	Maantielaki	6
2.1.4	Terveystensuojelulaki	6
2.2	Ilmanlaadulle asetetut raja- ja ohjearvot	6
2.3	Kaavamääräykset	7
2.4	Rakentamismääräyskokoelma, osa D2	8
3	Ilmanlaatuviyöhykkeet	10
4	Liikenteen päästöriskit pääkaupunkiseudulla	12
4.1	Suurimmat päästöt ja niiden lähteet	12
4.1.1	Katupöly	13
4.1.2	PM ₁₀	13
4.1.3	PM _{2.5}	13
4.1.4	NO ₂	14
4.2	Suurimmat pitoisuudet	16
5	Ilmanlaatuilanteen arviointi	17
5.1	Menetelmät ilmanlaatuilanteen arvioimiseksi	17
5.2	Ilmanlaadun ja muiden ympäristövaikutusten yhteisvaikutukset	19
6	Paikkatietoaineistot ja menetelmät	20
7	Ilmanlaatuviyöhykkeillä asuvien määrän arviointi Espoossa	23
7.1	Ilmanlaatuviyöhykkeet kartalle	23
7.2	Asukkaat ilmanlaatuviyöhykkeillä	24
7.3	Herkkien kohteiden sijainti ilmanlaatuviyöhykkeillä	25
7.4	Rakentamattomat kiinteistöt ilmanlaatuviyöhykkeillä	27

7.5	Kaavoittamattomat maa-alueet	28
8	Käytettävien parametrien vaikutukset altistuvien määriä arvioitaessa	30
9	Pohdinta	31
	Lähteet	34

Lyhenteet

Ely-keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Hoitaa valtionhallinnon alueellisia toimeenpano- ja kehittämistehtäviä Suomessa.
HSY	Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä
KAVL	Keskimääräinen arkivuorokausiliikennemäärä
MRL	Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999).
NO ₂	Typpidioksidi
NO _x	Typhen oksidit
PM _{2.5}	Alle 2,5 µm:n hiukkaset. Näitä kutsutaan pienhiukkasiksi.
PM ₁₀	Aerodynaamiselta halkaisijaltaan alle 10 µm:n hiukkaset.
THL	Terveyden ja hyvinvoinnin laitos

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Hyvä ilmanlaatu on tärkeä osa terveellistä, turvallista ja viihtyisää elinympäristöä. Kaupunkien ilmanlaadusta on viime vuosina saatu valtavasti uutta tutkimustietoa käytettäväksi kaavoitusprosesseissa apuna. Maankäytön suunnittelulla on tärkeä osa, kun halutaan luoda terveellistä ja turvallista elinympäristöä. Sen saavuttamiseksi tulee tehdä vaikutusten arviointia. Yhteisiä pelisääntöjä on pyritty rakentamaan ja tietoisuutta lisäämään. Työtä on tehty pitkään, mutta tietoisuus on lisääntynyt vasta viime aikoina. Vielä on kuitenkin paljon tehtävää, jotta lainsäädäntö ja totutut tavat saadaan vastaamaan käsityksiä ja tutkimustuloksia hyvästä ilmanlaadusta. Varsinkin pääkaupunkiseudulla on painetta tiivistää sekä lisätä asukasmääriä, mistä seuraa tarve rakentaa asutusta myös suurempien väylien varsille. Väestönkasvun ja kaupungistumisen myötä yhä useampi pääkaupunkiseutulainen asuu entistä lähempänä vilkkaita liikenneväyliä. Vaikka ilmanlaatu Suomessa on verrattain hyvä, pienhiukkaset ovat merkittävin ympäristöhaitta täälläkin. Pienilläkin liikenteen vaikutuksilla voi olla merkittäviä vaikutuksia kansanterveyteen, ja on mahdollista, että kun liikenteen ympäristövaikutuksille altistutaan yhä enemmän, myös perussairaudet lisääntyvät.

Ilmansaasteiden, erityisesti pienhiukkasten, on todettu aiheuttavan merkittäviä terveyshaittoja ja lisäävän ennen aikaista kuolleisuutta Suomessa arviolta n. 1800 henkilöllä vuosittain, vaikka kansainvälisesti arvioituna ilmanlaatu Suomessa onkin verrattain hyvä. Silloinkin kun jäädään alle EU:n asettamien raja-arvojen, sairastumisriski kasvaa. Tutkimuksissa on osoitettu, etteivät ilmansaasteiden raja-arvot ole riittävän tiukat, jotta niitä noudattamalla välttyttäisiin terveysriskeiltä. Tutkijat ovatkin kansainvälisesti suositelleet raja-arvojen kiristämistä.

Vuonna 2020 pienhiukkasten raja-arvoja kiristetään hieman, mutta edelleen jäädään kauas maailman terveysjärjestön WHO:n suosittelemasta tasosta. Eikä sekään taso ole kaikille haitaton, vaan edustaa vain matalaa riskiä. EU:n pienhiukkasia koskevia raja-arvoja on arvosteltu kovasti ja niitä on haluttu kiristää. [1]

Ilmansaasteet nostavat lisäävät riskiä sairastua sydän- ja verisuonisairauksiin, kuten sepelvaltimotautiin ja aivohalvaukseen. Myös hengitystiesairauksien kautta koituu lukuisia muita terveyshaittoja. Alle 50 metrin etäisyydellä vilkkaasti liikennöidyltä tieltä asuvat sairastuvat muistisairauksiin seitsemän prosenttia todennäköisemmin kuin ne, jotka asuvat yli 300 metrin päässä liikenteestä. Liikenteen tuntumassa asuvien sairauksista noin joka kymmenes voi olla liikenteen aiheuttamaa. Tutkimus [2, s. 709–717] viittaisi siihen, että ilmansaasteet pääsevät aivoihin verenkierron mukana ja voivat aiheuttaa neurologisia ongelmia.

Ilmansaasteiden aiheuttamat terveysvaikutukset voivat olla merkittävä menoerä kuntien terveydenhuollossa. Välittömät vaikutukset näkyvät silloin, kun ilmanlaatu on erityisen huono, esimerkiksi kylminä pakkaspäivinä inversiotilanteessa tai keväisen katupölyepisodin aikana. Pitkäaikainen altistuminen, kun ihminen asuu ja elää vuosia ilmanlaadullisesti heikommilla alueilla, aiheuttaa puolestaan kroonisia sairauksia.

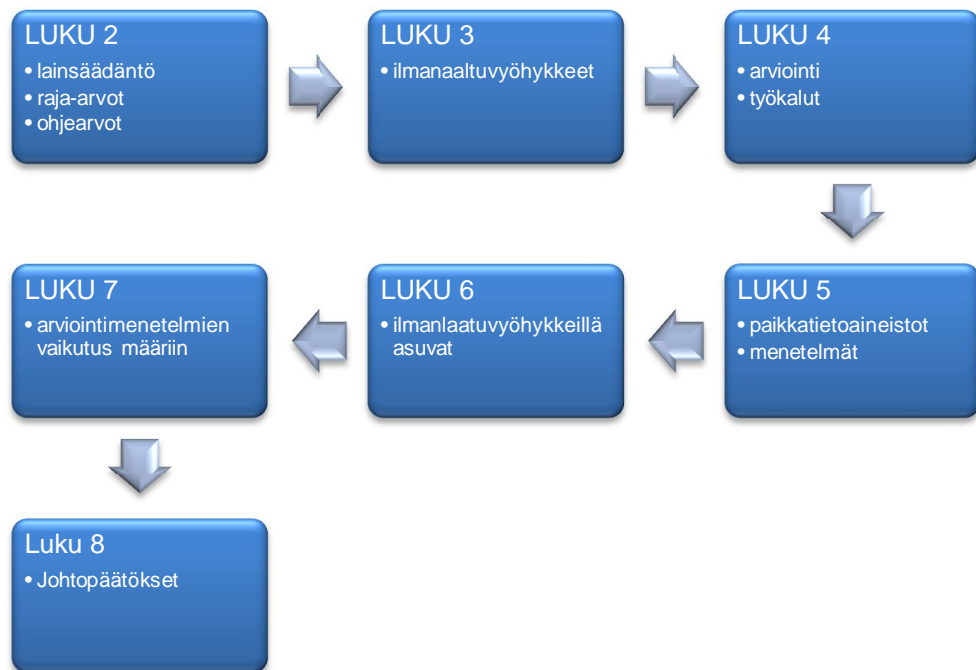
Suurimpina hiukkasten päästölähteinä Suomessa ovat kaukokulkeuman lisäksi liikenne ja puun pienpoltto. THL:n tutkimusten mukaan pienhiukkaset ovat merkittävin ympäristöterveysriski Suomessa. [3, s. 4.]

Tässä työssä tutkitaan pääkaupunkiseudulla ajoneuvoliikenteestä johtuville ilmanepäpuhtauksille altistuvien ihmisten määrää. Työn tavoitteena on löytää kohteet, joihin rakennettaessa asukkaat tulevat altistumaan liikenteen päästöille ja jotka tunnistamalla voidaan vähentää tulevaisuuden terveysriskejä sekä vähentää ilmanlaatuvohyhykkeillä suositus- ja etenkin minimietäisyyttä lähempänä liikenneväyliä asuvien määrän kasvua.

1.2 Työn sisältö ja rajaus

Työ on jäsenneily kuvan 1 mukaisesti. Luvussa 2 käsitellään ilmanlaatuun liittyvää lainsäädäntöä, raja- ja ohjearvoja, sekä Suomessa asetettuja muita tavoitteita. Luvussa 3 on kuvattu HSY:n ja THL:n yhdessä määrittämiä ilmanlaatuvohyhykkeitä ja niiden luomissa käytettyjä määreitä. Luvussa 4 on kerrottu ilmanlaatuutilanteen arvioinnista ja sen työkaluista. Luvussa 5 esitellään paikkatietoaineistoja ja menetelmiä. Luvuissa 6 ja 7 on työn empiirinen osuus. Luvussa 6 arvioidaan ilmanlaatuvohyhykkeillä asuvien määrää pääkaupunkiseudulla. Luvussa 7 arvioidaan liikenteen hiukkaspäästöille altistuvan henkilön määrittämiseen käytettävien arviointimenetelmien ja -parametrien vaikutusta

arvioitua hiukkaspäästöille altistuvien ihmisten määrään. Luvussa 8 esitetään työn perusteella tehtävät johtopäätökset.



Kuva 1. Työn jäsenitys lukuihin

Tämä työ on rajattu koskemaan vain pääkaupunkiseudulla asuvien ajoneuvoliikenteestä johtuvien hiukkaspäästöjen vaikutuksen alaisiksi joutuvien määrää. Työn empiirisesä tutkimuksessa käsitellään vain maantie- ja katuliikenteen hiukkas- ja pakokaasupäästöjä. Työn ulkopuolelle rajataan muiden kuin ajoneuvoliikenteestä johtuvien hiukkaspäästöjen vaikutus asumiseen. Liikenteen päästöjä syntyy myös laiva- ja lentoliikenteestä sekä pieniä määriä raitiotieliikenteestä, mutta ne on jätetty tämän työn ulkopuolelle.

2 Säädöksiä ja ohjeita ilman epäpuhtauksille

2.1 Lainsäädäntö

Tyypillisimmille liikenteestä johtuville ilman epäpuhtauksille on annettu ohje- ja raja-arvoja (kuva 2). Osalle raja-arvoja on annettu lupa ylittyä joitain kertoja vuodessa.

Yhdiste	Aika	Raja-arvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Sallitut ylitykset vuodessa	Ohjearvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Tyypidioksidi NO_2	Tunti	200	18	150
	Vuosi	400	-	-
	Vuorokausi	-	-	70
Hengitettävät hiukkaset PM_{10}	Vuorokausi	50	35	70
	Vuosi	40	-	-
Pienhiukkaset $\text{PM}_{2.5}$	Vuosi	25	-	-

Kuva 2. Ohje- ja raja-arvot [7, s. 16.]

Raja-arvot on annettu alueille, joilla ihmisiä oleskelee, ja ne määrittelevät ilman epäpuhtauksille rajat, joiden alle on päästävää ja joita ei saa tämän jälkeen ylittää. Tyypillisimmin raja-arvot ylittyvät pääkaupunkiseudulla vilkasliikenteisissä katukuiluissa (kuva 3).



Kuva 3. Helsingin kantakaupungin katuosuudet, joissa tyypidioksidin vuosiraja-arvon on arvioitu ylittyvän tai olevan vaarassa ylittyä [4, s. 31].

Raja-arvojen täytyminen ei kuitenkaan takaa vielä terveellistä ympäristöä, ja erityisesti pienhiukkasten raja-arvo on hyvin korkea tutkittuihin terveyshaittoihin nähden. Ohjear-

vot kuvaavat kansallisia ilmanlaadun tavoitteita ja ilmansuojelutyön päämääriä, ja ne on tarkoitettu pääasiassa ohjeeksi viranomaisille. Nyt käytössä olevat ohjearvot on uudistettu viimeksi vuonna 1996, jolloin tietämys ilman epäpuhtauksien terveyshaitoista on ollut varsin vähäistä nykyiseen verrattuna. Ohjearvoja sovelletaan mm. alueiden käytön, kaavoituksen, rakentamisen ja liikenteen suunnittelussa sekä ympäristölupien käsittelyssä. Ohjearvot eivät ole yhtä sitovia kuin raja-arvot, vaan niiden tarkoitus on ohjata suunnittelua ja niiden ylittyminen tulee yrittää estää ennakolta. Silti nykyinen tieto ohjearvojen ja terveyshaittojen välisestä yhteydestä on kasvanut siten, etteivät ohjearvot enää riitä yksin ohjaamaan kaupunkisuunnittelua. EU:n määrittelemiä raja-arvoja tullaan kiristämään vuonna 2020, mutta nekään eivät riitä takaamaan elinympäristöä, jossa ei olisi ilmansaasteiden aiheuttamia terveystaakkoja.

2.1.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999) (MRL)

Maankäyttö- ja rakennuslaki koskee alueiden käyttöä ja rakentamista. Sen käyttöä ja toimivuutta seurataan, jotta se vastaisi muuttuviin tarpeisiin. MRL:ssä säädetään, että alueiden käytön suunnittelun tavoitteena on mm edistää terveellisen, turvallisen ja viihtyisän elin- ja toimintaympäristön luomista (5§). Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet (VAT) ovat osa maankäyttö- ja rakennuslain mukaista alueidenkäytön suunnittelujärjestelmää. [5]

MRL tai VAT eivät määrittele yksiselitteisesti tai sitovasti, milloin alue on turvallinen ja terveellinen. Ne kuitenkin luovat edellytykset asian ratkaisemiseen laadukkaalla tavalla. Terveellisyydestä ja laadusta määrätään tarkemmin valtioneuvoston asetuksilla ja päätöksillä. Alueidenkäyttötavoitteiden tehtävänä on mm. auttaa saavuttamaan MRL:n ja alueidenkäytön suunnittelun tavoitteet, joista yksi tärkeimmistä on hyvä elinympäristö, sekä edistää kansainvälisten sopimusten täytäntöönpanoa.

2.1.2 Ympäristönsuojelulaki (YSL)

Maankäytön suunnittelua ohjataan ensisijaisesti maankäyttö- ja rakennuslain perusteella. Maankäytön suunnittelulla on kuitenkin yhtymäkohtia myös ympäristönsuojelulain (527/2014) sääntelyyn. [6] Ympäristönsuojelulaki säätelee lähinnä ympäristön pilaantumista ja siihen liittyviä määräyksiä ja velvoitteita. Ympäristönsuojelulain mukaan kaikessa toiminnassa on tavoiteltava sellaista ilmanlaatua, jossa vaarallisia tai haitallisia

aineita tai yhdisteitä ei esiinny terveyshaittaa tai merkittäviä muita haittoja aiheuttavina määrinä ilmassa tai laskeumassa.

2.1.3 Maantielaki

Maantielain (503/2005) 3 §:ssä säädetään sekä maantieverkon että liikenteen ympäristölle aiheuttamista haitoista siten, että suunnittelussa on otettava huomioon, että haitat tulevat jäämään mahdollisimman vähäisiksi. Ilmansuojelullisesti tavoitteena on siis luoda maantieverkosto, joka osaltaan tukee vähäpäästöisyyttä. [8]

2.1.4 Terveydensuojelulaki

Terveydensuojelulain (763/1994) 2 §:ssä säädetään, että

Elinympäristöön vaikuttava toiminta on suunniteltava ja järjestettävä siten, että väestön ja yksilön terveyttä ylläpidetään ja edistetään. Elinympäristöön vaikuttavaa toimintaa on harjoitettava siten, että terveyshaittojen syntyminen mahdollisuuksien mukaan estyy. [9]

Terveydensuojelulain nojalla on annettu sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyydestä (545/2015). Asetuksen 19 §:ssä todetaan, että hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuus sisäilmassa 24 tunnin mittauksen aikana saa olla enintään $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja pienhiukkasten ($PM_{2,5}$) pitoisuus vastaavasti enintään $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. [9]

Terveydensuojelulain määrittämillä asetuksilla on maankäytön suunnittelun kannalta merkitystä, sillä ulkoilman hiukkaspitoisuudesta riippuu paljolti myös sisäilman laatu.

2.2 Ilmanlaadulle asetetut raja- ja ohjearvot

Erityyppisille epäpuhtauksille on lainsäädännössä määritelty sallittavia pitoisuustasoja. Ilmanlaadusta on annettu kansalliset ohjearvot (VNp 480/1996) ja EU:n määräämät raja-arvot (VA 38/2011). Ohjearvot eivät voi ylittyä asukkaiden tai käyttäjien terveyden kannalta oleellisilla alueilla. Sisätiloille tämä on ehdoton vaatimus, rakennusten ulkopuolella tämä riippuu alueen tosiasiallisesta merkinnästä sekä haittojen rajoittamisen tehokkuudesta ja mahdollisuuksista. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi sitä, että pysäköin-

tilaitoksia ja vastaavia voidaan sijoittaa alueille, jotka eivät ole sopivia asumiselle. Ongelmallisissa tilanteissa suojaavien toimenpiteiden tulee olla riittävän tehokkaita ja vaikutukset selvitetty luotettavasti.

2.3 Kaavamääräykset

Yleiskaavan tulee tarjota mahdollisuudet turvalliseen, terveelliseen ja eri väestöryhmien kannalta tasapainoiseen elinympäristöön. Asemakaava on laadittava siten, että luodaan edellytykset terveelliselle, turvalliselle ja viihtyisälle elinympäristölle. Asemakaavaa laadittaessa ongelmallisille alueille tulee antaa tarpeellisia kaavamääräyksiä haitallisten ympäristövaikutusten estämiseksi ja rajoittamiseksi.

Asuntoja ei saa sijoittaa XXX tien puoleisella korttelialueella ensimmäiseen maanpäälliseen kerrokseen. Rakennuksen tuloilma tulee ottaa mahdollisimman korkealta, kuitenkin vähintään XXX kerroksen korkeudelta ja/tai sisäpihan puolelta. Tuloilma on suodatettava käyttäen parasta mahdollista tekniikkaa.

Korttelin XXX leikki- ja oleskelualueita ei saa sijoittaa XX metriä lähemmäs ajorataa ilmanlaadun takia.

Alueelle ei saa sijoittaa ilmansaasteille herkimpien ihmisryhmien toimintoja, esimerkiksi päiväkotia, peruskoulua tai vanhusten hoivakotia

Maankäytön- ja liikenteensuunnittelu on merkittävin tekijä terveyshaittojen estämisessä ja hillinnässä, siksi se on huomioitava mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, jo yleiskaavassa.

Asetusten ja normien täytyminen on laadullisesti ja terveydellisesti minimitavoite, mutta suunnittelun ympäristön tavoitteena tulisi olla näitä parempi ympäristö. Se että asetukset ja normit täyttyvät, ei takaa välttämättä, että alue on terveellinen, vaikka se on lainmukainen.

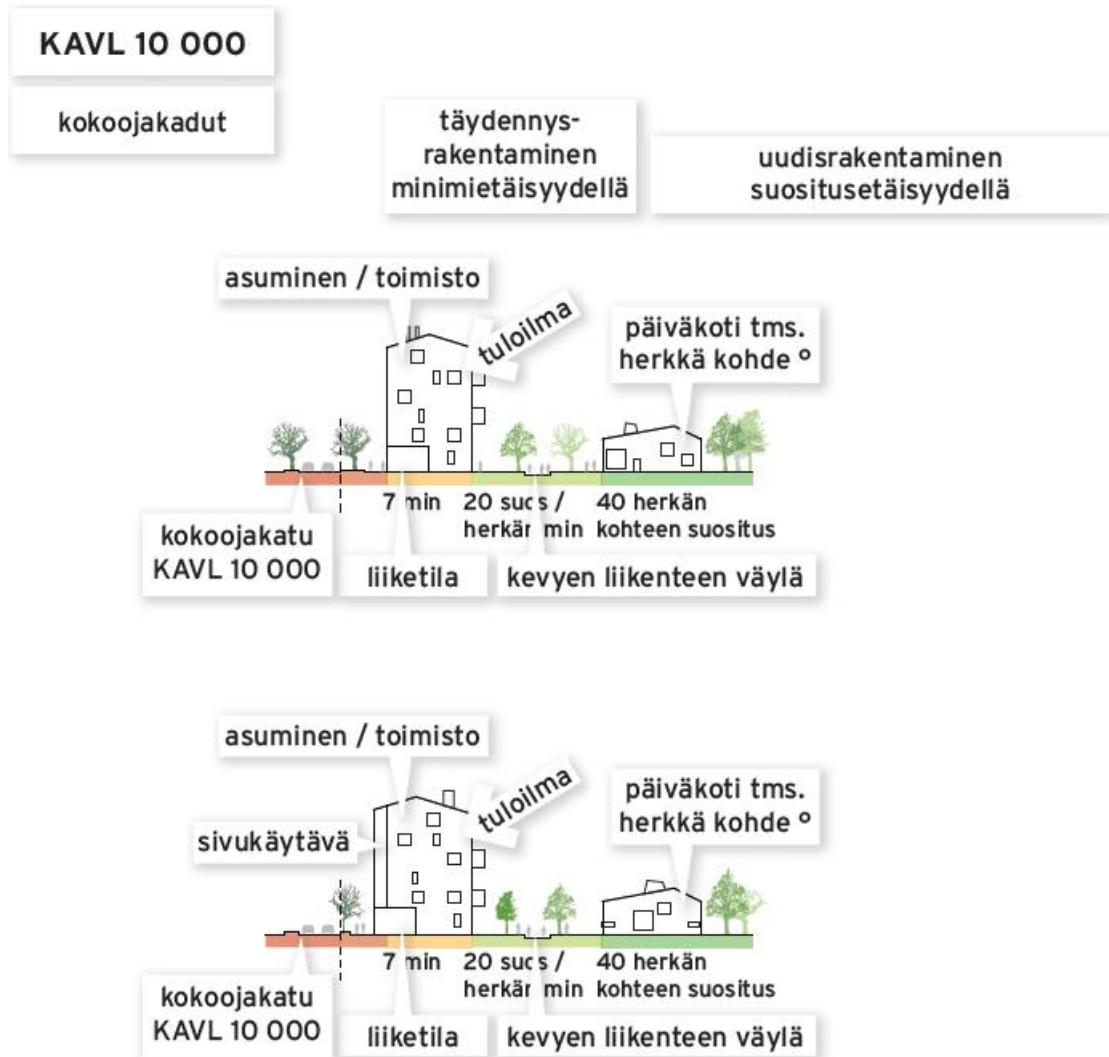
Normeista poikkeaminen johtaa usein valituksiin kaavoista. Vaikka haittoja rajoitettaisiin, on silti otettava huomioon ympäristön laadun heikkeneminen, terveellisyydestä tinkimällä siirretään kustannuksia sosiaali- ja terveystalouden kannettavaksi. Turvallisuus-

den ja terveellisyys tulee toteutua kaikissa kaavan vaiheissa, ei vain lopputilanteessa. Selvitykset ja arviot haitoista voivat perustua suosituksiin, hyviin käytäntöihin tai tarkkoihin laskelmiin ja mittauksiin. Lähtökohtana suunnittelussa ja haittojen arvioinnissa on oltava terveystvaikutusten riittävä huomioiminen.

2.4 Rakentamismääräyskokoelma, osa D2

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 on määritelty rakennusten ilmanottoa koskevia säädöksiä. Siinä on määritelty mm., että mikäli rakennus sijaitsee 50 metriä lähempänä vilkasliikenteisen ajoväylän keskiviivaa, tulee ulkoilmalaitteet sijoittaa mahdollisimman ylös ja suojan puolelle. Liikenneväylä katsotaan vilkasliikenteiseksi aina kun keskivuorokausiliikenne on yli 10 000 autoa vuorokaudessa. Tämän kokoluokan liikenneväylä on esimerkiksi Turuntie Espoon ja Helsingin rajalla. Lisäksi kokoelmassa on määritelty, että ulkoilmalaitteiden tulee sijaita vähintään 8 metrin päässä ulkoilman laatua pilaavista lähteistä kuten autojen pysäköintialueista. [10]

Espoon kaupunkisuunnittelussa pohdittiin esimerkkitapauksia, miten voidaan aikaansaada tehokasta maankäyttöä ja kaupungin tiivistymistä ilman että se olisi ristiriidassa ilmanlaatutavoitteiden kanssa. Tästä on esimerkkinä kuva 4, jossa on tyypillinen kokoojakadun liikennemäärä ja esimerkki siitä, millaisella rakenteella voidaan suojata ilmanlaadulle herkempiä kohteita. [11, s. 9.]



Kuva 4. Ilmanlaadun huomioiminen maankäytön suunnittelussa, Espoon Kaupunkisuunnittelu-keskus

3 Ilmanlaatuvyöhykkeet

Ilmanlaatuvyöhykkeiden käyttäminen arvioitaessa ilmanlaatuhaittoja yksinkertaistaa altistumistilannetta, joten vyöhykkeiden käyttämiseen sisältyy rajoituksia. Etäisyydet (kuva 5) on tarkoitettu sovellettaviksi avoimien väylien varsilla, jossa sekoittumisolosuhteet ovat hyvät ja päästölähteenä on yksi katu/tie. [7, s. 22.]

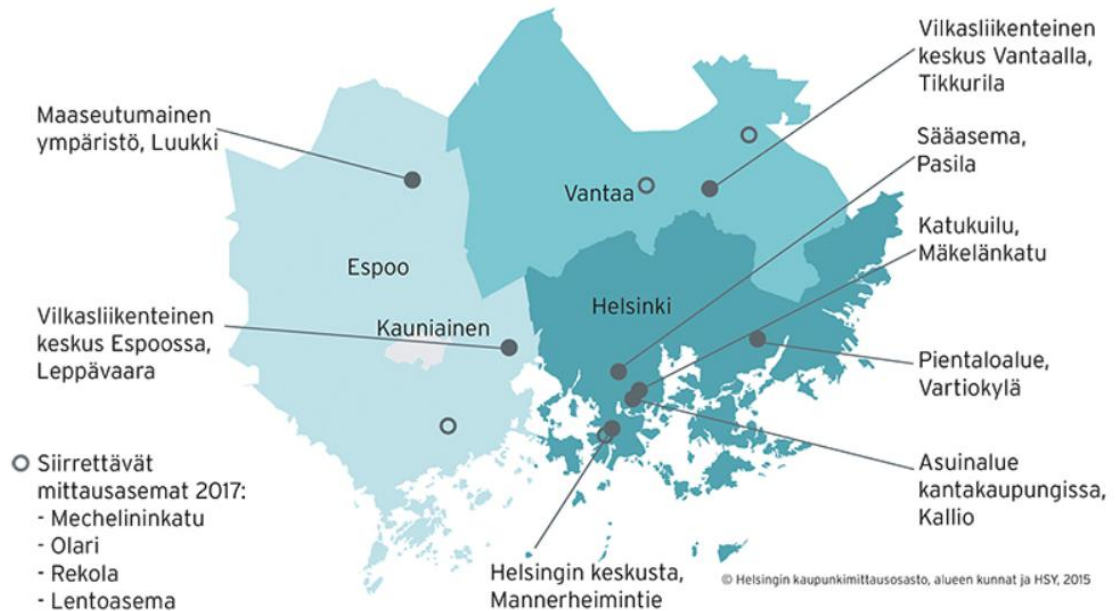
Ajoneuvoa	Asuinrakennukset / metriä		Herkkä kohde / metriä	
	Minimietäisyys	Suositusetäisyys	Minimietäisyys	Suositusetäisyys
5 000	—	10	10	20
10 000	7	20	20	40
20 000	14	40	40	80
30 000	21	60	60	120
40 000	28	80	80	160
50 000	35	100	100	200
60 000	42	120	120	200
70 000	49	140	140	200
80 000	56	150	150	200
90 000	63	150	150	200
100 000	70	150	150	200

Kuva 5. HSY:n ilmanlaatuvyöhykkeet ja altistuminen liikenteen päästöille liikennemäärän ja etäisyyden suhteen eri kohteissa (asuinrakennus ja herkkä kohde, esimerkiksi päiväkotia tai koulu) (HSY 2014).

Suositusetäisyyttä suositellaan käytettäväksi, kun suunnitellaan uusia asuinalueita ja minimietäisyyttä täydennysrakentamiseen. Etäisyydet tulee katsoa pahimman tilanteen mukaan, jolloin niitä arvioitaessa tulee käyttää liikennemääränä ennusteliikennettä arki vuorokaudessa. Etäisyys katsotaan metreinä ajoradan reunasta rakennuksen julkisivulle tai oleskelualueiden reunaan. Pääsääntöisesti uudella alueella tarkoitetaan laajaa aluetta, jolla ei ole aiempaa asutusta. [12]

HSY:n määrittelemien ilmanlaatuvyöhykkeiden pääasiallinen käyttökohde onkin avoimet tai puoliavoimet liikenneympäristöt, joissa ensisijaisena päästölähteenä on yksi katu tai tie. Kahden vilkasliikenteisen liikenneväylän väliin jääviin kohteisiin ilmanlaatuvyöhykkeet eivät sinällään sovi. Katukuiluihin, kaupunkibulevardeihin ja monimutkaisiin

liikenteen solmukohtiin ilmanlaatuvyöhykkeitä voidaan käyttää vain yhdessä muiden arviointi- ja mallinnuskeinojen kanssa. Tällöin on syytä käyttää apuna mittaustuloksia vastaavista paikoista (kuva 6) tai tehdä ilmanlaatumallinnus siihen soveltuvilla ohjelmilla.



Kuva 6. HSY:n ilmanlaadun mittausasemat vuonna 2017 (Kuva HSY)

Ilmanlaatuvyöhykkeiden ja pitoisuuksien välistä yhteyttä (kuva 7) on käsitelty ELY:n julkaisemassa Ilmanlaatu maankäytön suunnittelussa -oppaassa [7, s. 22].

	Typidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo	NO ₂ vrk-ohjearvo	Pienhiukkaspitoisuus
Asuntojen suositusetaisyys	20 µg/m ³ (50 % vuosi rajavasta 40 µg/m ³)	-	noin 8,5 µg/m ³
Asuntojen mienietaisyys	24 µg/m ³	ylittyy harvoin	10 µg/m ³ (WHO:n vuosiohjearvo)

Kuva 7. Ilmanlaatuvyöhykkeet vs. pitoisuudet [7, s. 22]

Arvot perustuvat HSY:n teettämiin pitoisuuslaskelmiin avoimen väylän varrella [13]. Mallinuksissa raskaan liikenteen osuus oli 10 %, joka vastaa pääkaupunkiseudun normaalia raskaan liikenteen osuutta. HSY:n mittaustulokset tukevat näitä mallinuksia.

HSY mittaa ilmanlaatua myös passiivikeräimillä, joilla mitataan liikenteen aiheuttamia typpidioksidipäästöjä. Passiivikeräimiä on noin 40 eri kohteessa vuosittain, ja niiden antamat tulokset ovat suuntaa-antavia, eivätkä yhtä tarkkoja kuin jatkuvatoimisten mitausasemien antamat tulokset. Passiivikeräimiä on käytetty vuodesta 2004 alkaen, ja niiden avulla on muun muassa selvitetty ilmanlaatuvohykkeiden käytettävyyttä ja verrattu päästöjen pitoisuuksia terveysvaikutuksiin. Tähänastiset tulokset ovat antaneet selvän viitteen siitä, että avoimessa ympäristössä ilmanlaatuvohykkeet vastaavat hiukkaspäästöjen määrään.

Täysin HSY:n ilmanlaatuvohykkeitä vastaavia taulukoita ei välttämättä ole käytössä muualla, mutta samaan aiheeseen on kiinnitetty huomiota kansallisestikin, ja EU:n yhteisten raja-arvojen lisäksi muutamilla eurooppalaisilla mailla sekä Pohjois-Amerikassa on käytössä samankaltaisia suojavyöhykeajatuksia. Esimerkkejä näistä on listattu mm. HSY:n oppaaseen *Ilmansaasteiden terveysriskit teiden ja katujen varsilla* [14, s. 27–33]. Yhteistä näissä on se, että erityisesti herkkien kohteiden sijoittelua pyritään ohjaamaan riittävän etäälle liikenneväylistä metrimääräisesti, eikä vain mitattuihin tai mallinnettuihin päästöpitaisuuksiin viitaten. Mm. Kanadassa julkaistun ohjeen ”Develop with Care 2014 Environmental Guidelines for Urban and Rural Land Development in British Columbia” mukaan herkät kohteet tulisi sijoittaa vähintään 150 metrin etäisyydelle vilkasliikenteisistä teistä [15]. Ilmanlaatuvohykkeisiin verrattuna eroa tulee mm. siitä, että kyseisessä Brittiläisen Kolumbian ympäristöministeriön julkaisemassa ohjeessa vilkasliikenteiseksi väyläksi katsotaan jo 15 000 ajoneuvoa käsittävät kadut. HSY:n ohjeessa taas 150 metrin minimietäisyys herkille kohteille katsotaan vasta, kun keskimääräinen arkivuorokausiliikenne (KAVL) ylittää 90 000 ajoneuvoa, ja suositusetaisyys 150 metriä, kun saavutetaan reilu KAVL 35 000.

4 Liikenteen päästöriskit pääkaupunkiseudulla

4.1 Suurimmat päästöt ja niiden lähteet

Pääkaupunkiseudulla tyypillinen kokoojakatu on katu, jonka liikennemäärä on noin 10 000 ajoneuvoa vuorokaudessa, kun taas suurimmilla väylillä kulkee vuorokaudessa jopa yli 100 000 ajoneuvoa. Tällaisia väyliä ovat esimerkiksi Kehä I sekä suurimmat sisääntuloväylät Kehä I:n tuntumassa.

4.1.1 Katupöly

Katupöly on varsinkin keväisin suuri ilmanlaadun epäpuhtauksien aiheuttaja, mutta sen pitoisuuksista ei ole tällä hetkellä tarpeeksi tietoa altistumisen arviointia varten. Katupölyyn sisältyvät karkeammat hengitettävät hiukkaset (PM_{10}) sekä myös pienhiukkaset ($PM_{2,5}$). Katupöly koostuu pääasiassa tienpinnasta, hiekoitusmateriaalista, jarruista, renkaista, nastoista ym. irronnutta ainesta.

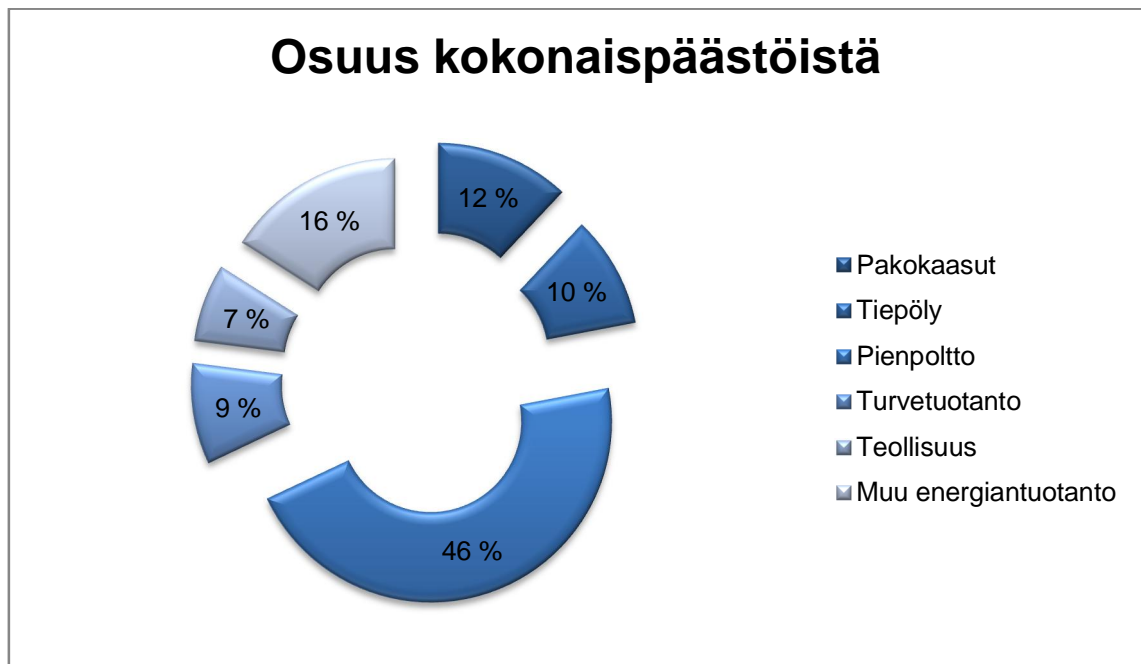
4.1.2 PM_{10}

Alle 10 μm :n hiukkaset kulkevat hengitysilman mukana ihmisen keuhkoputkiin asti. Hiukkaset voivat olla kemialliselta koostumukseltaan vaaratonta pölyä, mutta niihin voi olla sitoutuneena myös esimerkiksi haitallisia raskasmetalleja tai hiilivetyjä. Suurin osa kaupunki-ilman hengitettävistä hiukkasista on liikenteen nostattamaa katupölyä. Pitoisuudet kohoavat erityisesti keväällä, jolloin jauhautunut hiekoitushiekka ja asfalttipöly nousevat liikenteen nostattamina kuivilta kaduilta. Keväisin hengitettävien hiukkasten vuorokausipitoisuudet ylittävät raja-arvotason 50 mikrogrammaa kuutiometrissä ilmaa varsin yleisesti lähes kaikilla mittausasemilla. Tällaisia pitoisuustason ylityksiä saa olla kullakin asemalla 35 kappaletta vuodessa, mutta Suomessa määrä ylittyy harvoin. Vuosikeskiarvoon verrattuna sen sijaan ollaan selvästi raja-arvotason alapuolella. [17]

4.1.3 $PM_{2,5}$

Alle 2,5 μm :n hiukkaset, eli pienhiukkaset ovat osa hengitettäviä hiukkasia. Pienhiukkasilla on useammassa tutkimuksessa todettu olevan merkittäviä terveysvaikutuksia. Alinta pitoisuutta, jolla terveysvaikutuksia ei olisi (ns. kynnyсарvoa), ei ole pystytty osoittamaan. Pienhiukkaset saattavat kulkeutua ilmassojen mukana pitkiäkin, jopa tuhansien kilometrien matkoja, ja merkittävä osa kaupunki-ilman pienhiukkasista on kaukokulkeuman mukanaan tuomia hiukkasia. Kaukokulkeuma ilmenee usein samanaikaisina episodeina laajoilla alueilla, mikä tasaa alueiden ja kaupunkien välisiä pitoisuuseroja. Pienhiukkaset poistuvat maan ilmakehästä vasta sateiden mukana. Kaupunkien keskustoissa ongelmana ovat liikenteen saasteet ja erityisesti pienhiukkaset, jotka tunkeutuvat syvälle hengitysteihin. Liikenteen tuottamat hiukkaspäästöt ovat kuitenkin vain osa hiukkaspäästöjen kokonaispitoisuuksista (kuva 9). Astmaatit sekä yleensä iäkkäät sepelvaltimotautia ja keuhkohtaumatautia sairastavat voivat saada hengitystie- ja sydänoireita sekä heidän keuhkojen ja sydämen toimintakykynsä voi

heiketä. Myös terveet voivat kokea silmien, nenän ja kurkun ärsytystä tai lievää hengenahdistusta, kun ilmassa on runsaasti pienhiukkasia. Ilmanlaadun tarkkailussa onkin siis tarpeen kiinnittää huomio yhä pienempiin hiukkaskokoihin.



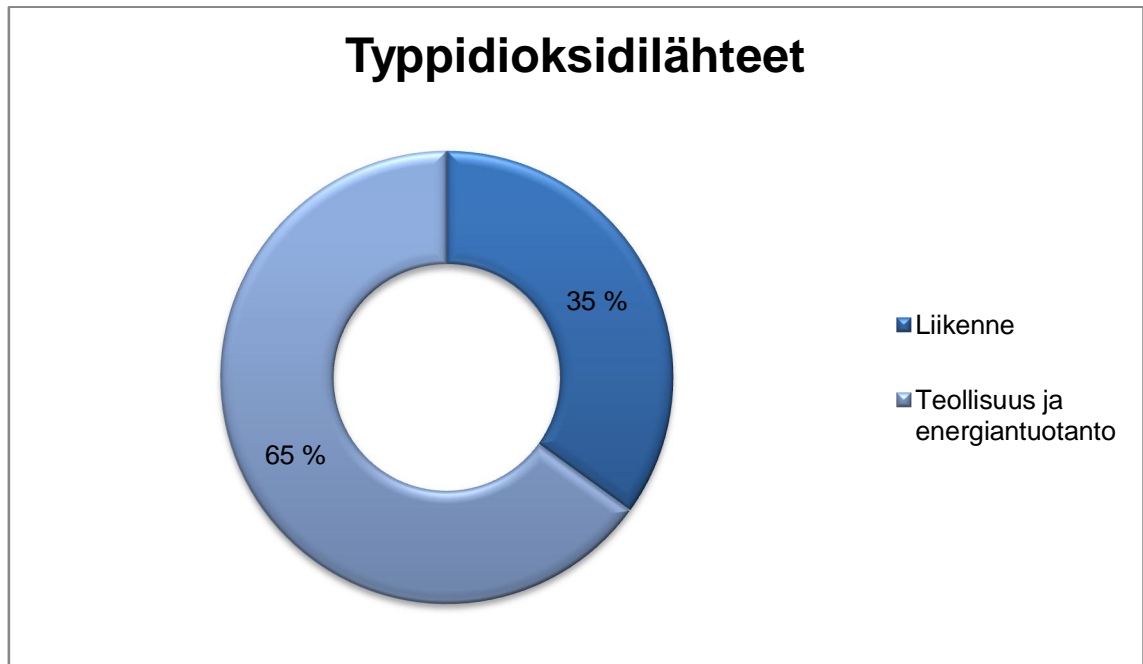
Kuva 8. Pienhiukkasten ($PM_{2,5}$) kotimaiset päästöarviot [18].

4.1.4 NO_2

Typen oksidit (NO_x) jakautuvat typpimonoksidiin NO ja typpidioksidiin NO_2 . Ihmisten terveyden kannalta NO_2 on selvästi merkittävämpi yhdiste. Se lisää hengityselinoireita erityisesti lapsilla ja astmaatikoilla sekä korkeina pitoisuuksina supistaa keuhkoputkia. Typpidioksidi voi lisätä hengitysteiden herkkyyttä muille ärsykkeille, kuten kylmälle ilmalle ja siitepölyille.

Typen oksidit reagoivat ilmakemiallisesti erityisesti otsonin ja auringonvalon vaikutuksesta. Erityisesti typpimonoksidi muuttuu haitallisemmaksi typpidioksidiksi. Korkeimmat typpidioksidipitoisuudet muodostuvat kaupunkien keskustoissa, korkeiden rakennusten reunustamissa katukuiluissa. [19]

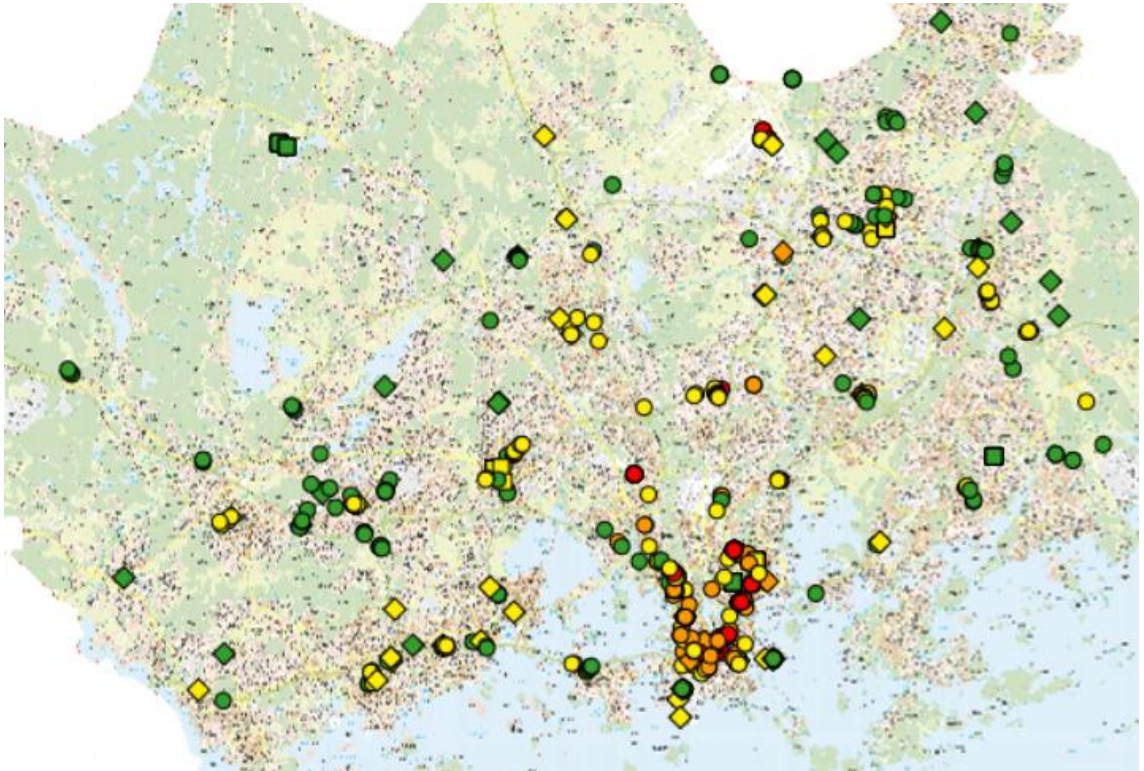
Typpidioksidia pääsee ilmaan kaikessa palamisessa.



Kuva 9. Pääasialliset typpidioksidilähteet [19]

Suomessa typpidioksidin kokonaispäästöstä noin 35 % tulee liikenteestä ja loput 65 % energiantuotannosta ja teollisuusprosesseista.

Kaupunkien ilmanlaatuun liikenteellä on kuitenkin osuuttaan suurempi vaikutus, koska liikenteen päästö tapahtuu maanpinnan tasolle suoraan hengitysilmaan, kun taas teollisuuden päästöt ohjataan korkeammalle. Typpidioksidi on ongelmallisimman suurimpien kaupunkiemme keskustoissa (kuva 10). Niissä typpidioksidipitoisuudet tyypillisesti kohoavat aamuruuhkan myötä. Korkeimmat pitoisuudet kertyvät katukuiluihin, joissa saasteiden laimeneminen on heikkoa. Pahimmat tilanteet syntyvät usein tyyninä talvipäivinä inversiotilanteissa, jolloin myös energiantuotannon päästöt ovat suurimmillaan. Inversiotilanne syntyy, kun ilma maanpinnalla on kylmempää kuin ylempänä eivätkä liikenteen aiheuttamat päästöt pääse sekoittumaan ja laimenemaan pystysuunnassa vaan jäävät hengitysilmaan.



Kuva 10. Kartta.hsy.fi -sivuilla on esitetty pääkaupunkiseudulla tehtyjä typpioksidin vuosikeskiarvojen mittaustuloksia [16]

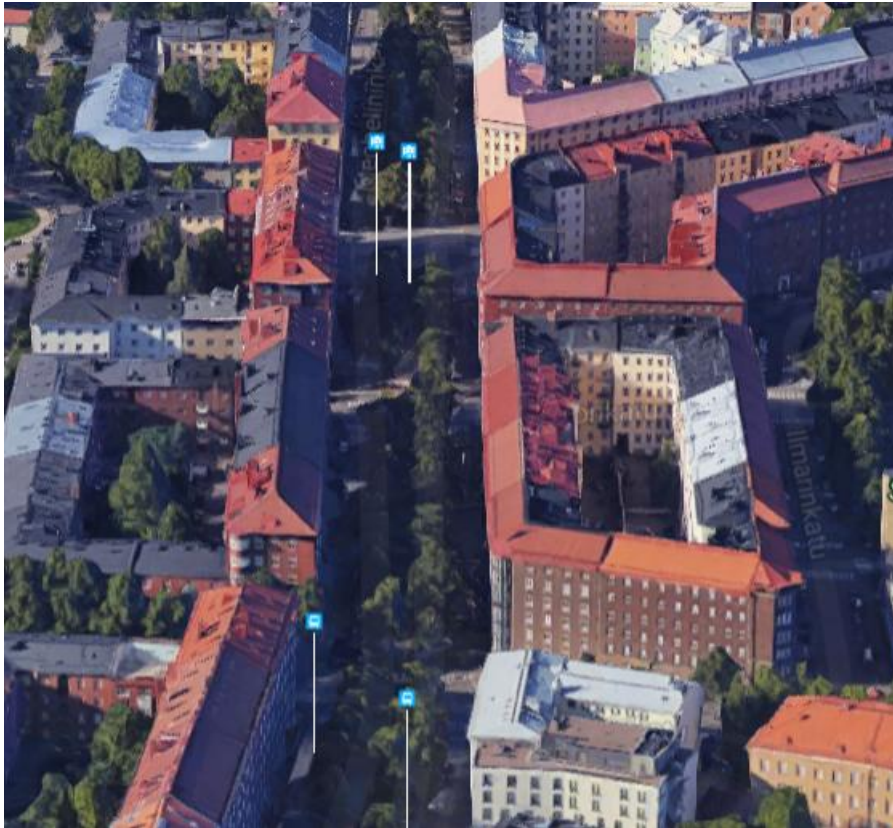
Tieliikenteen typpioksidipäästöt ovat hiljalleen laskemassa autokannan uusiutuessa. Kaupunkien ilmanlaadun mittauksissa pitoisuuksien vähenemistä alkaa myös tulla esiin, tosin tilanne vaihtelee mittausasemittain.

4.2 Suurimmat pitoisuudet

Avoimessa ympäristössä tuulettavuus on suurta eivätkä ilman epäpuhtaudet jää kiertämään pitkiksi ajoiksi katutilaan, vaan kulkeutuvat ja laimenevat nopeahkosti.

Katukuiluissa liikenteen ilmansaastepitoisuuksilla on mahdollisuus laimeta pääsääntöisesti vain korkeussuunnassa. Jo rakennetuissa katukuiluissa epäpuhtauksien aiheuttamia terveyshaittoja voidaan parhaiten torjua vähentämällä katukuilun liikennemäärää. Terveyshaittoja voidaan vähentää myös sijoittamalla alimpiin kerroksiin esimerkiksi liiketiloja, ja asuminen vasta ylempiin kerroksiin. Katukuiluissa, joiden korkeus on 20 metriä, voidaan tällä tavoin vähentää asukkaiden terveyshaittoja noin 10 %. Arvio perustuu ruotsalaisen tutkimuksen [27] mittauksiin typenoksidipitoisuuksien vertikaalisesta laimenemisestä katukuiluissa. Suurimmat päästöpitoisuudet havaitaankin korkeissa

ja kapeissa katukuiluissa (kuva 11), joissa on suurin ruuhkautumisen vaara tai suuret liikennemäärät.



Kuva 11. Mechelininkatu Helsingissä, katukuilu (Kuva Googlemaps 21.1.2017)

5 Ilmanlaatuilanteen arviointi

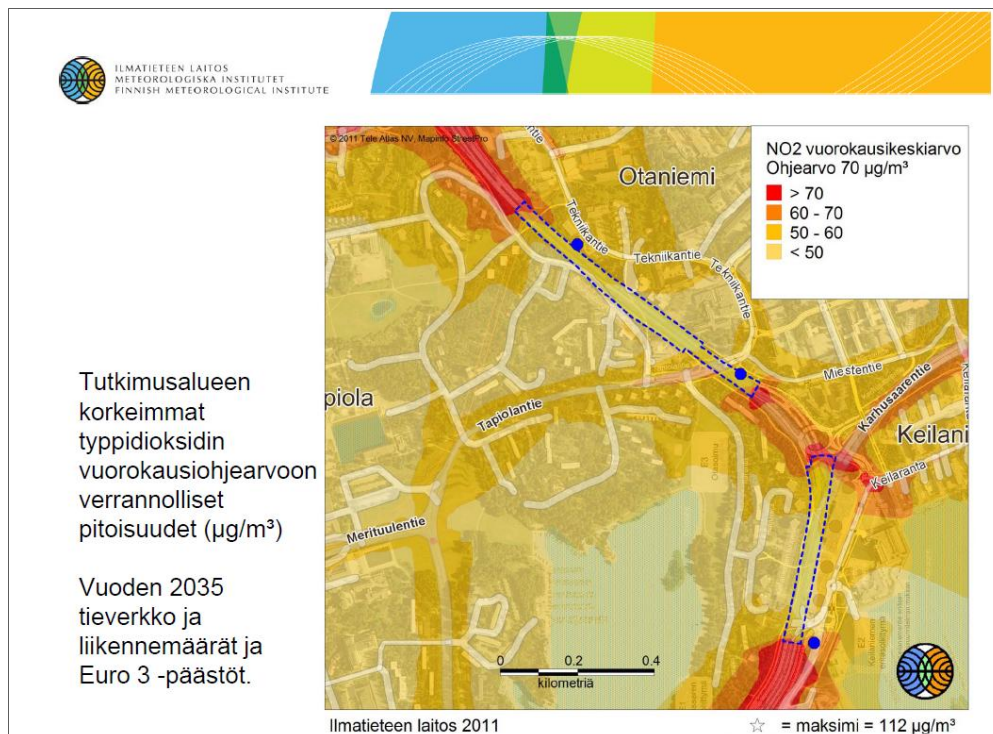
5.1 Menetelmät ilmanlaatuilanteen arvioimiseksi

Ilmanlaatua voidaan selvittää mittauksilla ja mittaustuloksia hyödyntää kaavoituksessa, mikäli mittauspiste osuu kaavoitettavalle alueelle tai sen välittömään läheisyyteen tai mikäli olosuhteet maaston ja liikennemäärien suhteen ovat samankaltaiset suunniteltavassa ja mitatussa kohteessa. Mittaukset kertovat kulloisenkin mittaushetken tilanteesta. Kun aluetta rakennetaan, olosuhteet ja tuulettuvuus muuttuvat, eivätkä mittaustulokset päde enää samalla tavalla. Mittaustuloksia pitäisikin aina verrata paikkaan, jollaiseksi kaava-alueella ollaan rakentamassa. Joissain tapauksissa on syytä verrata sekä nykyiseen että tulevaan tilanteeseen, mikäli on oletettavaa, että kaavan toteutuminen

tulee kestämään pitkään. Tällöin lähdetään suunnittelemaan aluetta pahimman skenaarion mukaisesti.

Ilmanlaatuvyöhykkeillä voidaan arvioida päästöjen leviämistä tavallisimmissa tilanteissa, katujen ja teiden varsilla. Parhaiten ilmanlaatuvyöhykkeet toimivat tuulettuvassa ja avoimessa katutilassa, mutta niiden käyttö on mahdollista myös kaupunkimaisissa olosuhteissa, kunhan vyöhykkeitä tulkittaessa otetaan olosuhteet huomioon. Ilmanlaatuvyöhykkeet eivät ota huomioon vallitsevia tuulensuuntia tai muita erityistilanteita, joten tulkinta jää aina asiantuntijoiden arvioitavaksi.

Leviämismallien avulla voidaan tarkastella ilmanlaatua erilaisissa suunnittelukohteissa ja erilaisilla vaihtoehdoilla. Leviämismallien käyttö soveltuu parhaiten kaikkein haastavimpiin kohteisiin, suurien eritasoliittymien läheisyyteen tai tunnelien suuaukkojen ympäristöön tai silloin kun päästölähteitä on alueella runsaasti, esimerkiksi Kehä I:n tunnelointihankkeiden vaikutusten arviointiin (kuva 12). Myös olemassa olevien katukuilujen suhteen on turvallisempaa käyttää mallintamista kuin ilmanlaatuvyöhykkeitä, mikäli olemassa olevaa katukuilurakennetta ja sen käyttötarkoitusta ollaan muuttamassa (kuva 13).



Kuva 12. Ote Keilaniemen alueen ilmanlaatumallinnuksesta 23.11.2011, Ilmatieteen laitos [20]

Indeksiluokitus	Pitoisuus, mikrogrammaa kuutiometrissä ilmaa, $\mu\text{g}/\text{m}^3$			Terveysvaikutukset
	NO_2	PM_{10}	$\text{PM}_{2,5}$	
Hyvä	alle 40	alle 20	alle 10	Ei todettuja
Tyydyttävä	40-70	20-50	10-25	Hyvin epätodennäköisiä
Välttävä	70-150	50-100	25-50	Epätodennäköisiä
Huono	150-200	100-200	50-75	Mahdollisia herkillä ihmisillä
Erittäin huono	yli 200	yli 200	yli 75	Mahdollisia herkillä väestöryhmillä

Kuva 13. Suomen oloihin sovitettu ilmanlaatuindeksi on YTV:n (nyk. HSY) kehittämä ja ylläpitämä [26]

5.2 Ilmanlaadun ja muiden ympäristövaikutusten yhteisvaikutukset

Liikenteen terveysvaikutuksia on tutkittu runsaasti eripuolilla maailmaa. Haastavaa on erottaa ilmanlaadun ja melun terveysvaikutuksia, sillä liikenteen päästöistä melu ja ilmanlaatu kulkevat toistaiseksi käsi kädessä. Paikoissa joissa on liikenteen aiheuttamia hiukkaspäästöjä, on myös liikenteen aiheuttamaa melua. Molemmilla on vaikutuksia mm. hermostoon ja sitä kautta koko ihmisen terveyteen. Teknologian kehittyessä ja tullessa yhä enemmän arkipäivän käyttöön on todennäköistä, että ainakin moottorimelu vähenee merkittävästi, samoin kuin pakokaasupäästöt. Renkaiden aiheuttama melu ja renkaiden nostattama katupöly sen sijaan ei todennäköisimmin tule vähenemään samassa tahdissa, vaikka niihinkin kehitetään jatkuvasti uusia ratkaisuja. Katupölyn si-dontaan ja putsaukseen kehitetään jatkuvasti uusia keinoja, joilla pölyntorjuntaa varsinkin keväisin tehostetaan. Suomen vaihtelevat ilmastot kuitenkin vaativat sekä liukkautorjuntaa että talvirenkaita. Nastarenkaita tuskin voidaan päästä eroon vielä lähitulevaisuudessa, vaikka kitkarenkaiden osuutta pyritäänkin nostamaan. Yksin nastarengaskielto ei kuitenkaan tule olemaan oikea vaihtoehto ja ratkaisu katupölyongelmaan, ja varsinkin keväisin kitkarenkaiden ilmaan nostama pöly on suurempi tekijä kuin nastarenkaiden aiheuttama tien kuluminen. Keski-Euroopan suurissa kaupungeissa tehdyt viimeaikaiset tutkimukset ja niiden esimerkiksi Helsinkiin tehdyt vertailut vahvistavat, että pelkkien kitkarenkaiden käyttö ei vähennä terveydelle vaarallisten hiukkasten pitoisuuksia. [21, s. 17.]

6 Paikkatietoaineistot ja menetelmät

Lähes kaikelle tiedolle on määritelty sijainti, jolla voidaan liittää kohteen ominaisuudet paikkaan ja tehdä tiedosta paikkatietoa. Aineistot jaotellaan karkeasti vektori- ja rasteriaineistoihin. Vektoriaineistot sopivat paremmin kohteiden (rakennus, järvi, liito-oravan papanapuu) kuvaamiseen ja koostuvat pisteistä, viivoista ja alueista sekä lukuisista ominaisuustiedoista. Rasteriaineistot sopivat paremmin jatkuvien ilmiöiden (maanpeite, maanpinnan korkeus, sademäärä) kuvaamiseen ja koostuvat eriarvoisista pikseleistä. Rasteriaineistolla ei ole ominaisuustietoja pikseleiden arvoja lukuun ottamatta. Erityyppiset satelliitti- ja ilmakuvat ovat tyypillisimpiä rasterimuotoisia paikkatietoaineistoja. Paikkatietoa niistä tulee, kun se kiinnitetään tiettyyn koordinaattijärjestelmään. Digitoimalla satelliittikuvista saadaan vektorimuotoista paikkatietoa. Vektorimuotoisen paikkatietoaineiston käsittely on nopeampaa, sillä ne ovat tiedostokooltaan rasteritiedostoja pienempiä, kun taas rasterimuotoinen aineisto on usein resoluutioltaan tarkempia kuvatiedostoja. Erot tiedostomuotojen välillä tulevat esiin, kun aineistoa tarkentaa riittävästi. Rasterimuotoinen alkaa lopulta pikselöitymään, kun taas vektorimuodossa olevan luettavuus ei juuri kärsi.

Paikkatieto on helposti käytettävää ja ymmärrettävää tietoa, jonka kautta erilaisia aineistoja voidaan myös linkittää yhteen sijaintitiedon avulla. Analyyseistä sekä suunnittelutyöstä saadaan enemmän irti, kun tietoja voidaan yhdistellä, havainnollistaa ja visualisoida aivan uudella tavalla. Pääkaupunkiseudulla kunnat tuottavat ja HSY kokoaa ja yhtenäistää seudullisia paikkatietoja suunnittelun tueksi. [22]

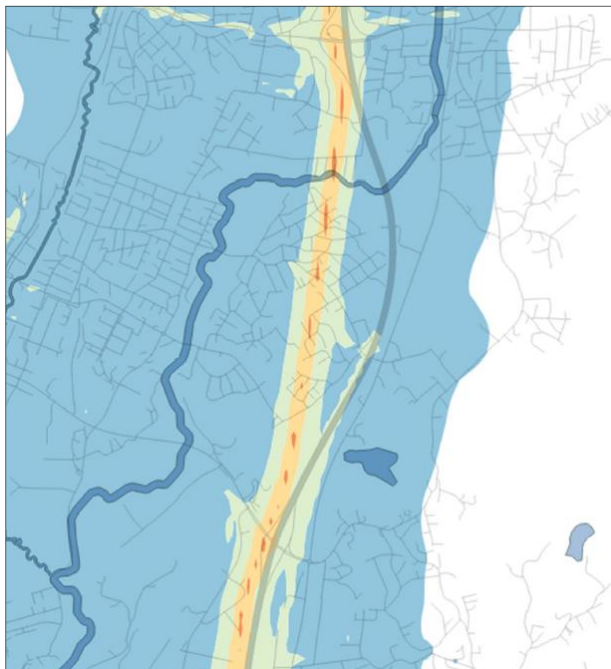


Kuva 14. Helsingin seudun liikenneverkko [23]

Lähtötietoaineiston tarkkuudesta riippuu lopputuloksen tarkkuus. Tietoa, ja paikkatietoa, saadaan kohdennettua hyvinkin tarkasti ja oikein, mutta tietomäärän kasvaessa joudutaan edelleen usein yksinkertaistamaan malleja, josta johtuen lopputuloksen tarkkuus kärsii. Lähtöaineistojen tulisi olla tarkkaa ja validia, mutta käyttötarkoituksen mukaan valitulla tasolla. Mahdolliset virheet ja puutteet lähtöaineistossa voivat kertautua työn edetessä, ja lopputulos ei enää vastaa toivottua tarkkuustasoa. Virheellistä aineistoa käytettäessä analyysien taustalla kyseinen virhe siirtyy analyysin tuloksiin. Analyysin tuloksia saatetaan käyttää toiseen analyysiin, jolloin virhe leviää ja jopa moninkertaistuu. Pahimmassa tapauksessa virhettä ei edes huomata, minkä myötä virheellisen tiedon perusteella saatetaan tehdä päätöksiä.

Alueen laajuus ei itsessään aiheuta epätarkkuuksia aineistoon, vaan epätarkkuudet ovat suoraan aineistossa tai esimerkiksi sen peittävyiden puutoksissa (kuva 15). Suuria alueita tarkastellessa varmistettuja havaintoja ei välttämättä ole kaikkialta, jolloin varmojen pisteiden välisille alueille interpoloidaan arvot. Interpoloinnilla tarkoitetaan sitä, että kahden tunnetun pisteen välillä oleville pisteille laskennallisesti arvioidaan jokin arvo. Esimerkiksi kukkulan huippu on 40 metrin korkeudella merenpinnasta, ja

juuri on 10 metrin korkeudella merenpinnasta eikä juuren ja huipun väliltä ole havaintoja korkeudesta. Interpoloinnilla sinne arvioidaan arvo käyttäen jotain interpolointimenetelmää.



Kuva 15. Vantaan ja Sipoon rajalla Lahdenväylä tekee mutkan, mutta mallinnustulokset eivät mutkaa tee. Osa tielinkeistä on liian pitkiä ja eivät sen takia seuraa todellisia teitä.

Omiin tarpeisiin räätälöityä paikkatietoaineistoa harvoin on suoraan saatavilla, ja se joudutaan usein luomaan itse joko täysin alusta tai käyttäen apuna jotain perusaineistoa kuten esimerkiksi korkeusmallia ja rakennusten sijainteja.

Ilmanlaatuviyöhykkeitä tarkastellessa tulee olla erityisen skeptinen niiden kohteiden kanssa, jotka osuvat ohuille puskurivyöhykkeille, eli pienempien liikennemäärien ilmanlaadun minimi- ja suositusetaisyksille, koska puskurointiin käytetty taustadata saattaa poiketa hieman tieverkon oikeasta sijainnista. Tieverkko on usein mallinnettu likimääräistä keskiviivaa käyttäen, kun taas ilmanlaatuviyöhykkeet tulisi laskea todellisesta kaistojen reunaviivoista. Tarkkoja reunaviivoja ei ole aina mahdollista käyttää. Todellisuudessa useampikaistaisilla liikenneväylillä liikennemäärä jakautuu eri kaistojen välille, jolloin koko liikenne ei kulje uloimman reunaviivan mukaisesti. Erityisen paljon tämä vaikuttaa ramppien läheisyydessä, joissa liityntäkaistat voivat olla useiden satojen metrien pituisia tai niiden jatkeena voi olla bussikaistoja, jolloin pääasiallinen liikenne on kaistan verran kauempana. Tulosten tarkkuus paranee oleellisesti, kun tieverkon reu-

naviivat viedään malliin lähinnä manuaalisesti eikä keskilinjasta automaattisesti siirrettynä. Reunaviivoista tulee myös tarvittaessa tarkistaa bussipysäkit ja vastaavat poikkeamat. Pitkäaikaisempaa tarkastelua varten olisi hyvä luoda käytäntö, jolla uudet ja muuttuneet liikenneväylät päivitetäisiin tiedostoihin automaattisesti.

7 Ilmanlaatuvyöhykkeillä asuvien määrän arviointi Espoossa

7.1 Ilmanlaatuvyöhykkeet kartalle

Jotta päästään arvioimaan ilmanlaatuvyöhykkeellä asuvien määrää, tulee ilmanlaatuvyöhykkeet saada muodostettua liikennemäärien mukaan. Liikennemäärinä käytetään keskimääräisiä arkivuorokausiliikennemääriä (KAVL). Pääkaupunkiseutujen kunnat sekä Liikennevirasto tuottavat laskentapisteiden avulla vuosittain ajantasaista tietoa eri liikenneväylien liikennemääristä. Liikennemääriä ja liikenteen kehitystä seurataan kuntien omilla liikennelaskennoilla ja Liikenneviraston automaattisista mittausjärjestelmistä kerättävien tietojen avulla. Liikennelaskentaa tehdään läpi vuoden, ja sen pääasiallinen tehtävä on tuottaa perustietoa kaupunkisuunnittelun tarpeisiin.

Kun tieosuuden liikennemäärä on tiedossa, sen perusteella voidaan laskea puskuroitava vyöhyke. Liikennemääriä kuvaavaan paikkatietoaineistoon luodaan kaksi uutta ominaisuustietokenttää: yksi suositusetaisyysdelle, ja yksi minimietäisyysdelle. Ominaisuuskentän arvot lasketaan käyttämällä ominaisuustietokentän laskinta ja lauseketta, jossa tieosuuden liikennemäärä määrittää suositus- ja minimietäisyyden ominaisuustiedot. Esimerkiksi jos tieosuuden keskimääräinen arkivuorokausi liikennemäärä on välillä 5000–10 000 (KAVL), suositusetaisyyskenttä saa arvoksi 20 (m) jne. Kun tämä on toteutettu, on vyöhykkeiden luominen yksinkertaista puskurointityökalulla, jossa määritellään puskurointietäisyys halutun ominaisuustietokentän arvon perusteella.



Kuva 16. Asumisen minimi- ja suositusetäisyyksiä Espoossa

7.2 Asukkaat ilmanlaatuvyöhykkeillä

Esossa alle minimietäisyyden on vajaa 50 asuinrakennusta, joissa vuoden 2015 asukastietojen perusteella asuu reilu 300 asukasta. Näistä valtaosa on viime vuosituonnilla rakennettuja, jolloin ilmanlaatuun ja ilmansaasteiden aiheuttamiin haittoihin ei ole osattu kiinnittää riittävästi huomiota. 2000-luvulla rakennettuja asuinrakennuksia on alle kymmenen, mutta näissä kohteissa asemakaavat on voitu tehdä jo huomattavasti aiemmin.



Kuva 17. Ilmanlaatuvyöhykkeet, asumisen minimi- ja suositusetaisyudet

Minimi- ja suositusetaisyuden väliin Espoossa jää huomattavasti enemmän asuinrakennuksia, lähemmäs 600, joissa asukkaita liki 7 000 (kuva 17).

Osa asukkaista asuu kuitenkin kerrostalojen ylemmissä kerroksissa, joissa ilmanlaatu laimenemisen myötä on jo katutasoa puhtaampaa. Myös asunnon sijoittuminen rakennuksen suojan puolelle, kauemmas väylästä, voi auttaa tilannetta. Uudemmissa rakennuksissa ilmanotto tapahtuu koneellisesti, ja tuloilma suodatetaan, mikä vähentää asuntojen sisätilojen hiukkasia. Tällä hetkellä on kuitenkin tulkittavissa, että tuloilman suodatus ei aina ole riittävää, ja asukkaiden omalla toiminnalla on suuria vaikutuksia mm. sen suhteen, huolehditaanko ilmanvaihtolaitteiden huollosta, suodattimien vaihdosta ja muuta tuuletuksesta riittävällä tasolla. Tutkimatta on jätetty pihojen sijoittuminen, sillä se tulisi tarkastella jokaisessa kohteessa erikseen joko ortokuvien tai maastokäyntien perusteella. Pihojen tilannetta pystytään parantamaan sijoittelulla siten, että liikenneväylien läheisyyteen sijoitetaan esimerkiksi parkkipaikkoja ja varsinaiset oleskelualueet rakennuksiin nähden suojan puolelle.

7.3 Herkkien kohteiden sijainti ilmanlaatuvyöhykkeillä

Samoin kuin asukkaat, myös tietyn tyyppiset kiinteistöt voidaan jaotella aineistoista, mm. SeutuCD, käyttötarkoituksen mukaan. Herkiksi kohteiksi lasketaan mm. päiväkodit ja perusasteen koulut, asukaspuistot joissa on mahdollista järjestää pitkäkestoista päiväkotimaista toimintaa, senioriasuminen, sairaalat ja hoivakodit. Lääkärikeskukset ja

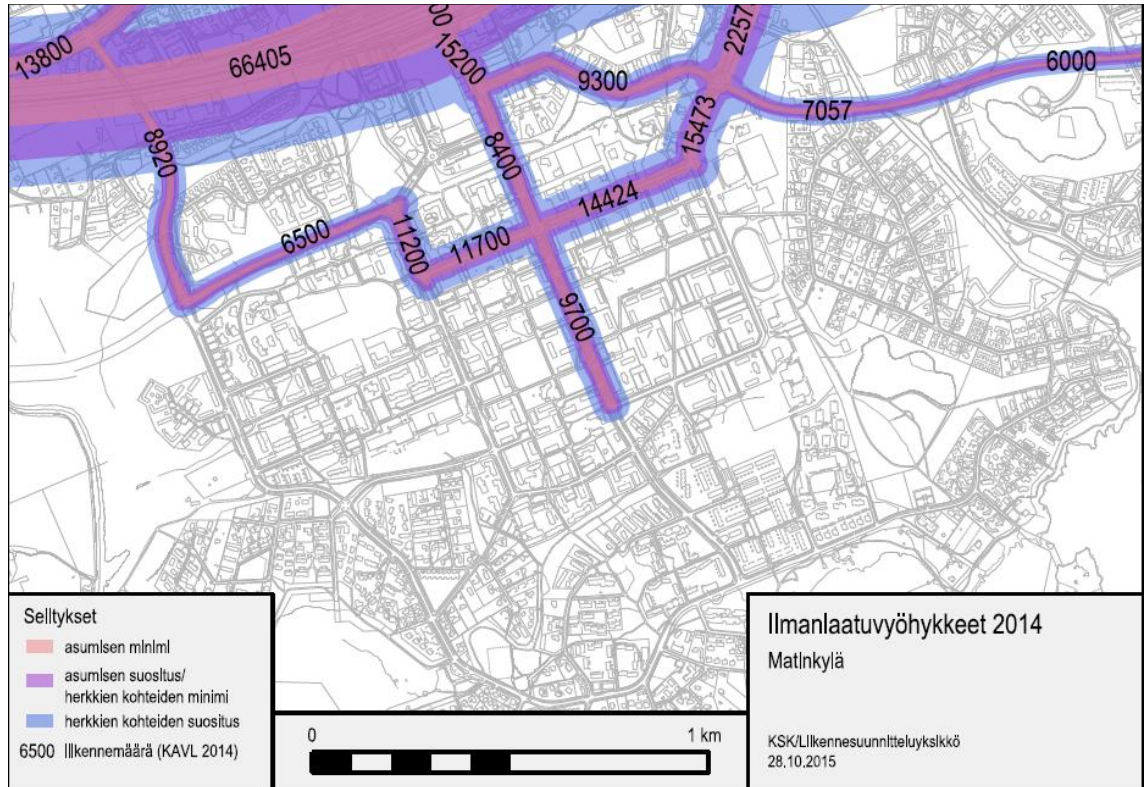
terveyskeskukset, joissa ei ole vuodepaikkoja, sekä tavalliset leikkipuistot sitä vastoin eivät kuulu herkkiin kohteisiin, sillä niissä kerrallaan vietetty aika on usein lyhyempää eikä pitkäkestoista.



Kuva 18. Ilmanlaatuvyöhykkeet, herkkien kohteiden minimi- ja suositusetaäisyydet

Kun ilmanlaatuvyöhykkeet on saatu kartalle (kuva 19), voidaan tilastoista, mm. SeutuCD, hakea tiedetyt herkkä kohteet ja näin löytää ne toimipisteet, joiden sijainti olisi syytä tarkistaa. Tilastollisten poikkeamien ja epätarkkuuksien ansiosta haku voi antaa vääriä tuloksia, ja nämä rajatapaukset tulisi ottaa lähempään tarkasteluun, jonka jälkeen ne voidaan joko siirtää turvallisten kohteiden koriin, tai jättää tiedoksi tuleville toimenpiteille ja kaavan tarkistamiselle. Mikäli nämä minimi- ja suositusetaäisyyksiä lähempänä olevat kohteet voidaan tuoda esimerkiksi kuntien rakennusvalvontojen ja terveydensuojelun tietoon, voidaan tilannetta kenties päästä parantamaan, kun kohteeseen tulee haettavaksi uusia lupia. Myös silloin kun tietty toiminta lakkaa ja rakennus jää tyhjilleen, on mahdollista päästä puuttumaan käyttötarkoitukseen, varsinkin jos kiinteistön omistajana on kunta. Tällöin myös tilojen omistajan on hyvä olla tietoinen ilmanlaadusta ja sen aikaansaamista rajoitteista käytön suhteen. Tähän liittyy oleellisesti se, että tiedostetaan, ettei ilmanlaadullisesti huonolla paikalla sijaitseva rakennuksen tilannetta pystytä täysin muuttamaan hyväksi edes sisäilman suodatuksella, vaan ainoastaan etäisyys päästölähteen (ajoneuvoliikenne) ja käytettävän tilan välillä on riittävä toimenpide.

Essoossa alle minimietäisyyden jää 20 herkkää kohdetta, joista valtaosa on päiväkotet ja. Tuloksissa ei välttämättä ole mukana kaikki väistöilat ja siirtokelpoiset koulut ja päiväkodit, eivätkä asuinrakennusten yhteydessä toimivat pienimuotoiset yksiköt. Minimija suosituksetäisyyksien väliin Essoossa jää nelisenkymmentä herkkää kohdetta, joista edelleen valtaosa on päiväkoteja (kuva 18).



Kuva 19. Ote ilmanlaatuvyöhykkeistä Matinkylän alueelta

7.4 Rakentamattomat kiinteistöt ilmanlaatuvyöhykkeillä

Suurin potentiaali olemassa olevan tilanteen parantamiseksi saadaan tutkimalla ilmanlaatuvyöhykkeiden avulla toistaiseksi rakentamattomat mutta kaavoitetut tontit.

Hakemalla tilastoista rakentamattomat, tai osittain rakentuneet tontit, joiden olemassa oleva kaava mahdollistaa herkän kohteen sijoittamisen tai mittavan laajentamisen alueelle, jonka ilmanlaatu todennäköisesti ei vastaa käsitystä terveellisestä elinympäristöstä, voidaan lisäasetuksin löytää kohteet, joiden kaava on vanha tai muutoin kaavamuutoksen tarpeessa. Kun tällaiset kaavakohteet on löydetty ja tunnistettu, voidaan tehdä tarpeelliset ja riittävät korjaukset ja täsmennykset asemakaavan määräyksiin ja

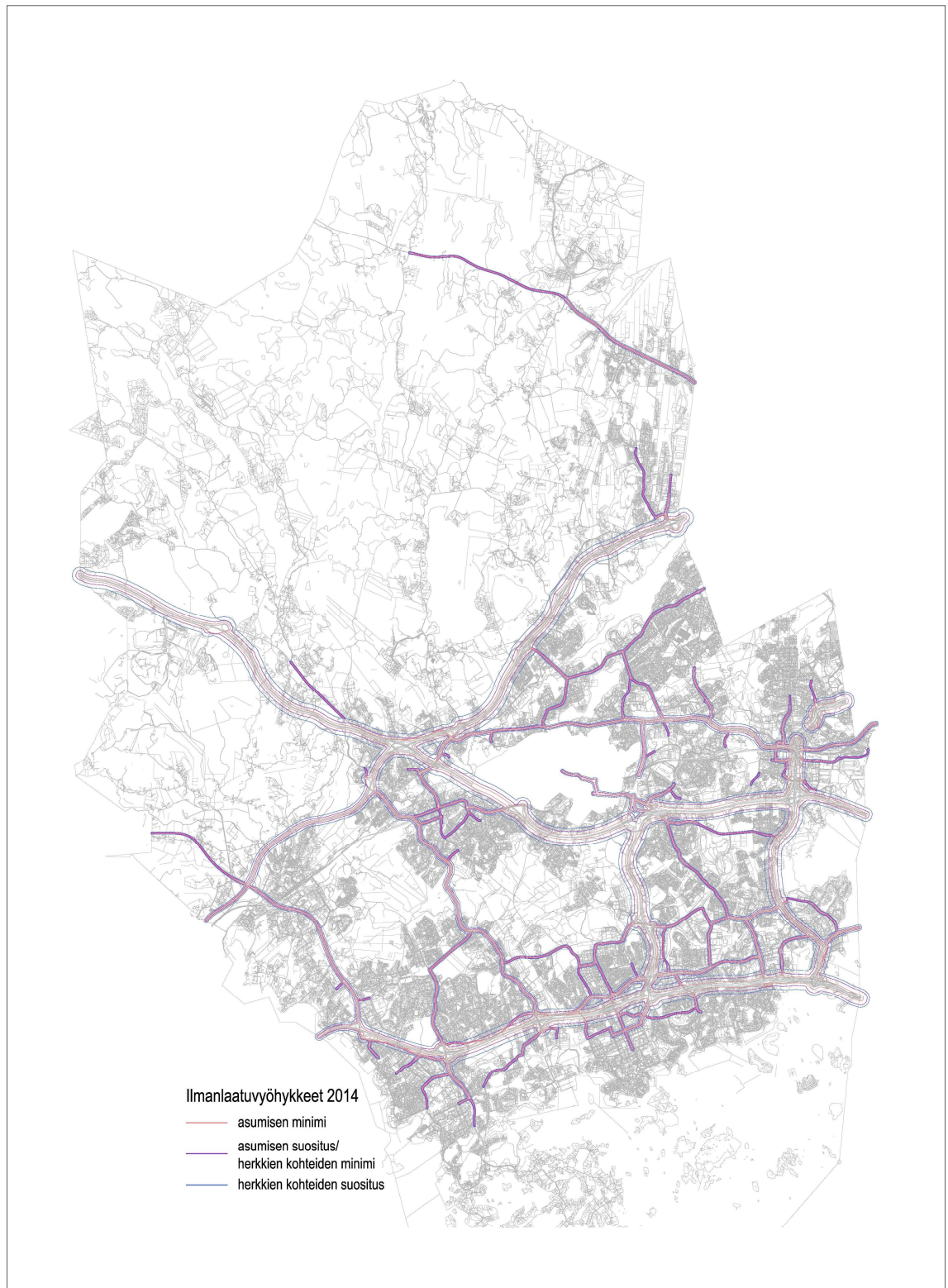
merkintöihin. Yhdessä rakennusvalvonnan kanssa voidaan asettaa kiinteistölle rakennuskielto ja estää näin vanhentuneen ja kaavamääräyksiltään puutteellisen kiinteistön rakentuminen, kunnes tilanne on saatu korjattua. Toisinaan tilanteen korjaantuminen voi tulla kaavan muutoksen sijaan siitäkin, että kiinteistön lähiympäristön tilanne tulee muuttumaan oleellisesti uusien katuyhteyksien, joukkoliikenneyhteyksien tai uuden rakentamisen myötä.

Rakentumattomat asuinkiinteistöt hakemalla voidaan ennakoida tilannetta samoin joko muuttamalla asemakaavaa tai erilaisilla toimenpiteillä johdattaa rakentumista yhdessä rakennusvalvonnan kanssa suuntaan, jolla ilmanlaadusta johtuvaa tilannetta voidaan parantaa ja ottaa se erityisesti rakennusluvassa huomioon.

7.5 Kaavoittamattomat maa-alueet

Jos alueella ei ole asemakaavaa tai alueelle valmistellaan uusia yleis- tai osayleiskaavoja, ilmanlaatuviyöhykkeet tulisi ottaa osaksi suunnittelua jo aivan alkuvaiheessa. Summittaisillakin ilmanlaatuviyöhyketarkasteluilla, joilla katsotaan lähimpien väylien liikennemäärät arvioituina, voidaan välttää heti alkuvaiheessa suunnittelun lähteminen liikkeelle väärään suuntaan. Yleiskaavaa tehtäessä suurempien väylien varsille voidaan helpommin sijoittaa toimintoja, jotka eivät ole herkkiä ilmanlaadulle, tai joissain tapauksissa niitä voidaan myös jättää mahdolliseen reserviin odottamaan puhtaamman tekniikan kehittymistä, jolloin kaupunkien tiivistymispaineissa voidaan näitä alueita ottaa kenties käyttöön uudemman ja paremman tiedon puitteissa (kuva 20).

Asemakaava-alueiden ulkopuolisissa rakennusluvista ilmanlaatuviyöhykkeitä voidaan käyttää helposti ja kustannustehokkaasti ohjaamaan rakentamista ja sen sijoittelua siten, että taataan terveellinen ja turvallinen elinympäristö.

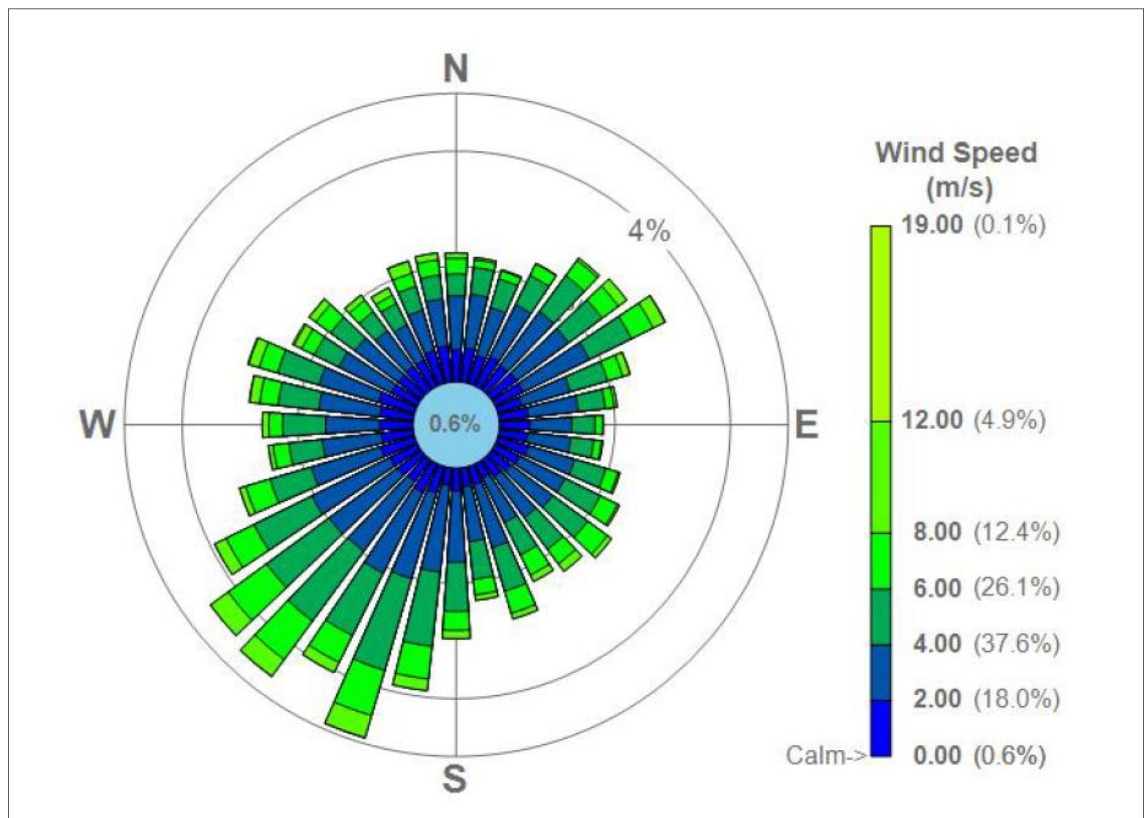


Kuva 20. HSY:n ilmanlaatuvyöhykkeet Espoossa ja Kauniaisissa [24]

8 Käytettävien parametrien vaikutukset altistuvien määriä arvioitaessa

Kun arvioidaan ilmanlaatuvyöhykkeiden sisäpuolella asuvien määrää, tarkastelut tehdään 2D-tasossa. Tarkasteluissa ei siis oteta huomioon maaston korkeuseroja eikä sitä, onko asuminen sijoittunut maantasolle vai vasta ylempiin kerroksiin. Myöskään ilmanlaatuvyöhykejattelussa ei tarkistella rakennuksen ilmanvaihtoa, rakennetta tai sitä, onko käytetty ns. kaksoisjulkisivua tai luhtikäytäviä. Jaottelua pystyttäisiin tekemään osittain rakennuksen valmistumisvuoden perusteella, sillä nykyinen energiatehokkuustarkastelu vaatii lähes poikkeuksetta ilmanvaihdon toteuttamista koneellisesti, jolloin voidaan olettaa asuntojen sisäilman olevan tehokkaammin suodatettu kuin painovoimaisen ilmanvaihdon omaavissa taloissa. Tässä olisi kuitenkin niin paljon oletuksia, ettei tuloksen luotettavuudesta voisi olla varma. Turvallisempaa onkin jättää ilmanvaihdon huomioonottaminen pois tarkasteluvaiheesta. Kuitenkin valtaosassa pääkaupunkiseudun uusia kaavakohteita on vaadittu ilmanlaadun huomioonottaminen, mikäli asunnot sijoitetaan ilmanlaatuvyöhykkeiden osoittamien suositusetaisyyksien sisäpuolelle. Kaavoituksessa ei kuitenkaan voida puuttua yksittäisten ihmisten toimiin ja kohteiden huoltotoimenpiteisiin.

Melulle altistumista arvioitaessa on perinteisesti sijoitettu koko rakennuksen asukasmäärä rakennuksen meluisimman julkisivun mukaan. Uusissa malleissa asukkaat voidaan jakaa useamman asunnon rakennuksissa tasaisesti eri julkisivuille, jolloin altistuvien määrä tasaantuu todellisen tilanteen mukaan. Ilmanlaadun epäpuhtauksille altistuvien määrän arvioinneissa joudutaan pohtimaan vastaavaa ongelmaa. Ilmanlaatuvyöhykkeiden rajat eivät myöskään ole täysin yksiselitteiset, sillä vallitsevien tuulensuuntien ansiosta useimmiten väylän toisella puolella hiukkaset kulkeutuvat kauemmas kuin vastapuolella. Vallitsevat tuulensuunnat saadaan eri vuosina kerätyistä ja tallennetuista säätiedoista, joita tuottaa Ilmatieteen laitos. Pääkaupunkiseudulla yleisin on lounaistuuli (kuva 21).



Kuva 21. Tuuliruusu Helsinki-Vantaan tuntisäätiöjen mukaan vuosina 2010–2012 [26]

Ilmanlaatuviöhykeajattelussa ei myöskään oteta huomioon ajoneuvojakautumaa, onko kyseessä väylä, jonka ruuhkautuminen on tavanomaista suurempaa, tai onko väylällä erityisen paljon tai vähän raskasta ajoneuvoliikennettä. Ilmanlaatuviöhykkeillä ei myöskään oteta kantaa esimerkiksi liikennevaloista johtuviin jarrutus–kiihdytystapahtumiin.

9 Pohdinta

Tulevaisuuden ennustaminen on haasteellista. Suurimpina yksittäisinä muuttujina ovat ajoneuvojen päästöjen muuttuminen teknologian kehittyessä sekä ilmaston muuttuminen ja sen vaikutukset. Samalla kun päästöjä pyritään vähentämään päästölähteistä ja esimerkiksi katupölyn muodostumista ja sidontaa pyritään kehittämään positiiviseen suuntaan, myös tieto eri hiukkasten terveysvaikutuksista lisääntyy. Kokonaisvaikutusten arviointi yli kymmenen vuoden päähän on tällä tiedolla haasteellista ja sisältää paljon epävarmuustekijöitä. Siksi ilmanlaatuviöhykeajattelua ei tulisi tulkita liian tiukasti tai liian pitkälle tulevaisuuteen. Se on vain yksi tapa arvioida asumisen ja oleskelun

sijaintia sekä terveellisyys- ja turvallisuusnäkökulmia. Mikäli tulevaisuudessa päästöjen kehitys on positiivisempaa (kuva 22) ja nopeampaa kuin tällä hetkellä uskalletaan ennustaa tai liikennemäärät vähenevät ja kumipyöräliikenteen kapasiteettia ohjautuu yhä enemmän raiteille tai muihin päästöttömiin ja pölyttömiin kulkumuotoihin, voidaan väylien varsien rakennuskapasiteettia ottaa ennakoitua nopeammin käyttöön. Tällä hetkellä kuitenkin tulisi isojen väylien varsille jättää riittävästi suojaetäisyyttä asumisen ja herkien kohteiden asettumiselle, ja sijoittaa minimietäisyydelle tai sitä lähemmäs rakennuskantaa, joka ei mahdollista pitkäaikaista altistumista liikenteen aiheuttamille epäpuhtauksille.



Kuva 22. Epävarmuustekijöitä, jotka vaikuttavat tulevaisuuden tarkkaan ennustamiseen

Ilmanlaatuviyöhykkeet toimivat parhaiten avoimissa ympäristöissä, selkeästi määriteltävien liikenneväylien varrella. Katukuilut, keskustamaiset, tiiviisti rakennetut alueet ja risteysalueet tuovat omat haasteensa. Tarkasteltaessa monimutkaisia liikennetarkkaisu- ja/tai kaupunkirakennetta, joudutaan ottamaan lisäksi käyttöön muita menetelmiä joiden perusteella voidaan arvioida tuulen ja rakenteen vaikutusta. Tällöin tulee harkita sopivia mallinnusmenetelmiä ilmanlaatuilanteen arvioimiseksi. Koska kaikille tiedetyille ilman epäpuhtauksille ei ole toistaiseksi olemassa yksiselitteisiä ja hyväksi havaittuja ohje- ja raja-arvoja, on ilmanlaatuviyöhykkeiden käytölle selviä perusteita ja tarpeita.

Ilmanlaatuviöhykkeiden käyttöä ja vaikutusta kaupunkien kehittämiseen voidaan tutkia mm. siten, että sopivin väliajoin (esimerkiksi viiden vuoden välein) katsotaan, millainen kehitys viöhykkeillä on tapahtunut. Onko esimerkiksi herkkiä kohteita saatu vähennettyä huonoilta alueilta tai onko asuminen lisääntynyt minimiviöhykkeillä. Trendin kehittymisen seuraaminen voi tuoda tärkeää tietoa kaupunkien kehittämiseen ja sille, onko kaupunkien suunnittelussa saatu otettua asia riittävän hyvin esille ja sitä kautta toteutettua tavoitetta terveellisestä asuinympäristöstä [5]. Jatkossa olisi syytä pohtia, tulisiko asuminen suhteen tarkastella myös sitä, miten rakennusten ikäjakauma kehittyy tai kuinka paljon normaalin asuinrakennusten minimiviöhykkeellä asuu lapsia, vanhuksia sekä ryhmiä, jotka tulisi huomioida ilmanlaadulle herkinä kohteina. Suosituksetäisyyksiä tärkeämpää olisi arvioida rakennuskannan, eri toimintojen ja asukkaiden sijoittuminen minimiviöhykkeiden sisäpuolelle.

Ilmanlaatuviöhykkeet ovat helppo ja kustannustehokas tapa lähteä arvioimaan asumiseen tai herkkien kohteiden käyttöön soveltuvia paikkoja maankäytössä. Karkeasti voidaan vetää raja niiden kohteiden ja alueiden välille, joilla ilmanlaatu ei ole merkittävä riskitekijä, ja niiden, joiden kohdalla ilmanlaatuun tulee kiinnittää erityistä huomiota ja osoittaa paikka kenties jollekin vähemmän altistumista aiheuttavalle toiminnolle.

Lähteet

- 1 Salonen Raimo O. Ilmansaasteet nostavat verenpainetta siinä missä ylipainokin. Helsingin Sanomat 25.10.2016.
- 2 Chen Hong, Kwong Jeffery C, Copes Ray ym. 2017. Living near major roads and the incidence of dementia, Parkinson's disease, and multiple sclerosis: a population-based cohort study. The Lancet, Vol 389, No. 10070: 718–726. 18.2.2017.
- 3 Malli ilmanlaadun huomioonottamiseksi suunnittelussa. HSY 2014.
- 4 Ilmanlaatu ja siihen vaikuttavat tekijät pääkaupunkiseudulla vuosina 2006–2015. Ilmansuojelusuunnitelman taustaraportti. HSY.
- 5 Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999)
- 6 Ympäristönsuojelulaki (527/2014)
- 7 Airola Hannu, Myllynen Maria. 2015. Ilmanlaatu maankäytön suunnittelussa opas 2. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Saatavissa: www.ely.keskus.fi/julkaisut
- 8 Maantielaki (503/2005)
- 9 Terveydensuojelulaki (763/1994)
- 10 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 11 Ilmanlaadun huomioiminen maankäytön suunnittelussa. 2014. Kaupunkisuunnittelukeskus. Espoon kaupunki. Julkaisematon.
- 12 Ilmanlaatuvyöhykkeet. 2016. Verkkodokumentti. HSY. www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/ilmansuojelu/tietoakaupunkisuunnittelijoille/Sivut/Ilmanlaatuvyohykkeet.aspx. Päivitetty 21.6.2016. Luettu 14.12.2016.
- 13 Komppula Birgitta, Lovén Katja. 2012. Liikenteen päästöjen mallintaminen hypoteettisilla tieosuuksilla ja ilmanlaadun arviointi loittonevissa sarjoissa. Helsinki: Ilmatieteen laitos.
- 14 Kollanius Virpi, Lanki Timo, Taimisto Pekka ym. 2015. Ilmansaasteiden terveysriskit teiden ja katujen varsilla. Helsinki: Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä.

- 15 Ministry of Environment, British Columbia, 2014. Develop with Care 2014. Environmental Guidelines for Urban and Rural Land Development in British Columbia. < <http://www.env.gov.bc.ca/wld/documents/bmp/devwithcare/>> Luettu 21.1.2017
- 16 Kartta. Typpidioksidi. Verkkodokumentti. HSY. <www.kartta.hsy.fi>. Luettu 10.1.2017
- 17 Ilmanlaatu. Ylitykset. 2017. Verkkodokumentti. Ilmanlaatuportaali. < <http://www.ilmanlaatu.fi/ilmanytylitykset/rajaarvoylitys.php>>. Luettu 15.3.2017
- 18 Suoheimo Pirke, Grönroos Juha, Karvosenoja Niko ym. 2015. Päästökattodirektiiviehdotuksen ja keskisuurten polttolaitosten direktiiviehdotuksen toimeenpanon vaikutukset Suomessa, Suomen ympäristökeskus. Saatavissa: www.syke.fi/julkaisut
- 19 Ilmansaasteet. Komponentit. 2014. Verkkodokumentti. Ilmanlaatuportaali. <<http://www.ilmanlaatu.fi/ilmansaasteet/komponentit/no2.html>>. Luettu 15.12.2016
- 20 Keilaniemen alueen ilmanlaatumallinnus 23.11.2011. Ilmatieteen laitos.
- 21 Isoniemi Pekka (toim). 2013. Kitkarenkaiden käytöllä parempaa ilmanlaatua – liikenneturvallisuudesta tinkimättä. NASTA-tutkimusohjelman 2011–2013 loppuraportti. Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisut 4
- 22 Yleistä. 2017. Verkkodokumentti. HSY. <www.hsy.fi>. 16.1.2017.
- 23 Paikkatieto. Kartta. Verkkodokumentti. <www.paikkatietoikkuna.fi>. Luettu 16.1.2017.
- 24 HSY:n ilmanlaatuviyöhykkeet Espoossa ja Kauniaisissa. 2015. Espoon kaupunkisuunnittelukeskus.
- 25 Helsinki-Vantaan tuntisätiedot. 2013. Ilmatieteen laitos.
- 26 Ilmanlaatu. Indeksit. 2017. Verkkodokumentti. Ilmanlaatuportaali. <<http://www.ilmanlaatu.fi/ilmansaasteet/indexi/indexi.php>>. Luettu 15.3.2017
- 27 SLB-analys 2013. Vertikal variation av luftföroreningshalter i ett dubbelsidigt gatuum – uppmätta halter av kväveoxider vid Sveavägen, Stockholm. SLB analys, Miljöförvaltningen i Stockholm, SLB 11:2013.