



Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 12/2008



Helsingin kaupungin ilmansuojelun toimintaohjelma 2008–2016

Terveys- ja ympäristövaikutusten arviointi

Jari Viinanen ja Eeva Pitkänen (toim.)

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 12/2008

Jari Viinanen ja Eeva Pitkänen (toim.)

Helsingin kaupungin ilmansuojelun toimintaohjelma 2008–2016

Terveys- ja ympäristövaikutusten arviointi

Helsingin kaupungin ympäristökeskus
Helsinki 2008

Kannen kuva: © Jari Viinanen

ISSN 1235-9718
ISBN 978-952-223-198-7
ISBN (PDF) 978-952-223-199-4

Painopaikka: Kopio Niini Oy
Helsinki 2008

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	2
Sammandrag	3
1 Johdanto.....	4
2 Vaikutukset terveyteen.....	5
2.1 Altistuminen ilman epäpuhtauksille.....	5
2.2 Ilman epäpuhtauksien terveyshaitat	6
3 Vaikutukset ilmanlaatuun	9
3.1 Yleinen ilmanlaatutilanne, eri päästölähteiden vaikutus	9
3.2 Liikenteen päästöjen vaikutukset.....	12
3.2.1 Katukuilut, nykytilanne	14
4 Katupöly	18
4.1 Katupölyä torjuvien toimenpiteiden vaikutusarvioinnit	19
4.1.1 Yhteistyö ja tutkimus.....	20
4.1.2 Rakentaminen.....	22
4.1.3 Kalusto	25
4.1.4 Talvikunnossapito, liukkaudentorjunta, hiekoitus ja suolaus.....	29
4.1.5 Kevätpuhdistus ja pesu.....	38
4.1.6 Valistus ja koulutus	41
4.1.7 Liikenteen rajoitukset.....	41
4.2 Arvio strategisesti tärkeistä toimenpidekokonaisuuksista.....	42
4.3 Ovatko esitetyt katupölyn toimenpiteet riittäviä ohjelman tavoitteisiin nähden?.....	43
5 Muut ympäristövaikutukset (hiilidioksidi, melu).....	47
5.1 Hiilidioksidi	47
5.2 Melu	47

Tiivistelmä

Terveys- ja ympäristövaikutusten arviointi liittyy Helsingin kaupungin ilmansuojelun toimintaohjelmaan, joka on laadittu vuosille 2008–2016 eli kahdelle valtuustokaudelle. Ohjelma sisältää toimenpiteitä raja-arvot ylittäneiden typpidioksidi (NO_2) ja hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuuksien alentamiseksi. Lisäksi ohjelmaan on otettu pienhiukkaset $\text{PM}_{2,5}$, niiden haitallisten terveysvaikutusten vuoksi. Ohjelmassa esitetyt toimet vähentävät yleensä myös muista ilman epäpuhtauksista. Lisäksi toimenpiteillä on vaikutusta meluun sekä hiilidioksidipäästöihin.

Helsingin kaupunki laati ilmansuojelun toimintaohjelmaa vuosina 2007–2008. Virkamiesvalmistelun aikaan syksyllä 2007 teetettiin valmisteluvaiheessa oleville toimenpiteille vaikutusten arviointi. Ne lisättiin ohjelmaan ja mahdollisuuksien mukaan kullekin toimenpiteelle. Ohjelmaluonnoksessa esitettiin 41 toimenpidettä ilmanlaadun parantamiseksi. Lausuntokierroksen jälkeen ohjelmaan lisättiin kaksi uutta toimenpidettä, joista pyydettiin erilliset arvioinnit asiantuntijoina toimivilta tahoilta kesällä 2008. Kaupunginhallitus on hyväksynyt toimintaohjelman 19.5.2008.

Tähän terveys- ja ympäristövaikutusten yhteenvetoon on koottu tiedot ohjelman toimenpiteiden terveysvaikutusten, ilmanlaatuvaikutusten (typpidioksidi, hiukkaset) ja muiden ympäristövaikutusten (hiilidioksidi, melu) arviointiperusteista.

Terveysvaikutuksista on esitetty yleinen asiantuntija-arvio. Ilmansuojeluohjelman eri toimenpiteiden yksityiskohtaiset terveysvaikutusarviot ovat kussakin ilmansuojeluohjelman eri toimenpidekohdassa.

Ilmanlaatuvaikutuksissa on tarkasteltu kaupunki-ilman typpidioksidipitoisuuksia ja hiukkasia. Arviot typpidioksidi- ja hiukkaspitoisuuksista perustuvat päästölaskelmiin sekä alueellisiin leviämismalleihin että tässä raportissa esitettyihin katukuiluille laskettuihin leviämismallinnuksiin. Katukuilujen mallilaskelmia on tehty sekä nykyliikenteelle että erilaisille tulevaisuuden skenaarioille, joissa ajoneuvomäärät, -jakaumat ja -tekniikat sekä käytössä olevat polttoaineet vaihtelevat. Katupölyvaikutusten arviointi on tässä yhteenvedossa esitetty kokonaisuudessaan, ja ilmansuojeluohjelmaan on poimittu siitä toimenpiteittäin lyhennelmät.

Muita tarkasteltuja ympäristövaikutuksia ovat vaikutukset ilmastonmuutosta aiheuttavaan hiilidioksidipäästöihin ja meluun.

Sammandrag

Utvärderingen av hälso- och miljöeffekter sammanhänger med Helsingfors stads verksamhetsprogram för luftvård som utarbetats för åren 2008-2016, d.v.s. för två fullmäktigeperioder. Programmet innefattar åtgärder för att minska halterna av kvävedioxid (NO_2) och inandade partiklar (PM_{10}) som överskrider gränsvärdena. Dessutom har små partiklar, $\text{PM}_{2,5}$, inkluderats i programmet på grund av deras skadliga hälsoeffekter. De åtgärder som presenteras i programmet minskar ofta också andra luftföroreningar. Dessutom har åtgärderna en inverkan på bullernivån och koldioxidutsläppen.

Helsingfors stad sammanställde ett verksamhetsprogram för luftvård under 2007-2008. Under tjänstemannaberedningen hösten 2007 gjordes en utvärdering av effekterna av de åtgärder som förbereddes. De inkluderades i programmet och i mån av möjlighet för varje åtgärd. I programutkastet presenterades 41 åtgärder för att förbättra luftkvaliteten. Efter remissförfarandet lades två nya åtgärder till programmet, för vilka separata expertutvärderingar efterfrågades på sommaren 2008. Stadsstyrelsen godkände verksamhetsprogrammet 19.5.2008.

I det här sammandraget av hälso- och miljöeffekter har information om programåtgärdernas hälsoeffekter, effekter på luftkvaliteten (kvävedioxid, partiklar) och övriga miljöeffekter (koldioxid, buller) sammanställts på basis av utvärderingar.

För hälsoeffekterna presenteras en allmän expertbedömning. De individuella utvärderingarna av hälsoeffekter för de olika åtgärderna i luftvårdsprogrammet finns under beskrivningen av varje åtgärd i luftvårdsprogrammet.

När det gäller effekterna på luftkvaliteten har stadsluftens kvävedioxidhalter och partiklar granskats. Uppskattningarna av kvävedioxid- och partikelhalterna är baserade på utsläppsberäkningar, såväl på lokala spridningsmodeller som på de spridningsmodeller för gatuschakt som presenteras i den här rapporten. Modellberäkningarna för gatuschakt har gjorts både för den nuvarande trafiken och för olika framtida scenarier, där fordonens antal, fördelning och teknik och de bränslen som används varierar. Utvärderingen av gatudammets effekter presenteras i det här sammandraget i sin helhet och i luftvårdsprogrammet har förkortade versioner av dessa effekter inkluderats per åtgärd.

Övriga granskade miljöeffekter är effekterna på koldioxidutsläpp som ligger bakom klimatförändringen samt bullereffekterna.

1 Johdanto

Vaikutusten arviointi tehtiin syksyllä 2007 kun Helsingin kaupunki oli laatimassa ilmansuojelun toimintaohjelmaa 2008–2016. Siinä vaiheessa esitettiin 41 toimenpidettä ilmanlaadun parantamiseksi. Lausuntokierroksen jälkeen ohjelmaan lisättiin kaksi uutta toimenpidettä.

Tähän yhteenvedoon on koottu tiedot ohjelman toimenpiteiden terveysvaikutusten, ilmanlaatuvaikutusten (typpidioksidi, katupöly) ja muiden ympäristövaikutusten (hiilidioksidi, melu) arviointiperusteista.

Terveysvaikutuksista laadittu yleinen asiantuntija-arvio esitetään kappaleessa 2. Ilmansuojeluohjelman eri toimenpiteiden yksityiskohtaiset terveysvaikutusarviot on esitetty ilmansuojeluohjelman kussakin toimenpidetiedossa. Terveysvaikutusten arvioinnin on tehnyt LT, dosentti Raimo O. Salonen Kansanterveyslaitokselta. Terveysvaikutusarviointiin liittyvistä altistumisarvioinneista on vastannut Anu Kousa YTV:ltä.

Ilmanlaatuvaikutuksissa (kappale 3) on tarkasteltu kaupunki-ilman typpidioksidipitoisuuksia ja katupölyä. Arviot toimenpiteiden vaikutuksista typpidioksidipitoisuuksiin on laadittu Helsingin kaupungin ympäristökeskuksessa, ja niistä on vastannut ympäristötarkastaja Jari Viinanen. Arviot perustuvat sekä alueellisiin leviämismalleihin että katukuiluille laskettuihin leviämismallinnoksiin, jotka on laatinut Ilmatieteen laitos. YTV on tuottanut yhdessä Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen kanssa laskennoissa käytetyt liikenteen päästölaskelmat, jotka sisältävät myös hiilidioksidi- ja hiukkaspäästöjen muutosten arvioinnissa käytetyt tiedot. Katukuilujen mallilaskelmia on tehty sekä nykyliikenteelle että erilaisille tulevaisuuden skenaarioille, joissa ajoneuvomäärät, -jakaumat ja -tekniikat sekä käytössä olevat polttoaineet vaihtelevat.

Ilmanlaatuvaikutuksiin sisältyvien katupölyvaikutusten arviointi on tässä yhteenvedossa esitetty kokonaisuudessaan, ja ilmansuojeluohjelmaluonnokseen on poimittu siitä toimenpiteittäin lyhennelmät. Katupölyä torjuvien toimenpiteiden ilmanlaatuvaikutuksia ja tehokkuutta ovat arvioineet FT, dosentti Heikki Tervahattu ja FT Kaarle Kupiainen Nordic Envicon Oy:stä. Näitä vaikutusarvioita on käytetty hyväksi myös terveysvaikutuksia arvioitaessa ja toimenpiteitä priorisoitaessa.

Muita ohjelmassa tarkasteltuja ympäristövaikutuksia (kappale 6) ovat vaikutukset ilmastomuutosta aiheuttaviin hiilidioksidipäästöihin ja meluun.

2 Vaikutukset terveyteen

Päästötietojen ja ilmanlaatuvaikutusten perusteella tehdyt sanalliset arviot toimenpiteiden vaikutuksista väestön altistumiseen ja terveyteen perustuvat Kansanterveyslaitoksen viimeaikaisiin tutkimuksiin pääkaupunkiseudulla. Näiden tutkimusten tuloksia on kuvattu Pääkaupunkiseudun ilmansuojeluohjelmien taustatiedot -raportissa (YTV 2008).

Toimenpiteiden tuottamaa vähentymistä väestön altistumisessa ilmansaasteille on arvioitu mahdollisuuksien mukaan kolmiportaisella luokituksella: hieman, selvästi tai hyvin merkittävästi. Kunkin toimenpiteen arvioidut terveysvaikutukset on esitelty ilmansuojeluohjelmaluonnoksessa.

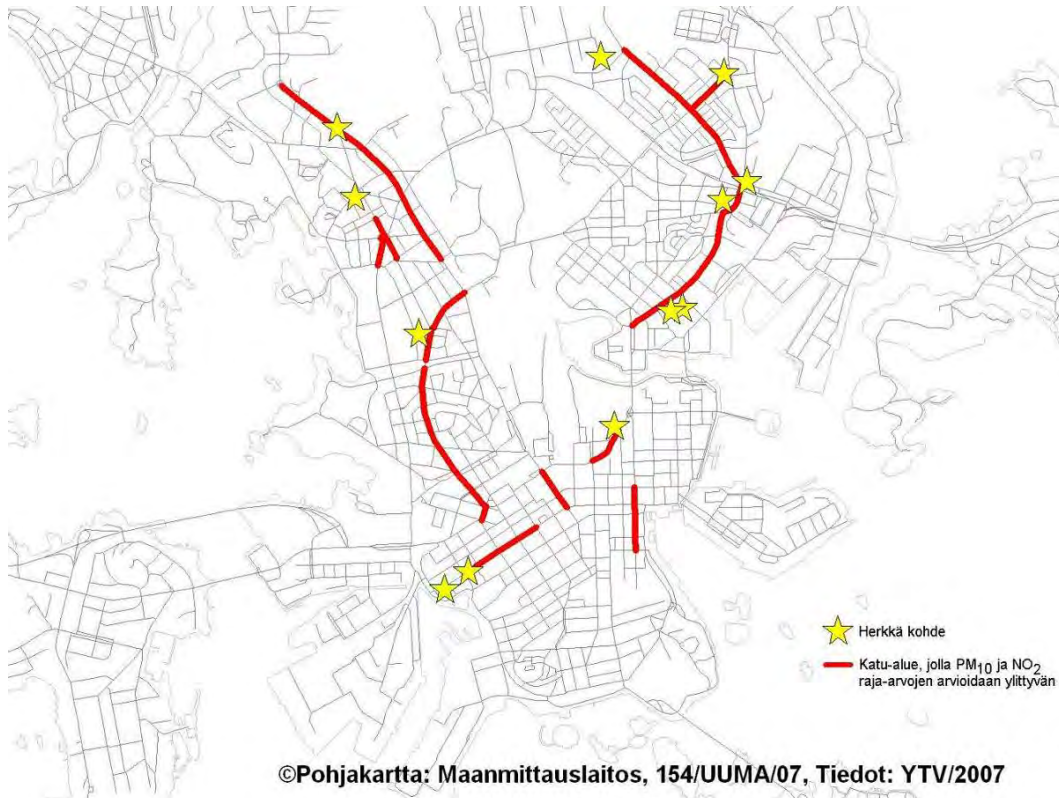
Terveyden kannalta tärkeimpiä ilmansaasteita ovat liikenteestä, puun pienpoltosta ja muista polttolähteistä peräisin olevat pienhiukkaset. Otsoni ja katupölyn karkeat hengitettävät hiukkaset lisäävät lähinnä hengityssairaiden oireita ja voivat jossain määrin lisätä heidän sairaalakäyntejään, mutta niillä on vähän tai ei ollenkaan vaikutusta väestössä esiintyvään kuolleisuuteen. Typpidioksidi ja hiilimonoksidi kuvastavat suurella todennäköisyydellä epäsuorasti liikenneperäisiä pienhiukkaskoostumuksia ja ultrapieniä hiukkasia, eivätkä niinkään itse aiheuta nykypitoisuuksissa merkittäviä terveyshaittoja.

Näin ollen polttoperäisille pienhiukkaskoostumuksille altistumisen vähentyessä, esim. liikennemäärien pienentymisen tai ajoneuvojen ja pientulisijojen yksikköpäästöjen pienentymisen ansiosta, tulevat sekä hengitys- että sydänsairaiden oireet, sairaalahoidot ja ennenaikainen kuolleisuus pienentymään. Katupölyn karkeille hengitettäville hiukkasille altistumisen vähentyessä, esim. liikennemäärien pienentymisen tai tehostuneen hiekanpoiston ansiosta, tulevat hengityssairaiden oireet ja sairaalahoidot pienentymään.

2.1 Altistuminen ilman epäpuhtauksille

Kuvassa 1 on esitetty Helsingin kaupungin alueella olevat katukuilut, joissa sekä typpidioksidin vuosiraja-arvon että hiukkasten vuorokausiraja-arvon arvioidaan ylittyvän. Niiden varrella asuu vuoden 2006 väestötietojen perusteella noin 19 000 asukasta. Suurin ikäryhmä ovat 21–64-vuotiaat. Heitä asuu alueella noin 14 400 eli noin 76 % asukasmäärästä. Alle kouluikäisten osuus asukkaista on noin 3 % ja 7–20-vuotiaiden osuus noin 8 %. Yli 64-vuotiaita asuu alueella noin 2 500 eli noin 13 % asukasmäärästä. Työpaikkoja ylityskatualueilla on 20 000. Työpaikkatiedot ovat vuodelta 2005.

Katukuilujen läheisyydessä sijaitsee 13 ns. herkkää kohdetta, joissa oleskelevat ovat muuta väestöä alttiimpia mm. ilman epäpuhtauksien haittavaikutuksille. Näistä viisi on päiväkotia, kolme leikki- ja asukaspuistoa, kolme peruskoulua sekä kaksi vanhainkoteja. Kohteet sijaitsevat vähintään korttelin etäisyydellä ylityskaduista.



Kuva 1. Herkät kohteet (tähti) Helsingin katukuilujen lähistöllä. Punaisella on merkitty katukuilut, joissa NO_2 - ja PM_{10} -raja-arvojen arvioidaan ylittyvän.

2.2 Ilman epäpuhtauksien terveyshaitat

Kansanterveyslaitos on tehnyt 1990-luvun puolivälin jälkeen pääkaupunkiseudulla lukuisia väestötutkimuksia kaupunki-ilman epäpuhtauksien ja väestön terveyden välisistä yhteyksistä.

Niissä ovat olleet kohderyhminä pitkäaikaista hengityssairautta sairastavat aikuiset ja lapset sekä pitkäaikaisia sydän- ja verisuonisairauksia sairastavat aikuiset. Monissa näistä tutkimuksista Helsinki on ollut yksi useammasta eurooppalaisesta kohdekaupungista.

Hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) päivittäisen pitoisuusvaihtelun on todettu olevan yhteydessä pääkaupunkiseudun väestössä esiintyvään hengityssairauskuolleisuuteen. Samassa tutkimuksessa on havaittu myös lämpimän vuodenajan kohonneiden otsonipitoisuuksien olevan yhteydessä kokonaiskuolleisuuteen ja hengityssairauksista aiheutuvaan kuolleisuuteen (Penttinen ym. 2004). Pienhiukkasten massapitoisuuden ($\text{PM}_{2.5}$) ja ns. ultrapienien hiukkasten (halkaisija $\leq 0.1 \mu\text{m}$) lukumääräpitoisuuden päivittäisen vaihtelun on puolestaan todettu olevan yhteydessä sydän- ja aivoinfarktikuoolleisuuteen etenkin lämpimänä vuodenaikana (Lanki ym. 2006a; Kettunen ym. 2007).

Pienhiukkasten, karkeiden hengitettävien hiukkasten ($\text{PM}_{10-2.5}$), typpidioksidin, hiilimonoksidin ja liikenneperäisiksi mallinnettujen pienhiukkasten päivittäisten pitoisuuksien vaihtelut ovat olleet yhteydessä sellaisiin lasten ja aikuisten hengityssairauskohtauksiin, jotka ovat vaatineet sairaalan päivystyspoliklinikalla annet-

tavaa hoitoa (Halonen ym., lähetetty julkaistavaksi). Ultrapienten hiukkasten ja hiilimonoksidin pitoisuudet ovat olleet yhteydessä myös sydäninfarktien esiintymiseen (Lanki ym. 2006a).

Pienhiukkasten massapitoisuuden ja sen liikenneperäisen osuuden, sekä ultrapienten hiukkasten lukumääräpitoisuuden päivittäisen vaihtelun on todettu olevan yhteydessä sepelvaltimotautia sairastavilla henkilöillä ilmenevään sydänlihaksen hapenpuutteeseen fyysisessä rasituksessa (Pekkanen ym. 2002, Lanki ym. 2006b) sekä sydämen sykkeen hermostolliseen säätelyyn (Timonen ym. 2006). Paikallisista polttolähteistä peräisin olevien pienhiukkasten päivittäisen vaihtelun on todettu olevan yhteydessä astmaa sairastavien aikuisten keuhkojen toimintaan (Penttinen ym. 2006).

Keskeisenä tekijänä terveyshaittojen esiintymisessä pidetään hiukkasten tulehdusaktiivisuutta. Helsingissä katupölyaikaan kerättyjen pienhiukkasten tulehdusaktiivisuus on ollut pienempi kuin vastaavana aikana Välimeren kaupungeissa kerättyjen pienhiukkasten, mikä saattaa ainakin osittain johtua auringonvalon heikommasta säteilyvaikutuksesta polttoperäisiin orgaanisiin yhdisteisiin (Jalava ym. 2007; Happonen ym. 2007).

Myös karkeiden hengitettävien hiukkasten tulehdusaktiivisuudessa on havaittu samansuuntaisia eroja kuin pienhiukkasissa Helsingin ja Välimeren kaupunkien välillä. Näissä hiukkasissa saattaa olla terveyden kannalta merkittäviä eroja sekä mineraalikoostumuksessa että biologisessa materiaalissa Euroopan eri osien välillä. Helsingissä kerätyissä hengitettävissä hiukkasissa on havaittu kevätkaudella kohonnutta tulehdusaktiivisuutta talvikauden hiukkasnäytteisiin verrattuna. Tämän eron on epäilty johtuvan suuremmasta maaperän mikrobikomponenttien vaikutuksesta hiukkaskoostumukseen keväällä (Salonen ym. 2004).

Yhteenvetona voidaan todeta, että pääkaupunkiseudulla tehdyissä terveysvaikutustutkimuksissa on havaittu samanlainen terveyshaittojen kirjo kuin saastuneemmissa eurooppalaisissa kaupungeissa. Terveyden kannalta tärkeimpiä ilmansaasteita ovat liikenteestä, puun pienpoltosta ja muista polttolähteistä peräisin olevat pienhiukkaset. Otsoni ja karkeat hengitettävät hiukkaset lisäävät lähinnä hengityssairaiden oireita ja voivat jossain määrin lisätä heidän sairaalakäyntjään, mutta niillä on vähän tai ei ollenkaan vaikutusta väestössä esiintyvään kuolleisuuteen. Typpidioksidi ja hiilimonoksidi kuvastavat suurella todennäköisyydellä epäsuorasti liikenneperäisiä pienhiukkaskoostumuksia ja ultrapieniä hiukkasia, eivätkä niinkään itse aiheuta nykypitoisuuksissa merkittäviä terveyshaittoja.

Pääkaupunkiseudun ilmanlaadulle on tyypillistä suhteellisen matala pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten vuosipitoisuus, mutta lyhyemmillä ajanjaksoilla esiintyy paljon korkeampia pitoisuuksia ns. ilmansaaste-episodien aikana. Näitä episodeja aiheuttavat muun muassa liikenteestä ja puun pienpoltosta epätäydellisen palamisen seurauksena syntyvät pienhiukkaset heikkotuulisina päivinä sekä keväisin ja elo-syyskuussa rajojemme takaa tulevien metsä- ja maastopalojen savujen pienhiukkaset. Väestön parhaiten havaitsemia episodeja ovat liikenneympäristöjen keväiset katupölyjaksot, joiden vaikutus heijastuu eniten karkeiden ja kaikkien hengitettävien hiukkasten pitoisuuksiin. Lisää tutkimusta pitäisi tehdä erityisesti puun pienpoltton sekä metsä- ja maastopalojen savujen pienhiukkasten vaikutuksista hengitys- ja sydänsairaiden terveyteen. Suomessa ei ole myöskään tehty tutkimusta pitkäaikaiseen pienhiukkasaltistumiseen liittyvistä terveysvaikutuksista.

Viitteet:

Halonen, J.I., Lanki, T., Yli-Tuomi, T., Kulmala, M., Tiittanen, P., Pekkanen, J. Urban air pollution and asthma and COPD hospital emergency room visits. Käsikirjoitus lähetetty julkaistavaksi.

Happo, M.S., Salonen, R.O., Hälinen, A.I., Jalava, P.I., Pennanen, A.S., Kosma, V.M., Sillanpää, M., Hillamo, R., Brunekreef, B., Katsouyanni, K., Sunyer, J., Hirvonen, M.-R. Dose- and time dependency of inflammatory responses in the mouse lung to urban air coarse, fine and ultrafine particles from six European cities. *Inhal. Toxicol.* 2007;19: 227–246.

Jalava, P.I., Salonen, R.O., Pennanen, A.S., Sillanpää, M., Hälinen, A.I., Happo, M.S., Hillamo, R., Brunekreef, B., Katsouyanni, K., Sunyer, J., Hirvonen, M.-R. Heterogeneities in inflammatory and cytotoxic responses of RAW 264.7 macrophage cell line to urban air coarse, fine and ultrafine particles from six European sampling campaigns. *Inhal. Toxicol.* 2007;19:213–225.

Kettunen, J., Lanki, T., Tiittanen, P., Aalto, P.P., Koskentalo, T., Kulmala, M., Salomaa, V., Pekkanen, J. Associations of fine and ultrafine particulate air pollution with stroke mortality in an area of low air pollution levels. *Stroke* 2007;38:918–922.

Lanki, T., Pekkanen, J., Aalto, P., Elosua, R., Berglind, N., D'Ippoliti, D., Kulmala, M., Nyberg, F., Peters, A., Picciotto, S., Salomaa, V., Sunyer, J., Tiittanen, P., von Klot, S., Forastiere, F., for the HEAPSS study group. Associations of traffic related air pollutants with hospitalisation for first acute myocardial infarction. The HEAPSS study. *Occup. Environ. Med.* 2006a;63:844–851.

Lanki, T., de Hartog, J.J., Heinrich, J., Hoek, G., Janssen, N.A.H., Peters, A., Stölzel, M., Timonen, K.L., Vallius, M., Vanninen, E., Pekkanen, J.,. Can we identify sources of fine particles responsible for exercise-induced ischemia on days with elevated air pollution? The ULTRA study. *Environ. Health Perspect.* 2006b;114(5):655–660.

Pekkanen, J., Peters, A., Hoek, G., Tiittanen, P., Brunekreef, P., de Hartog, J., Heinrich, J., Ibaldo-Mulli, A., Kreyling, W.G., Lanki, T., Timonen, K.L. Particulate air pollution and risk of ST-segment depression during repeated submaximal exercise tests among subjects with coronary heart disease. The exposure and risk assessment for fine and ultrafine particles in ambient air (ULTRA) study. *Circulation* 2002;20:933–938.

Penttinen, P., Tiittanen P., Pekkanen J. Mortality and air pollution in metropolitan Helsinki, 1988-1996. *Scand. J. Work Environ. Health* 2004;30(suppl. 2):19–27.

Penttinen, P., Vallius, M., Tiittanen, P., Ruuskanen, J., Pekkanen, J. Source-specific fine particles in urban air and respiratory function among adult asthmatics. *Inhal. Toxicol.* 2006;18:191–198.

Salonen R.O., Hälinen, A.I., Pennanen, A.S., Hirvonen, M.-R., Sillanpää, M., Hillamo, R., Shi, T., Borm, P., Sandell, E., Koskentalo, T., Aarnio, P. Chemical and *in vitro* toxicologic characterization of wintertime and springtime urban-air particles with an aerodynamic diameter below 10 µm in Helsinki. *Scand. J. Work Environ. Health* 2004;30(suppl 2):80–90.

Timonen, K.L., Vanninen, E., de Hartog, J., Ibaldo-Mulli, A., Brunekreef, B., Gold, D.R., Heinrich, J., Hoek, G., Lanki, T., Peters, A., Tarkiainen, T., Tiittanen, P., Kreyling, W., Pekkanen, J. Effects of ultrafine and fine particulate and gaseous air pollution on cardiac autonomic control in subjects with coronary artery disease. The ULTRA study. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* 2006;16:332–341.

YTV. Ilmanlaatu ja siihen vaikuttavat tekijät pääkaupunkiseudulla. Ilmansuojelun toimintaohjelmien taustatiedot. YTV:n julkaisuja 11/2008. 75 s. + 6 liitettä.

3 Vaikutukset ilmanlaatuun

Liikenteen toimenpiteiden arviointiin on käytetty sekä alueellisia, eri päästölähteet huomioivia typpidioksidin ja pienhiukkasten leviämismallinnoksia että liikennepäästöjen typpidioksidimallinnoksia katukuiluille. Katukuilulaskentojen lähtötietoina on käytetty päästölaskelmia nykytilanteessa ja erilaisissa skenaarioissa, joissa liikennemäärät ja -jakaumat sekä ajoneuvotekniikat ja polttoaineet vaihtelevat. Skenaariot on laadittu Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen ja YTV:n yhteistyönä. Päästölaskelmissa ovat mukana myös vaikutusten arvioinnissa käytetyt hiukkasten ja hiilidioksidin päästöt.

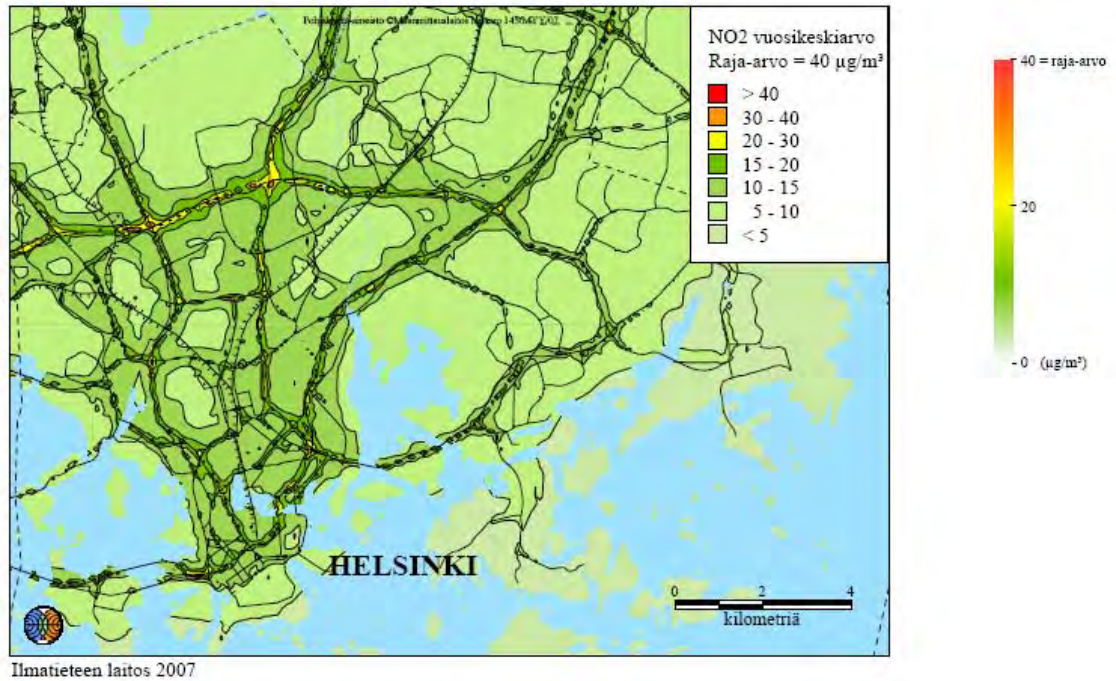
Kunkin toimenpiteen ilmanlaatuvaikutukset on ohjelmaluonnoksessa arvioitu sanallisesti. Arviossa on kerrottu myös, syntyvätkö vaikutukset lyhyellä, keskipitkällä vai pitkällä aikavälillä.

Laaditut päästölaskelmien ja mallinnosten tulokset ovat suuntaa antavia. Laskelmia on tehty erilaisille katualueille erilaisin ajoneuvojakaumin. Nämä alustavat skenaariotarkastelut kattavat vain joitakin rajattuja esimerkkejä ajoneuvokaluksissa ja liikennemäärissä tapahtuvista mahdollisista muutoksista. Niissä on esimerkiksi vähennetty henkilöautojen osuutta, mutta ei ole lisätty samalla bussien määrää. Mahdollisissa jatkotarkasteluissa skenaarioita täytyy tarkentaa ja niiden määrää lisätä.

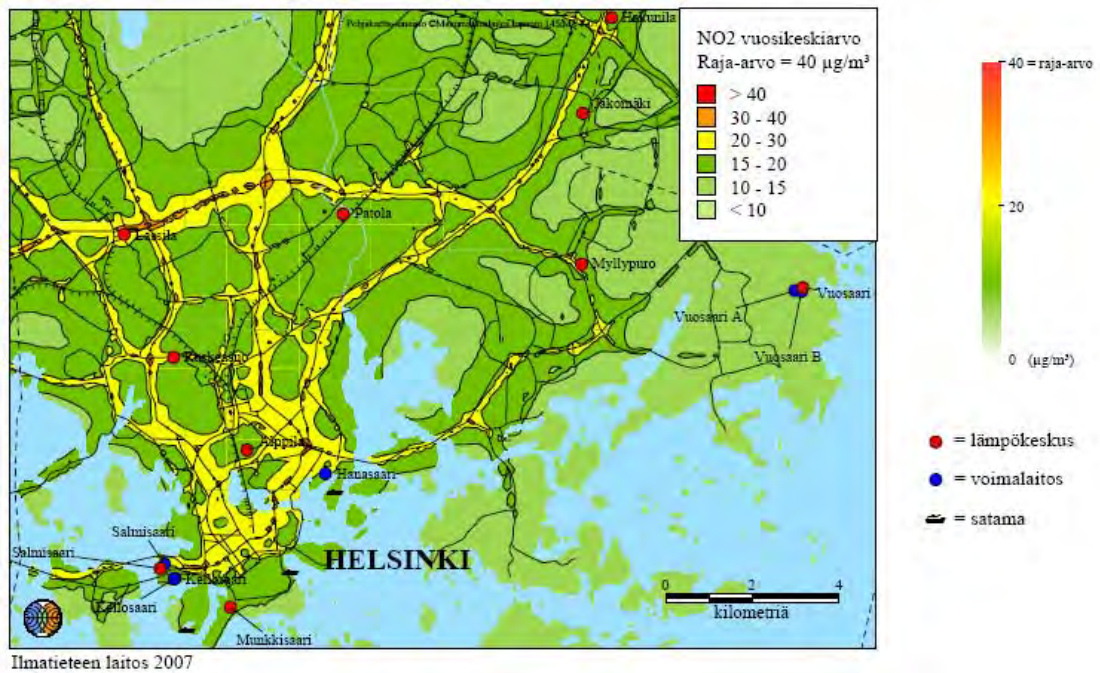
Toimenpiteet, joiden ilmanlaatuvaikutuksia ei ole voitu arvioida katukuilumallien, päästölaskelmien tai katupölyarvioiden perusteella, on arvioitu yleisemmällä tasolla.

3.1 Yleinen ilmanlaatutilanne, eri päästölähteiden vaikutus

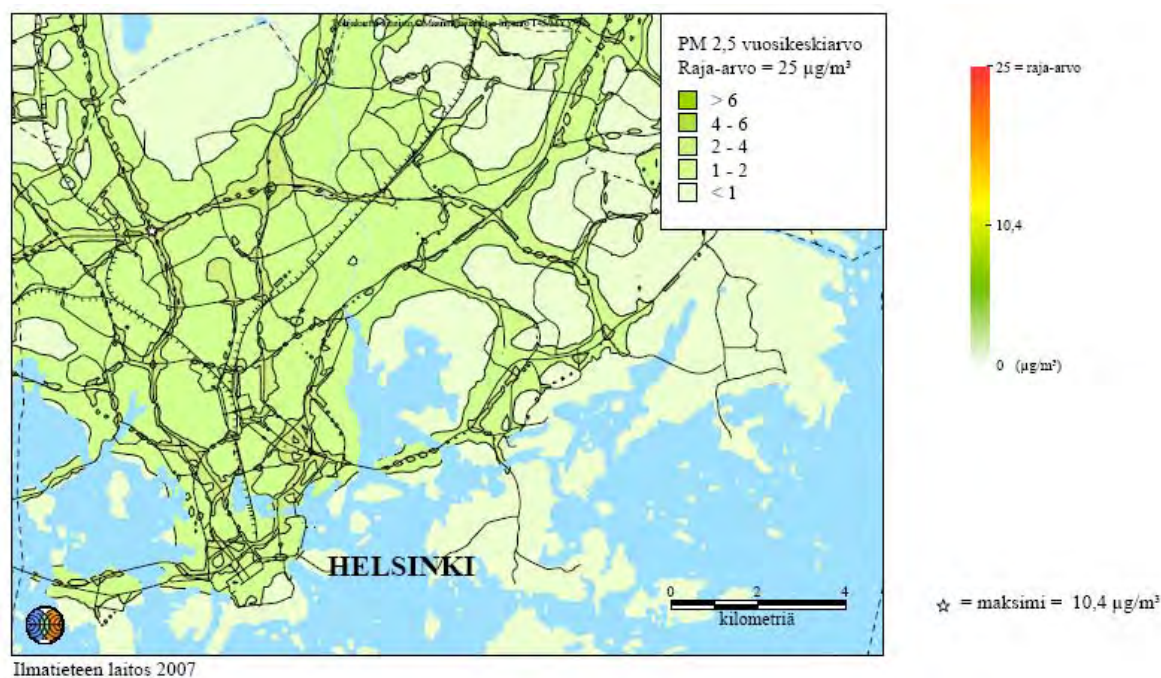
Helsingin yleinen ilmanlaatu ja siihen vaikuttavat eri päästölähteet ilmenevät seuraavista vuoden 2005 ilmanlaatutilannetta kuvaavista typpidioksidin ja pienhiukkasten leviämismallikartoista. Liikenne vaikuttaa ilmanlaatuun eniten vilkkaiden katujen ja väylien varsilla ja on siten merkittävin ilmanlaatua heikentävä tekijä asukkaiden altistumisen kannalta. Energiantuotanto ja lentoliikenne nostavat päästöillään epäpuhtauksien taustapitoisuuksia tasaisemmin. Satama- ja laivaliikenteen päästöillä on eniten vaikutusta kohteiden lähiympäristön ilmanlaatuun. Seuraavat kuvat ovat pääkaupunkiseudun leviämismalliselvityksestä, jossa on esitetty eri päästölähteiden vaikutukset vuoden 2005 pitoisuuksiin. Pitkän ajan ennusteita ei ole esitetty tulevaisuuden päästökertoimiin sisältyvien suurten epävarmuuksien vuoksi.



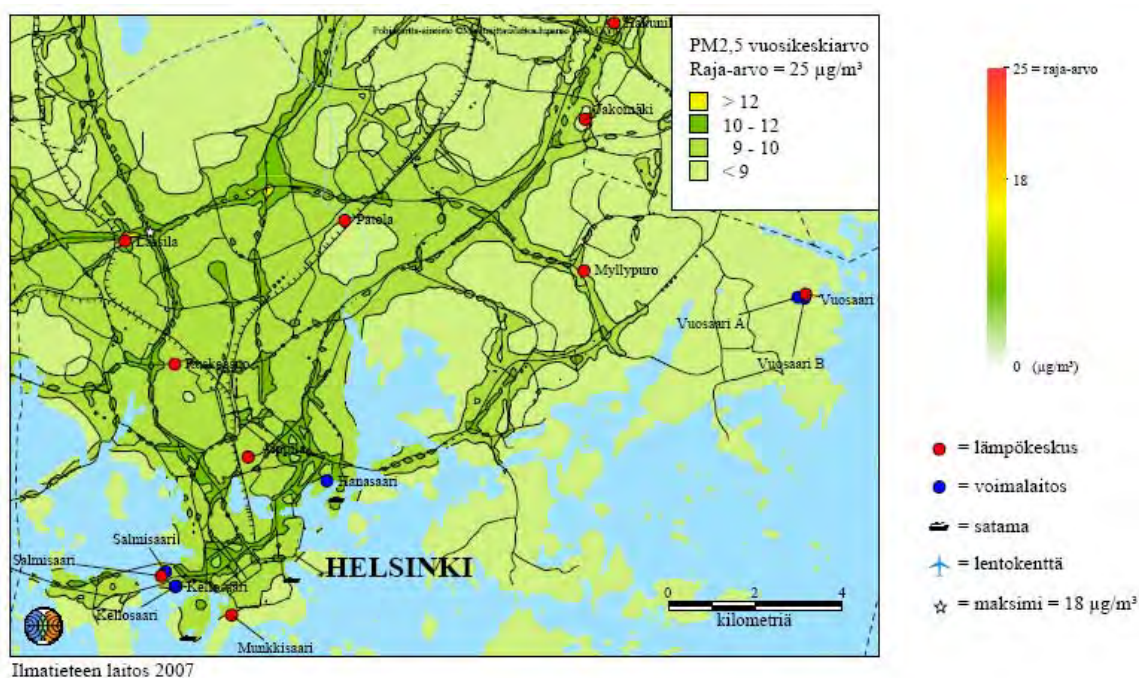
Kuva 2. Autoliikenteen päästöjen aiheuttama typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Kuva 3. Energiantuotannon, satamatoiminnan, laivaliikenteen, lentoliikenteen ja autoliikenteen päästöjen sekä alueellisen taustapitoisuuden aiheuttama typpidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vuonna 2005 Helsingissä.



Kuva 4. Autoliikenteen päästöjen aiheuttama pienhiukkaspitoisuuden vuosikeskiarvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vuonna 2005 Helsingissä.



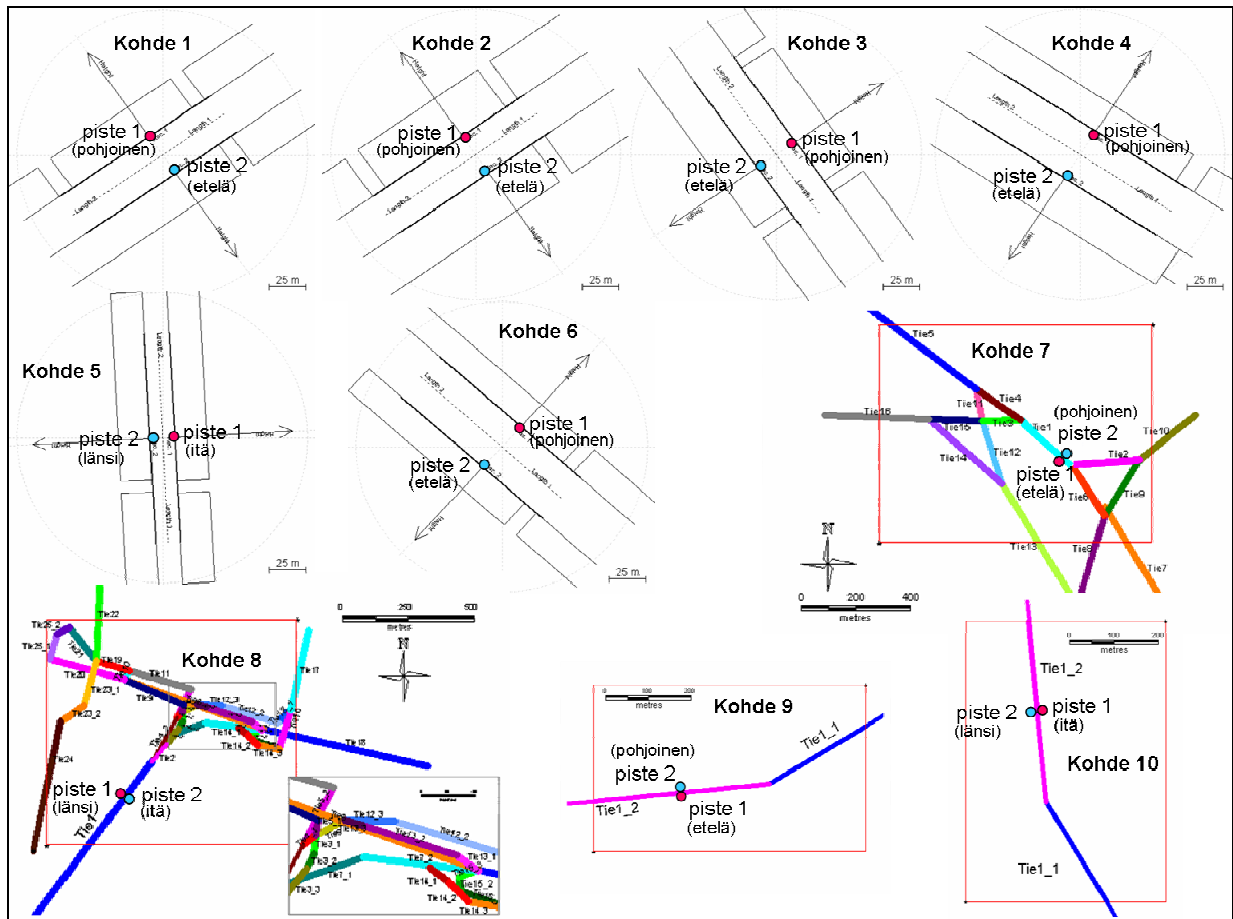
Kuva 5. Energiantuotannon, satamatoiminnan, laivaliikenteen ja autoliikenteen päästöjen ja alueellisen taustapitoisuuden aiheuttama pienhiukkaspitoisuuden vuosikeskiarvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) vuonna 2005 Helsingissä.

3.2 Liikenteen päästöjen vaikutukset

Liikenteen leviämislaskelmien tavoitteena oli arvioida typpidioksidille (NO_2) asetettujen ilmanlaatu tavoitteiden toteutumismahdollisuuksia.

Laskentamalleina käytettiin avoimen väylän mallitukseen tarkoitettua CAR-FMI (Contaminants in the Air from a Road) -mallia ja katukuilujen mallitukseen OSPM (The Operational Street Pollution Model) -mallia. Työssä laskettiin typpidioksidin (NO_2) ja typen oksidien (NO_x) pitoisuudet. Tulosten tarkastelussa painotettiin raja-arvoihin verrannollisten pitoisuuksien tarkastelua. Tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että mallit aliarvioivat pitoisuuksia mitattuihin verrattuna tutkituissa tapauksissa noin 20–25 %.

Mallinnettavia kohteita oli yhteensä 10 kappaletta. Kohteet 1–6 olivat katukuilu- maisia ympäristöjä ja kohteet 7–10 avoimia ympäristöjä. Katukuilujen mittasuhteina ja liikennemäärinä käytettiin tietoja Helsingissä esiintyvistä katu ympäristöistä. Laskentapisteen nimet eri puolilla katua ovat piste 1 ja piste 2.



Kuva 6. Mallinnetut kohteet.

Seuraavissa taulukoissa on esitetty katukuilukohteiden ja avoimen ympäristön kohteiden laskentamalleissa huomioitua ominaisuuksia. Katukuilukohteissa NO₂-pitoisuudet laskettiin rakennuksen seinämän viereen kummallekin puolelle katua 4 ja 10 metrin korkeudelle sekä kattokorkeudelle. Laskuissa käytettiin vuosien 2004 ja 2005 meteorologiaa ja taustapitoisuustietoja. Nämä vuodet valittiin siksi, että niiltä on olemassa vertailukelpoisia mittaustietoja muutamista tutkituista ympäristöistä.

Taulukko 1. Mallinnetut katukuilut.

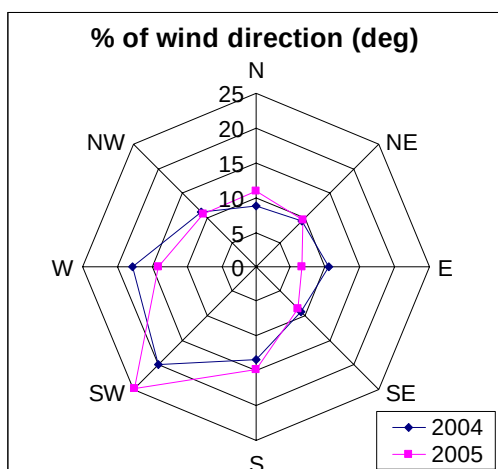
Nimi	Kuvaus	Katukuilun korkeus (m)	Kadun leveys (m)	Korkeus/leveyssuhde	Liikennemäärä
Kohde 1	Leveä katukuilu	26	32	0.81	17 000
Kohde 2	Korkea katukuilu	33	32	1.03	17 000
Kohde 3	Leveä katukuilu (Kohde 1 90°)	26	32	0.81	17 000
Kohde 4	Leveä katukuilu	22/30	40	0.55/0.75	30 000
Kohde 5	Kapea katukuilu	22	17	1.29	12 000
Kohde 6	Väylä katukuiluna	21	39	0.54	48 000

Taulukko 2. Mallinnetut avoimet väylät.

Nimi	Kuvaus	Teiden lukumäärä	Liikennemäärä väylällä
Kohde 7	Useita teitä	16	48 000
Kohde 8	Useita teitä	25	55 000
Kohde 9	Länsi-koillis-suuntainen väylä	1	100 000
Kohde 10	Pohjois-kaakkoisuuntainen väylä (Kohde 9 90°)	1	100 000

Taulukko 3. Mallilaskuissa käytetty vuosien 2004 ja 2005 mittausaineisto.

Lähtötieto	Mittauspiste
Meteorologia	Helsinki-Vantaa ja Helsinki-Isosaari (IL)
Sekoituskorkeus	Jokioisten observatorion luotaushavainnot (IL)
Taustapitoisuudet	Kallio (YTV)

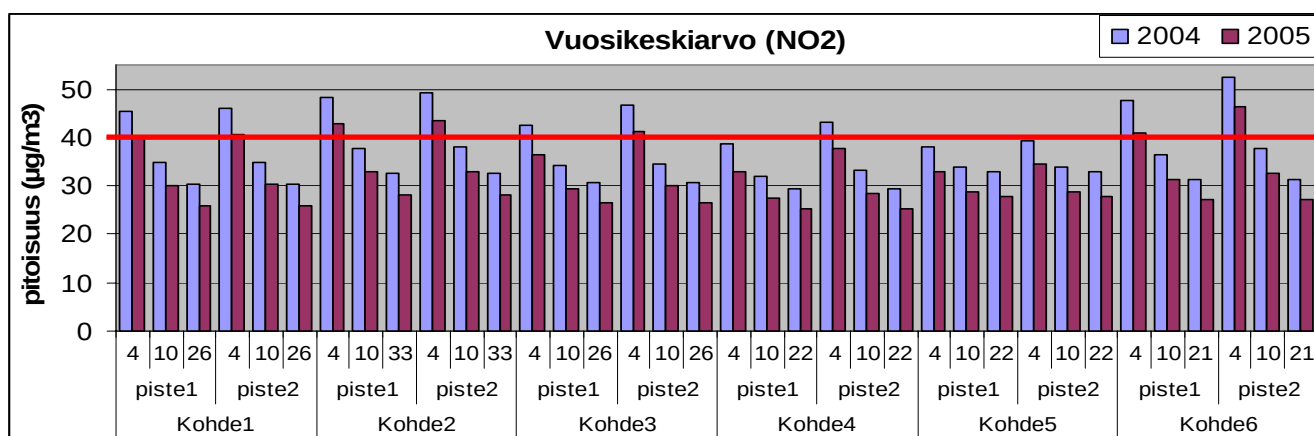


Kuva 7. Tuulen suuntien jakautuminen käytetyssä meteorologisessa aineistossa vuonna 2004 ja 2005. Vallitsevat tuulen suunnat ovat lounaasta.

NO₂-pitoisuudet laskettiin käyttäen sekä nykytilanteen päästöjä että erilaisia skenaariopäästöjä.

3.2.1 Katukuilut, nykytilanne

Alla olevassa kuvassa on esitetty NO₂-vuosikeskiarvot kohteissa 1–6 nykytilanteen päästöillä kummallekin laskentavuodelle, 2004 ja 2005 sekä NO₂-vuosiraja-arvo. Vuonna 2004 NO₂-pitoisuudet vaihtelevat eri korkeuksilla välillä 29–52 µg/m³ ja vastaavasti vuonna 2005 välillä 25–46 µg/m³.



Kuva 8. NO₂-vuosikeskiarvo nykytilanteen päästöillä eri korkeuksilla (4–33 m) ja eri puolilla katua (pisteet 1 ja 2) mallinnetuissa katukuilukohteissa 1–6 vuosina 2004 ja 2005.

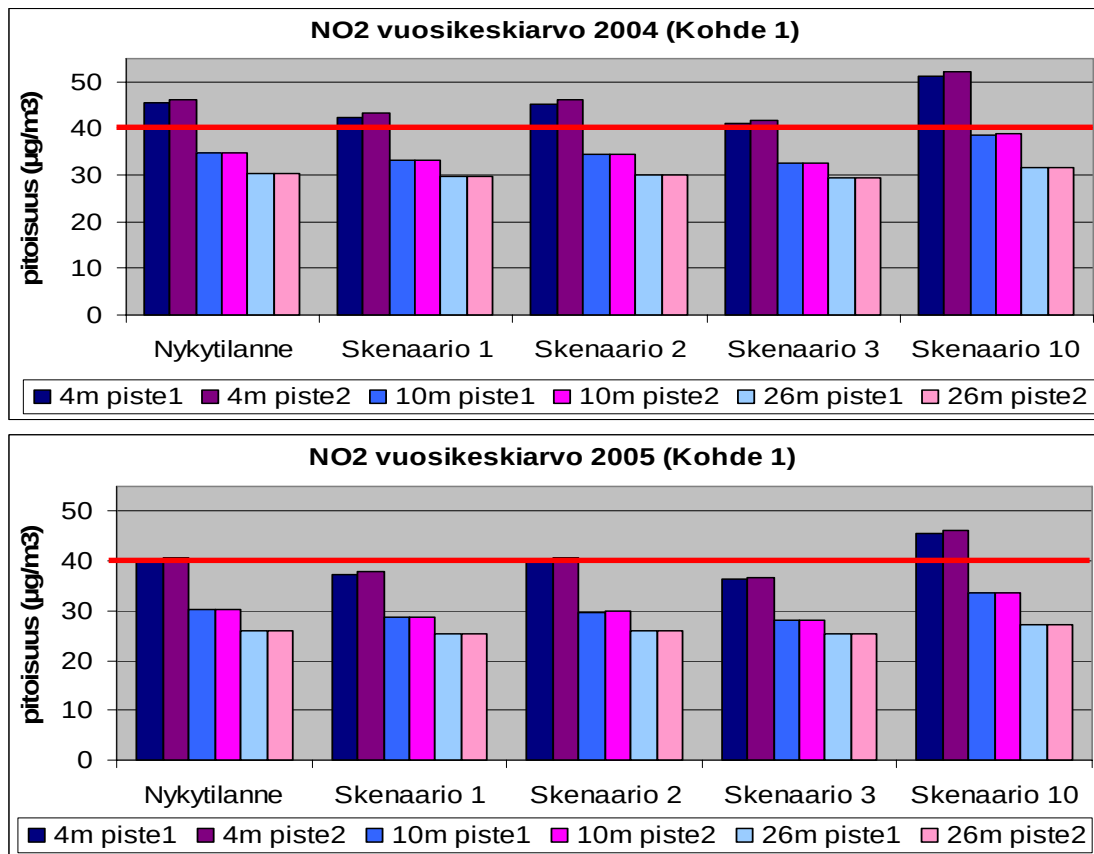
Jokaisessa kohteessa ja kumpanakin laskentavuonna NO₂-vuosikeskiarvot ovat vallitsevien tuulen suuntien vaikutuksesta korkeammat pisteessä 2, eli kadun eteläpuolella (kohteet 1–4, 6) ja länsipuolella (kohde 5). Vuosikeskiarvot ovat kaikissa kohteessa korkeimmat 4 metrin korkeudella ja alhaisimmat kattokorkeudella. Kattokorkeudella vuosikeskiarvot lähentyvät Kallion kaupunkitaustaseman NO₂-vuosikeskiarvoja 25 µg/m³ (vuonna 2004) ja 23 µg/m³ (vuonna 2005).

Neljän metrin korkeudella, joka kuvaa kaduilla liikkuvien ihmisten altistumisympäristöä, NO₂-vuosiraja-arvo (40 µg/m³) ylittyy lähes kaikissa kohteissa kumpanakin laskentavuonna. Vain kohteessa 5, jossa liikennemäärä oli pienin (12 000 ajoneuvoa vuorokaudessa) NO₂-vuosiraja-arvo ei ylity lainkaan.

3.2.2 Katukuilut, nykytilanne ja skenaariot

Muutamissa katukuilukohteissa tutkittiin liikennemäärä- ja ajoneuvokoostumuksen sekä bussien ajoneuvotekniikoiden ja polttoaineiden vaikutuksia päästöihin ja pitoisuuksiin.

Esimerkiksi leveässä katukuilussa, jossa bussien osuus on suuri, saatiin seuraavia NO₂-vuosikeskiarvoja. Kokonaisliikennemäärät vaihtelevat eri skenaarioissa 12 000→25 000 ajoneuvoa vuorokaudessa. Bussien osuus on 21 %.

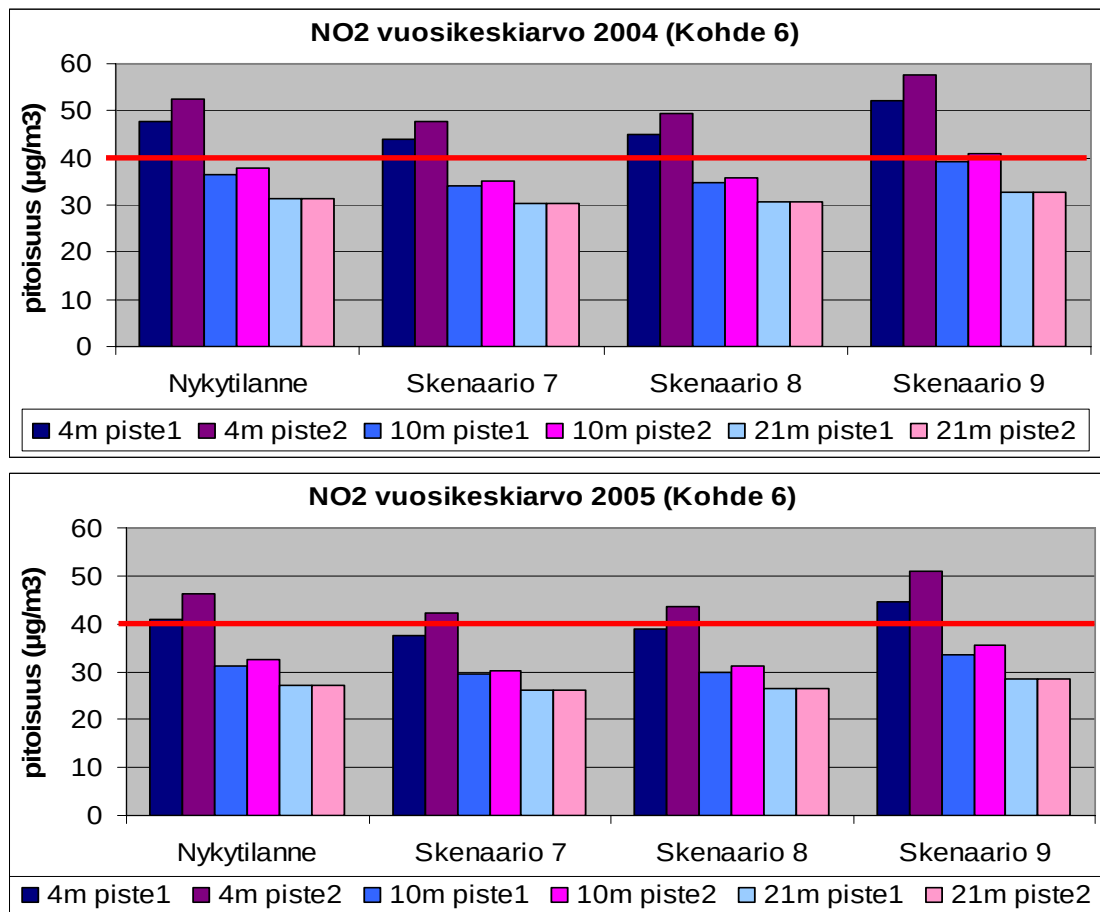


Kuva 9. Mallilaskelmissa tehdyt skenaariot kohteelle 1 vuosina 2004 (ylempi kuva) ja 2005 (alempi kuva).

Kuvan 9 skenaarioissa käytettiin seuraavia lähtötietoja:

- Skenaariossa 1 henkilöautoliikennettä on vähennetty 30 %, jolloin liikenne on myös sujuvampaa. Typpidioksidipitoisuudet alenevat 4–7 %.
- Skenaariossa 2 dieselkäyttöisten henkilöautojen osuus kasvaa, jolloin kokonaistypenoksidien päästöt pienenevät 12 %, mutta suoran NO₂:n osuus nousee 20 %:iin, mikä pitää typpidioksidipitoisuudet edelleen nykytasolla.
- Skenaariossa 3 bussikalustoa on parannettu siten, että busseista on kaa-subusseja 50 % ja 50 % dieselbusseja, jotka käyttävät biodieseliä. Muu liikenne pysyy nykyisenä. Typpidioksidipitoisuus laskee noin 10 %.
- Skenaariossa 10 henkilöautojen määrä kaksinkertaistuu nykyisestä, pakettiautojen määrä lisääntyy 10 %, ja bussit ovat nykyliikenteen mukaisia. Liikenne on ruuhkautunut. Typpidioksidipitoisuudet kadulla kohoavat 12–15 % nykyiseen verrattuna.

Liikennemäärältään suuremmassa, myös tyypiltään leveässä katukuilussa eri skenaarioilla saatiin seuraavia tuloksia. Kokonaisliikennemäärä vaihtelee eri skenaarioissa 41 000→63 000 ajoneuvoon vuorokaudessa. Bussien osuus on 7 %.

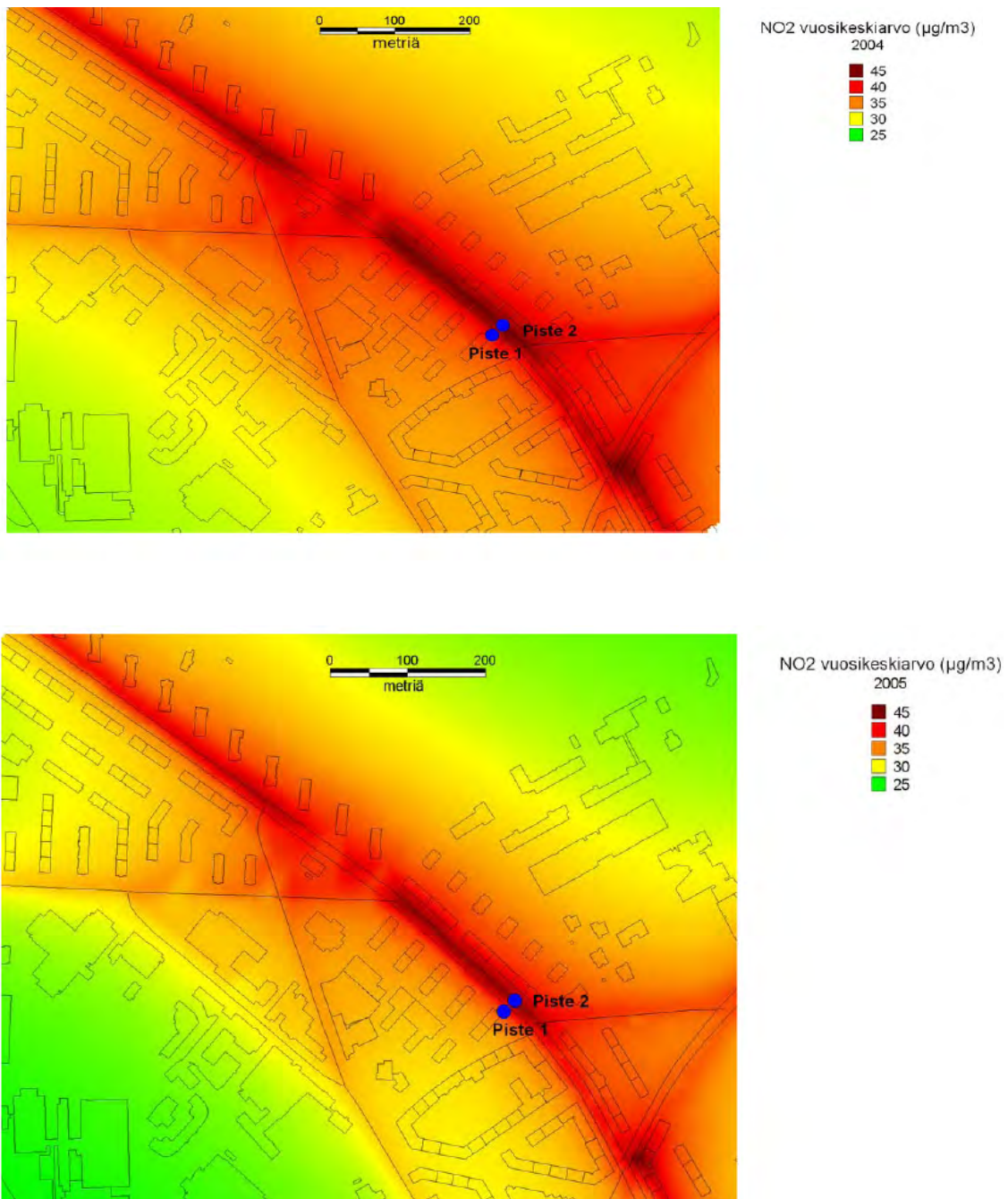


Kuva 10. Mallilaskelmissa tehdyt skenaariot kohteelle 6 vuosina 2004 (ylempi kuva) ja 2005 (alempi kuva).

Kuvan 10 skenaarioissa käytettiin seuraavia lähtötietoja:

- Skenaariossa 7 henkilöautoja on 30 % nykyistä vähemmän, jolloin ruuhkaa ei ole. Typpidioksidipitoisuudet ovat 7–8 % pienempiä kuin nykytilanteessa.
- Skenaariossa 8 muu ajoneuvokanta ja liikennemäärä pysyy samana, mutta busseista 30 % on dieselbusseja, 30 % biodieselbusseja ja 40 % kaasukäyttöisiä. Tämä alentaa pitoisuuksia 4–6 %.
- Skenaariossa 9 henkilöautojen määrä kasvaa nykyisestä 25 %, pakettiautojen määrä lisääntyy 10 % ja bussit ovat kaikki nykyisentyypisiä dieselbusseja. Typpidioksidipitoisuudet kasvavat 8–11 %.

Kohteen 6 nykytilanteen typpidioksidin vuosikeskiarvot (2004, 2005) on esitetty leviämismallikuvina kuvassa 11.



Kuva 11. Kohteen 6 typidioksidipitoisuuden vuosikeskiarvo (µg/m³) vuosina 2004 (ylempi kuva) ja 2005 (alempi kuva). Pohjakartta © Kaupunkimittaussosasto, Helsinki

Viitteet:

Pääkaupunkiseudun päästöjen leviämismalliselvitys, energiantuotannon, satamatoiminnan, laivaliikenteen, lentoliikenteen, lentoasematoiminnan ja autoliikenteen typenoksidi-, rikkidioksidi- ja hiukkaspäästöjen leviämislaskelmat, Ilmatieteen laitos, 2008

UUSIPÄÄSTÖ-leviämismallilaskelmien tulokset, Ilmatieteen laitos (luonnos 17.1.2008)

4 Katupöly

Moottoriajoneuvot päästävät hiukkasia ilmaan pakokaasujen mukana, mutta niitä muodostuu myös mekaanisissa prosesseissa tien pinnan ja renkaan vuorovaikutuksessa, jarruissa ja moottorissa. Lisäksi hiukkaset, jotka ovat laskeutuneet tien pinnalle tai sen lähetyville voivat nousta ilmaan uudelleen tuulten ja ajoneuvojen aiheuttamien ilmavirtojen sekä renkaiden nostattamina (resuspensio). Yleistermi näille hiukkasille on ”katupöly”.

Katupöly muodostaa erityisesti keväisin merkittävän osan keuhkohengitettävistä PM₁₀ hiukkasista maapallon pohjoisilla alueilla kuten Skandinaviassa, Pohjois-Amerikassa ja Japanissa. Korkeiden katupölypitoisuuksien on esitetty olevan seurausta lumisista ja jäisistä talviolosuhteista, joiden takia liikenteessä on käytettävä liukkaudentorjuntaa. Liukkaudentorjuntamenetelminä käytetään esimerkiksi talvihiekoitusta ja teiden suolausta. Lisäksi autoissa käytetään joko nastallisia tai nastattomia (kitkarenkaita) talvirenkaita, joiden suunnittelussa on erityisesti kiinnitetty huomiota renkaiden pitoon liukkaissa talviolosuhteissa.

Useat liukkaudentorjuntamenetelmät lisäävät mineraalihiukkasten muodostumista tien päällysteen tai hiekoitushiekan kulumatuotteina. Muodostuneet hiukkaset kerääntyvät tieympäristöön talven aikana. Keväällä, kun lumi ja jää sulavat ja pinnat kuivuvat, hiukkasia nousee ilmaan merkittäviä määriä varsinkin liikenteen aiheuttamien ilmavirtauksien nostamina.

Keväinen katupöly on edelleen vaikeimpia ilmansuojelun ongelmia Suomessa, vaikka sen vähentämiseksi on tehty runsaasti työtä monissa kunnissa. Tutkimuksissa on havaittu, että keväinen katupöly koostuu suurelta osin kiviainesperäisistä mineraalihiukkasista, joiden päälähteenä on hiekoitushiekka ja nastarenkaiden kuluttama tien kiviaines.

Päälähteiden painotuksissa on eroja eri tutkimusten välillä. Suomessa esimerkiksi hiekoitusta on pitkään pidetty katupölyn päälähteenä (Mustonen 1997) kun taas ruotsalaisissa tutkimuksissa on varsinkin viime aikoina nostettu esille nastarenkaat (esim. Juneholm 2007, Johansson 2007). Molemmilla lähteillä todennäköisesti on merkitystä pölyongelmassa. Kuluma-arvioiden perusteella Mäkelä (2000) on arvioinut nastarenkaiden muodostamaksi PM₁₀ pölyn kokonaismääräksi Helsingissä 1 100 tonnia. Vastaavia arvioita ei ole hiekoitukselle tehty.

Viimeaikaiset tutkimukset osoittavat, että molemmat lähteet lisäävät pölyn muodostusta (Kupiainen ym. 2003, Kuhns ym. 2003, Gustafsson ym. 2005, Tervahattu ym. 2006, Kupiainen ym. 2007, Kupiainen 2007). Nykytietämyksen perusteella on vaikea arvioida, kumpi näistä lähteistä on merkittävämpi. Se todennäköisesti vaihtelee eri katu- ja kaupunkiympäristöissä riippuen esimerkiksi hiekoituksen käyttömäärästä (levitysmäärät, levityskertojen määrä) ja materiaalin ominaisuuksista (esim. pesuseulottua vai ei). Tosin osa muodostuneesta pölystä ei välttämättä koskaan kulkeudu ilmaan. Päälähteiden osuuksien selvittämiseksi tulee jatkossa tehdä tarkempia lähdearvioita kevätpölylle erilaisissa kaupunkiolosuhteissa.

KAPU-projektissa tehdyissä Nuuskija-mittauksissa havaittiin, että Helsingissä korkeimmat päästötasot esiintyivät keväällä maaliskuun vaihteessa (Tervahattu ym. 2007). Alkukevään päästötaso oli Helsingissä noin 10-kertainen verrat-

tuna kesäiseen tilanteeseen. Kevään edetessä päästötaso laskee osin puhdistus-toimien vaikutuksesta, osin pölyn luontaisen poiskulkeuman vaikutuksesta.

Korkeiden päästötasojen ohella keväisin vallitsee usein myös ilmanlaadun kan-nalta vaikeat sääolot, kuten alhaiset tuulennopeudet, stabiili ilmakehä ja matala ilmakehän sekoituskorkeus (esimerkiksi maanpintainversio) (Kukkonen ym. 2005). Helsingissä hengitettävien hiukkasten pitoisuudelle annettu vuorokausira-ja-arvo (numeroarvo $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jolle sallitaan vuoden aikana 35 ylitystä) on ylitty-nyt vuosina 2003, 2005 ja 2006 vilkkaasti liikennöidyillä ilmanlaadun monitoroi-tiasemilla.

4.1 Katupölyä torjuvien toimenpiteiden vaikutusarvioinnit

Katupölyn vaikutusarvioita tehtäessä on hyvä erotella pölyn muodostuminen ja päästöt, jotka voivat olla joko eriaikaisia tai tapahtua samaan aikaan. Päästöt voivat joko nousta heti muodostuttuaan ilmaan (suorat päästöt) tai varastoitua kadun pinnalle tai sen ympäristöön ja päästä myöhemmin ilmaan (epäsuorat päästöt). Muodostumisen ja päästön välillä voi olla pitkäkin aika.

Tärkein yksittäinen tekijä, joka estää päästöjä nousemasta ilmaan on tienpinnan kosteus, joka sitoo hiukkasia toisiinsa tai pinnoille. Pölyä kuitenkin muodostuu myös kosteissa oloissa. Muodostunut pöly voi nousta myöhemmin ilmaan, ellei se kulkeudu pois kadulta esimerkiksi hulevesien mukana. Aikaisemmin muodos-tunutta pölyä voi kulkeutua kaduille myös rakennustyömailta.

Talvisin pölyä voi varastoitua katu ympäristön jää- ja lumimuodostumiin, joista se vapautuu ympäristöön keväällä lumen ja jään sulaessa ja kosteuden haihtuessa pinnoilta. Osa vapautuneesta pölystä kulkeutuu kaduille ja pääsee ilmaan. Liiken-teen päästöjen puolestaan voidaan katsoa vaikuttavat suurin piirtein lineaarisesti ilmanlaatuun. Tässä työssä on keskitytty PM_{10} -kokoluokan katupölyyn. Katupölyn kokojakaumassa havaitaan myös jonkin verran pienhiukkasia ($\text{PM}_{2.5}$) (noin 10–20 %), joten esitetyt toimenpiteet vaikuttavat jossain määrin myös pienhiukkasten määrin kaupunki-ilmassa.

Katupölyn muodostumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat:

- ajoneuvojakauma (raskaan liikenteen osuus)
- ajonopeus
- rengastyypit (esim. nastarenkaiden osuus liikennevirrassa)
- päällysteen ominaisuudet (päällystetyyppi, kiviaineksen ominaisuudet)
- talvihiekkoitus (levitysmäärä, levityskertojen lukumäärä, kiviaineksen laatu)
- muut lähteet (esim. rakennustyömailta ja päällystämättömiltä pinnoilta kulkeutuva pölyävä aines).

Katupölyn päästöihin ilmaan vaikuttaa edellisten lisäksi seuraavat tekijät:

- Kadun pintojen kosteus
- Kadun pinnalle kerääntynyt aikaisemmin muodostunut pölyävä aines.

Päästöjen ohella ilmanlaatuun vaikuttavat lisäksi meteorologiset tekijät, kuten

- ilmakehän sekoituskorkeus
- ilmakehän stabiilisuus
- tuulisuus.

Toimenpideohjelman vaikutusarvioissa pyritään esittämään arviot yksittäisten toimenpiteiden vaikutuksista katupölyn muodostumiseen ja päästöihin sekä viime kädessä ilmanlaatuun. Usean tekijän kohdalla tämänhetkinen tieto ei riitä määrällisiin arvioihin, jolloin on pyritty tekemään laadullisempia arvioita. Joissakin tapauksissa eri lähteiden aiheuttamasta pölyn muodostumismekanismeista voi olla selkeä kuva, mutta niiden osuuksista päästöissä ei ole tarkkaa käsitystä ja se voi myös vaihdella. Tällaisissa tapauksissa on esitetty myös lisätutkimustarpeita. Muita kuin päästö- ja ilmanlaatuvaikutuksia ei tässä työssä ole käsitelty. Tällaisia ovat esimerkiksi kustannusvaikutukset tai muut ympäristövaikutukset.

Katupöly-osiossa olevat toimenpiteet on jaoteltu toimenpideohjelmassa viiteen aihekokonaisuuteen. Lisäksi tiedottamiseen, valistukseen ja koulutukseen liittyvä toimenpide on esitetty omassa kokonaisuudessaan. Samaa jaottelua on käytetty myös vaikuttavuusarvioiden ryhmittelyssä. Aihekokonaisuudet ovat:

Katupöly-osio

1. Yhteistyö ja tutkimus
2. Rakentaminen
3. Kalusto
4. Talvikunnossapito, liukkaudentorjunta, hiekoitus ja suolaus
5. Puhdistus ja pesu

Valistus ja koulutus-osio

Arvioinnissa on käytetty plussia:

+ = vähäinen vaikutus

++ = selvä vaikutus

+++ = merkittävä vaikutus

4.1.1 Yhteistyö ja tutkimus

Toimenpide 1. Kehitetään eri toimijoiden välistä yhteistyötä

Toimenpiteen ajatuksena on kehittää katualueita hoitavien toimijoiden yhteistyötä, jotta talvikunnossapito ja kevätpuhdistus toimisivat koordinoidusti ja ajallisesti tehokkaasti.

Puhuttaessa "toimijoista" on tarpeen ohjelmassa sanoa selvemmin, mitä toimijoita milloinkin tarkoitetaan. Joissakin tapauksissa kyse on kaupungin omien organisaatioiden yhteistyöstä (HKR, Ymk, HKL, Rakvv), joskus taas laajemmasta ryhmästä.

Mielestämme toimenpiteen 1 ensisijainen tehtävä on esitetty alakohdassa "Laatimalla yhteinen näkemys toimintaperiaatteista ja vastuista". Yhteisessä näkemyksessä tulee ottaa kantaa muihin alakohtiin, ja sitä varten tulee tehdä selkeät säädökset ja ohjeistukset, jotta jokaisella toimijalla olisi selvä rooli ja tehtävät. Asiaa käsitellään tarkemmin toimenpiteen 8 ("Tiukennetaan kaupungin antamia määräyksiä") yhteydessä.

Lakisääteisesti kadun (15 tai 24 m tontin rajasta) puhtaanapito kuuluu kadun varren kiinteistölle. Kaupunki tekee keväisin kiinteistöille kuuluvaa puhdistusta vero-

varoin. Pitäisikö lakia muuttaa ja siirtää puhtaanapito sekä katujen että jalkakäytävien osalta kaupungille? Miten siinä tapauksessa turvataan riittävät resurssit puhtaanapidolle? Jos kiinteistöjen tehtäviä siirretään kaupungille, lienee tarpeen säätää kiinteistöille maksuvelvoite.

Raitiotielinjat voivat toimia pölyn lähteenä ja varastona, mikäli niitä ei puhdisteta tehokkaasti (tehokas laitteisto, riittävä määrä puhdistuksen toistoja, kts. myös toimenpide 6). Raitiotielinjoille kulkeutuu pölyä ajoradoilta, mutta sitä voi muodostua myös raitiovaunujen jarruhiekan käytössä. Puhdistamattomat raitiolinjat voivat toimia tehokkaana pölyn lähteenä pintojen kuivuessa. Raitiovaunu muistuttaa aerodynaamisilta ominaisuuksiltaan raskasta autoliikennettä, jolle on havaittu jopa 10-kertaisia suspensiopäästöjä suhteessa henkilöautoihin, pääasiassa johdun ajoneuvojen aerodynaamisista ominaisuuksista.

Vaihtoehtoisista toteutusvastuista pidämme parhaana sitä, että puhtaanapito siirretään kokonaan HKR:n vastuulle. Tämä edellyttää tuntuvia resurssilisäyksiä HKR:lle sekä kustannusten perimistä niiltä, joiden vastuut poistuvat. Valvontavastuu olisi erikseen määritellyiltä osin ympäristökeskuksen tehtävä.

Vaikutus ilmanlaatuun + /++ mikäli talvikunnossapito ja kevätpuhdistus otetaan kokonaan kaupungin hoidettavaksi ja sille osoitetaan riittävät resurssit.

Katupölyn suspensiopäästöt vähenevät sekä kaduilta että jalkakäytäviltä erityisesti kevätkaudella. Mikäli toimijat pystyvät mm. yhteistyöllä tehostamaan lumen poiskuljetusta, keväällä vapautuvaa pölyä vähennetään kaupunkiympäristöstä, koska suuri osa talvenaikana kertyneestä hiekasta ja pölystä on viety lumen ja jään mukana pois (kts. myös toimenpide 10). Katuympäristö saadaan kerralla mahdollisimman puhtaaksi, kun toimijat tekevät keväällä työt samanaikaisesti. Eri vastuutahojen tekemän hiekanpoiston (ja muun puhdistuksen) ajallisen koordinoinnin seurauksena myös katualueiden tehokkaaseen puhdistukseen tarvittavat toistomäärät todennäköisesti vähenevät.

Toimenpide 2. Teetetään katupölyn torjuntaan liittyviä tutkimuksia

Moneen toimenpideohjelmassa esiintyvän katupölyä koskevaan toimenpiteeseen ja niiden vaikuttavuuteen liittyy tietoaaukkoja, joita tulisi selvittää tutkimuksin. Tutkimustiedon lisääntyessä toimenpiteiden sisältöä voidaan selkiinnyttää ja toimenpiteiden painotuksia muuttaa tehokkaimman ilmanlaatuvaikutuksen saavuttamiseksi. Tutkimusyhteistyötä ja tiedonvaihtoa tulee tehdä muiden katupölyasioista vastaavien tahojen kanssa esimerkiksi Pohjoismaissa.

Suomessa katupölyn torjuntaan liittyvää tutkimusta on vuosina 2006–2007 tehty Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen koordinoimassa KAPU-projektissa. Työn on suunniteltu jatkuvan KAPU2-projektissa, jonka tavoitteena on tuoda lisätietoa mm. talvikunnossapidon- ja kevätpuhdistustoimien sekä puhdistuskaluston tehokkuuksista pölyntorjunnassa. Lisäksi on tarkoitus tutkia rakentamisen pölyvaikutusta ja keinoja estää niitä.

Tutkimuksilla tulee saada lisätietoa myös seuraavista tekijöistä:

- Kaupunki-ilmaa keväisin heikentävän mineraalipölyn päälähteiden osuuksia tulisi jatkossa tutkia tarkemmin, jotta toimenpiteiden vaikuttavuutta voitaisiin arvioida paremmin ja toimenpiteitä voitaisiin kohdentaa oikein.
- Päälysteitä ja niiden materiaaleja tulisi tutkia lisää pölyongelman näkökulmasta. Selvitettäviä asioita ovat esimerkiksi päälysteiden kiviaineksen raekoon ja kulutuskestävyyden suhde, päälysteen pinnan eri tekijöiden, kuten tiiviyyden, kunnon, iän vaikutus puhdistumiseen.
- Tulee harkita olisiko tarpeen tehdä Helsingille systemaattinen päästöinventaario, jotta merkittävimmät päästölähteet ja toimenpiteet päästöjen vähentämiseksi pyrittäisiin arvioimaan määrällisemmin. Päästöinventaario voisi toimia esimerkiksi ilmansaasteiden leviämismalleilla tehtävien ilmanlaatuarvioiden pohjana.

Vaikutus ilmanlaatuun +

Tutkimustiedon avulla luodaan ymmärrystä pölyn muodostumiseen ja päästöihin vaikuttavista tekijöistä ja tavoista vähentää niitä. Tiedon perusteella toimenpiteiden vaikuttavuutta voidaan arvioida paremmin ja tehokkaimmiksi osoittautuneita toimenpiteitä voidaan painottaa. Pölyntorjuntatoimenpiteiden tehokkuutta parantaa ilmanlaatua tulee verrata myös niiden kustannus- ym. vaikutuksiin. Näin säävytetaan tehokkain ilmanlaatuvaikutus ilman resurssipanoksia tehostamiin toimenpiteisiin.

4.1.2 Rakentaminen

Toimenpide 3. Huomioidaan suunnittelussa katujen kunnossapidon tarpeet

Toimenpiteen tarkoituksena on tehostaa työkonien liikkumista katualueilla suunnittelemalla niille kaupunkisuunnittelun rajoissa mahdollisimman sujuvat työreitit.

Koneiden käytön kannalta hankalat ”taskut” ja kynnykset tulee poistaa. Konsulttiyritysten lisäksi kaupungin omat suunnittelijat pitää riittävästi informoida talvikunnossapidon ja puhdistamisen tarpeista. Katujen, pysäköintialueiden ja muiden puhdistettavien alueiden suunnitelmista on pyydettävä HKR:n katu- ja puisto-osaston lausunto.

Vaikutus ilmanlaatuun +

Työkonien sujuva käyttäminen esimerkiksi kevätpuhdistuksessa nopeuttaa ja tehostaa työtä. Näin ollen myös kevätpölykauden kestoa voitaisiin lyhentää. Tällä hetkellä kevätpuhdistuksen toteuttaminen vie 1–1,5 kuukautta. Katupölyn suspensiopäästöt vähenevät jalkakäytäviltä ja kaduilta puhdistumisen nopeutumisen myötä.

Toimenpide 4. Huomioidaan pölyämisominaisuudet katurakentamisessa

Toimenpiteen tarkoituksena on parantaa katujen puhdistuvuutta mahdollistamalla pölyn tehokas kulkeutuminen pois kadun pinnoilta. Toimenpiteessä on nostettu esille erityisesti hulevesien tehokas poistuminen kadun pinnoilta ja asfalttityypin vaikutus päällysteen puhdistuvuuteen.

Vaze & Chiew (2002) mukaan sade voi huuhtoa katujen irtoaineesta jopa 35–45 % riippuen sademäärästä ja kestosta. Vähäinen sademäärä, jolloin valumavesiä ei muodostunut, ei vaikuttanut pitoisuuksiin, kun taas pitkäaikainen sade tai lyhytaikainen rankkasade vähensivät pitoisuuksia tehokkaasti. Myös katujen pesussa täytyy kiinnittää huomiota käytettävän veden määrään, jotta materiaali myös kulkeutuisi pois kadulta pesuveden mukana.

Katurakentamisessa tulee huomioida valumavesien tehokas johtaminen pois katu-ympäristöstä, jotta vesi ei jää seisomaan kadun pinnan painanteisiin tai kadun reunoille. Valumavesien mukana myös pöly ja kiintoaines poistuvat kaduilta, ja suspensiopäästöt vähenevät. On huomioitava kuitenkin, että kiintoaines ja sen mukana kulkeutuvat haitta-aineet voivat olla ongelmallisia myös valumavesissä.

Katurakentamisessa on päällysteen osalta Helsingissä kiinnitetty huomiota päällysteen kulumiskestävyyteen. Kestävä päällyste on myös pölyongelman kannalta hyvä, koska siitä muodostuu vähemmän hienojakoista pölymateriaalia.

Viimeaikaiset tutkimukset ja käyttökokemukset ovat antaneet viitteitä siitä, että päällystemateriaalien avulla pölyongelmaa voitaisiin edelleen helpottaa. Tällaisia mahdollisuuksia voidaan realisoida käyttämällä kulutuskestävyydeltään parhaita kivimateriaaleja asfaltin valmistuksessa. Päällysteen pinnan tasaisuuden avulla voidaan vähentää pölyn pysymistä päällysteen koloissa sekä parantaa puhdistettavuutta.

Vantaalla on käytetty mm. Tikkurilan alueen kaduilla SMA11-päällystettä, joka on kiviaineksen hienorakeisuuden vuoksi tasainen. Se on samalla liikennemelun kannalta hiljaisempi kuin karkeampirakeiset päällysteet. Mikäli raekokoa pienennetään, tulee kiinnittää huomiota siihen, että käytetty kiviaines on tarpeeksi kestävä, ettei päällysteen kulumasta syntyvä pöly lisäännä. Myös AB-päällyste on pintaominaisuuksiltaan tasaisempi kuin SMA-päällyste ja saattaisi siten olla sopivampi pahimmilla pölyalueilla.

Vaikutus ilmanlaatuun ++

Toimenpiteessä esitetyillä alakohdilla voidaan vaikuttaa sekä pölyn muodostumiseen että sen päästöihin. Päällysteiden hyvän kulutuskestävyyden seurauksena pölynmuodostuminen päällysteestä nastarengaskulutuksen seurauksena on minimissään. Hyvän kulutuskestävyyden tulee säilyä mahdollisimman hyvällä tasolla myös uusia päällystetyyppejä harkittaessa.

Valumavesien tehokas johtaminen pois katu-ympäristöstä lisää myös pölyävän aineksen poiskulkeutumista ja näin ollen ilmapäästöt voivat vähetä. Valumavesiä muodostuu sekä sadannan, että sulamisvesistä, mutta pölyn poiskulkeutumista voidaan tehostaa myös pesutoimenpitein.

Päällysteiden pintaominaisuuksilla voidaan edelleen tehostaa niiden puhdistuvuutta ja puhdistettavuutta. Kun pölyä pidättyy vähemmän päällysteeseen ja sitä kulkeutuu tehokkaammin pois katu-ympäristöstä, myös päästöt vähenevät ja pölypitoisuudet laskevat. Määrälliset arviot toimenpiteen ilmanlaatuvaikutuksesta PM₁₀-hiukkasiin ei nykytiedoilla ole mahdollista.

Toimenpide-ehdotus:

Tutkimustehtäviin (toimenpide 2) lisätään päällysteiden materiaalien ja valmistustekniikan sekä tutkimus pölyongelman kannalta

Toimenpide 5. Vähennetään rakennustyömaiden ja katurakennustyömaiden pölyä

Toimenpiteessä vähennetään pölyn kulkeutumista rakennustyömailta esimerkiksi kostuttamalla kuormia, pesemällä työmaa-ajoneuvojen renkaiden ja ohjeistamalla pienempiä työmaita minimoimaan pölypäästöt. Rakennustyömaiden pölyntorjuntaan on tehty ohjeistusta myös esimerkiksi Lontoossa.

Yksittäisen rakennustyömaan paikalliset vaikutukset voivat olla hyvinkin merkittäviä, ja kun kaupunkialueilla on yleensä useita erikokoisia rakennustyömaita käynnissä, vaikutusten voi katsoa olevan jatkuvia. Lisäksi vaikutukset eivät rajaudu välttämättä ajallisesti lyhyehkölle jaksolle, kuten kevätpöly vaan voivat jatkuessaan vaikuttaa ympäri vuoden. Kulkeutuminen ilman estotoimenpiteitä voi olla ajoittain hyvinkin tehokasta, jolloin lähiympäristön tehokas puhtaanapito vaatii jatkuvia toistoja.

KAPU-projektissa on todettu, että rakennus- ja katurakennustyöt saattavat aiheuttaa erittäin mittavaakin katujen pölyn lisääntymistä ja ilman laadun huonontumista liikenteen ja tuulten nostaessa pölyn ilmaan. Keväällä 2007 laajat työmaat Riihimäen keskustassa nostivat kaduilta auton renkaiden pölyemissiöt viisinkertaisiksi muihin kaupunkeihin verrattuna pahimpana kevätpölyaikana, jolloin pölymäärät kaikkialla olivat muutenkin korkeita. Toisaalta esimerkiksi Keravan keskustassa oli myös suurehkoja rakennustyömaita, mutta katujen puhdistustoimien ja pölyn leviämisen eston avulla työmaiden vaikutuspiirissä olevien katujen puhtaustaso pystyttiin pitämään muiden katujen tasolla.

Pääkaupunkiseudulla on esiintynyt työmaiden aiheuttamia pölyongelmia mm. Espoon Leppävaarassa, josta on tullut runsaasti valituksia ja mitattu korkeita PM₁₀-pitoisuuksia sekä YTV:n toimesta että Nuuskija-autolla. Myös Helsingissä on tullut valituksia työmaiden aiheuttamasta katujen pölyämisestä. Toisaalta esimerkiksi musiikkitalon työmaan laajat maansiirtotyöt eivät ole aiheuttaneet Mannerheimintielle huomattavaa pölyyntymistä, mikä on todettu usein toistuvilla Nuuskijan mittauksilla.

Vaikutus ilmanlaatuun + (paikallinen vaikutus työmaakohteiden läheisyydessä)

Arviomme on, että työmaiden aiheuttama pölykuormitus on ratkaisevasti riippuvainen pölyämisen estoon suunnatuista toimenpiteistä, joilla voidaan suurtenkin työmaiden haittoja merkittävästi vähentää. Tämän vuoksi on mahdollista selkeillä säännöksillä ja toimenpiteillä saada asia hallintaan. Esitämme seuraavia toimenpiteitä:

- Kaupunki antaa selkeät säädökset pölyntorjuntatoimista ja toimittaa urakoitsijoille ohjeistusmateriaalin.*
- Säädöksiin sisällytetään kadun pölyemissioiden raja-arvot, jotka voivat olla kevätpöly kautena jonkin verran normaalia korkeammat. Tarpeen vaatiessa katujen pölyemissioita tarkkaillaan mittauksin, esimerkiksi Nuuskija-autoa vastaavalla mitta-autolla, urakoitsijan kustannuksella.*
- Säädösten ja niiden toimeenpanon valvonta annetaan ympäristökeskukselle, joka toimii yhteistyössä Rakvv:n ja HKR:n kanssa.*

Toimenpiteillä voidaan parantaa ilmanlaatua työmaiden lähiympäristössä.

4.1.3 Kalusto

Toimenpide 6. Kehitetään kalustoa

Toimenpiteen tavoitteena on huomioida kadunpuhdistuslaitteistojen hankinnassa hengitettävien hiukkasten osalta puhdistustehokkuus kadunpinnasta sekä pois-toilman puhtaus.

Kadun puhdistukseen käytettävät laitteistot voidaan jakaa imulakaisukalustoon sekä pesu- ja harjauskalustoon (Mustonen 1997). Perinteisten imulakaisulaitteiden toimintaperiaatteena on kostuttaa kadunpinnassa oleva materiaali lietteeksi, jonka harjakoneisto ohjaa imusuuttimille. Puhaltimella aikaansaatavan imun aiheuttama alipaine vetää lietteen kadun pinnasta jätekonttiin, jossa olevalle levyllä liete osuu ja putoaa kontin pohjalle painovoiman vaikutuksesta. Puhdistunut imuilma jatkaa matkaansa puhaltimelle, josta se voidaan ohjata pois laitteistosta tai joissakin ratkaisuissa osin takaisin kadunpintaan (ilman kierrätys).

Kostutus kuuluu usein olennaisena osana laitteiston toimintaperiaatteeseen, joten konetta voidaan käyttää veden kanssa ainoastaan +0 °C ylemmissä lämpötiloissa. Kostutuksen tehtävänä on myös liettää hienompi pöly, ettei se vaurioita puhallinta. Tosin on olemassa myös laitteistoja, jotka eivät vaadi kostutusta. Kostutuksen haittana voi olla se, että se voi sitoa hienompaa pölyä kadun pintaan, jolloin sitä ei saada kerättyä pois. Kuivatekniikoiden haasteena puolestaan on pölyn leviämisen estäminen laitteiston ulkopuolelle katu ympäristöön. Isommat lakaisulaitteet (jätessäiliön koko 5–6 m³) toimivat yleensä kuoma-auton alustalla.

Harjauskalustossa harjat ohjaavat kadulle kertynyttä karkeaa ainesta esim. hiekkaa mekaanisesti keräystilaan. Käytössä olevia tekniikoita ovat esimerkiksi harjakoneet tai traktorin tai vastaavan etukauhan tilalle asennettava lisälaitte (hiekanostokauha tai keräävä harjakauha), joka kerää materiaalin pois. Kuivaharjausta ei nykyään pääsääntöisesti tehdä sen pölyävyyden takia, vaan katu kostutetaan etukäteen tai harjakalustoon sisältyy kostutuslaitteisto.

Katujen pesuun tarkoitettua kalustoa on olemassa erikokoista, ja ne sisältävät yleensä vesisäiliön sekä painepesujärjestelmän. Painepesujärjestelmissä voi olla eroja suuttimien määrässä, niiden suuntauksessa ja käytettävässä paineessa. Pesussa käytettävän veden määrä voi myös vaihdella.

Tutkimuksia puhdistuslaitteistojen tehokkuuksista

Laitteistojen tehoon puhdistaa kadun pintaa vaikuttavat esimerkiksi poistettavan materiaalin ja puhdistettavan pinnan ominaisuudet kuten huokoisuus. Tutkimuksissa on havaittu, että nykyisin käytössä oleva puhdistuskalusto voi tehokkaasti poistaa näkyvää hiekkaa ja irtoainesta kadun pinnasta, mutta tehokkuus pienemmissä kokoluokissa on selvästi heikompi. Sutherland (2003) havaitsi, että tienpinnan 2–0,5 mm irtoainespitoisuus väheni imulakaisun vaikutuksesta yli 80 %, mutta alle 0,063 mm hienoainesta enää 49 % (vrt. kokonaisleijuman, eli nk. TSP-hiukkasten yläraja on noin 0,030 mm, US EPA, 2003).

Kadunpinnan irtoaineksen massasta noin 10–15 % on arvioitu olevan alle 0,1 mm kokoluokassa (Vaze & Chiew 2002). Bris ym. (1999) mukaan irtoainespitoisuudet olivat korkeimmillaan kadun reunassa, reunakiven vieressä, sitten kadulla ja alhaisimmillaan jalkakäytävällä. Liukkaudentorjunta vaikuttaa irtoaineksen ja pölyn jakautumiseen kadun poikkisuunnassa.

Tutkimuksia laitteiston tehokkuuksista hengitettävien hiukkasten poistossa

Kaluston suunnitteluperiaatteena on ollut lähinnä näkyvän lian ja irtoaineksen poisto. Vasta viime aikoina pienemmät, hengitettävän kokoluokan hiukkaset ovat tulleet ajankohtaiseksi. Tähän on vaikuttanut lähinnä yhdyskuntien ilmanlaatuongelmat, minkä vuoksi laitteistojen tehoihin puhdistaa PM₁₀-hiukkasia on alettu yhä enemmän kiinnittää huomiota. Tutkimuksissa on havaittu laitteistojen puhdistusvaikutuksen vaihtelevan suuresti. Gustafsson ym. 2007 on esittänyt, että harjauksella ei pystytty vaikuttamaan hengitettävän pölyn määriin, mutta imulakaisu- ja painepesulaitteistoilla se on mahdollista.

KAPU-projektissa tutkittiin mm. painepesun vaikutusta kadunpinnalta mitattavaan PM₁₀-päästöön Helsingissä ja havaittiin, että pesun jälkeen päästöt olivat 15–60 % alhaisempia kuin pesua ennen. Vaikutus oli suurin heti toimenpiteen jälkeen. Lisäksi todettiin, että suihkujen määrällä ja suuntaamisella sekä paineen lisäämisellä voi olla mahdollista tehostaa pesun vaikutusta.

Norman & Johansson (2006) tutkivat harjauksen ja painepesun ilmanlaatuvaikutuksia Tukholmassa ja havaitsivat, että harjaus ei vaikuttanut tienvarressa mitattuihin PM₁₀-pitoisuuksiin. Pitoisuudet tutkimusalueella olivat jopa korkeampia kuin vertailualueella. Sen sijaan painepesu vähensi PM₁₀-pitoisuuksia osana tutkituista päivistä yli 10 %, toisaalta joinakin päivinä havaittiin myös pitoisuuden kasvua. Keskimääräinen PM₁₀-pitoisuuden alenema 21 päivän aikana oli 6 %, ja esimerkiksi ilmanlaadun PM₁₀ vuorokausiraja-arvon numeroarvo ylittyi tutkimusalueella kahtena päivänä vähemmän kuin vertailualueella. Tekijät toteavat, että osa pitoisuuksien alenemasta voi olla seurausta pesun kostuttavasta vaikutuksesta pikemminkin kuin pölyn poistumisesta kaduilta (Norman & Johansson 2006).

Düring ym. (2004) havaitsivat Berliinissä keskimäärin 6 % alempia PM₁₀-vuorokausikeskiarvoja päivinä jolloin katuja painepestiin, mutta toteavat ettei vaikutusta ole havaittavissa, koska alenema ei ollut tilastollisesti merkitsevä. John ym. (2007) tutkivat painepesun vaikuttavuutta Duisburgissa ja havaitsivat, että PM₁₀-vuorokausikeskiarvoja voitiin vähentää keskimäärin 2–3 µg/m³. Näin ollen, oikein ajoitettuna, painepesulla pystyttäisiin välttämään 6–9 % PM₁₀-vuorokausiraja-arvon ylityspäivistä tutkitulla kaduilla (70–80 ylityspäivää vuosina 2004 ja 2005) (John ym. 2007).

Chow ym. (1990), Kuhns ym. (2003) ja Fitz (1998) ovat tutkineet imulakaisun vaikuttavuutta Yhdysvalloissa ja havainneet, ettei puhdistuksella ollut vaikutusta kadunvarressa mitattuihin PM₁₀-pitoisuuksiin, mutta että tulosten perusteella ei voida tehdä johtopäätöksiä koko kaluston osalta. Tutkijoiden mukaan tutkitut laitteistot päästivät selvästi hienompaa pölyä ympäristöön. Tämä viittasi siihen, ettei imusuulakkeiden imuteho tai imujärjestelmän suojat ole olleet riittäviä estämään pölyä leviämästä. Myös poistoilman suodatuksessa on voinut ollut puutteita. Uudemmassa kalustossa on kiinnitetty huomiota näihin näkökohtiin, mutta kalustojen puhdistustehokkuudet hengitettävien hiukkasten kokoluokassa voivat vaihdella suuresti (Fitz & Bumiller 2000). Yhdysvalloissa South Coast Air Quality Management Districtin alueella on kehitetty järjestelmä (RULE1186) puhdistuslaitteistojen PM₁₀-tehokkuuden arvioimiseksi (kts. alla). KAPU-projektissa havaittiin isoilla imulakaisulaitteistoilla selvempiä vähenemisiä kadun pinnan PM₁₀-päästötasossa kuin keskisuurella laitteistolla, mutta imulakaisun yhteydessä kadut myös painepestiin.

Käytännön puhdistustyössä eri kalustotyyppisiä käytetään usein samanaikaisesti. Esimerkiksi Helsingin keväisessä hiekanpoistossa käytetään harjausta, imula-

kaisua ja painepesua samassa yhteydessä. Lisäksi puhdistuksen ohella voidaan käyttää myös pölynsidontaa. KAPU-projektissa havaittiin Helsingin toimenpiteiden vähentävän kadun pinnan PM₁₀-päästötasoa merkittävästikin, mutta erityisesti alkukevästä puhdistuksen vaikutus oli lyhytaikainen, vain noin 1–2 päivää, minkä jälkeen päästötaso oli palannut puhdistusta edeltävälle tasolle tai jopa sen yli. Kevään edetessä toimenpiteiden vaikuttavuusaika piteni. Päästötasojen alenemisen syinä eriteltiin KAPU-projektissa pintojen kostumisen ja pölynsidonnan päästöjä alentava vaikutus sekä pölyn ja irtoaineksen poistuminen katu ympäristöstä.

Tulokset osoittavat, että viime kädessä katujen puhdistuksen tehokkuus riippuu paitsi käytettävän laitteiston tehokkuudesta myös puhdistuksen toistojen tiheydestä. Tarvittava määrä puhdistuksen toistoja riippuu puolestaan katuja likaavien pölyn lähteiden voimakkuuksista. Alkukevästä pölyä vielä vapautuu tehokkaasti, joten kadut voivat likaantua nopeastikin puhdistusta edeltävälle tasolle tai sen yli. Huomioitavaa on kuitenkin, että KAPU-projektissa tutkituilla menetelmillä kerta-puhdistuksella ei saatu katujen pölyisyyttä alennettua kesäiselle puhtaustasolle.

Taiwanissa Chang ym. (2005) havaitsivat kadun imulakaisun ja pesun yhdistelmän vähentävän tienvarressa mitattuja TSP-pitoisuuksia 20–30 %. Pitoisuudet nousivat aluksi hetkellisesti voimakkaasti, mutta laskivat sitten ja asettuivat puolen tunnin jälkeen noin 70 % tasolle verrattuna tilanteeseen ennen puhdistusta. Puhdistustoimenpiteiden vaikutus kesti 3–4 tuntia. Trondheimissä on käytössä imulakaisun ja MgCl₂-pölynsidonnan (20 %-liuos, levitysmäärä n. 15 g/m²) yhdistelmä, jolla on saatu katuolosuhteissa alennettua PM₁₀-vuorokausikeskiarvoa keskimäärin 14–17 %, riippuen kohteesta. Noin 2 %:n alenema on havaittu myös PM_{2.5}-hiukkasille. Toimenpiteet tehdään katujen pintojen ollessa kuivia, yöaikaan (alkaen n. klo 2.30), koska silloin suurin osa leijuvasta pölystä on laskeutunut katujen pinnoille. Toimenpiteen pitoisuuksia alentavan vaikutuksen on arvioitu kestävän maksimissaan 1–2 päivää riippuen tuuliolosuhteista sekä ilman kosteudesta ja lämpötilasta. Trondheimissä pölynsidonta on voinut vaikuttaa hiukkaspitoisuuksien alenemiseen paljoltikin, joten vaikutusta ei voi yksilöidä vain käytettyyn puhdistuskalustoon.

Imulakaisulaitteistojen tehokkuutta arvioidessa on kiinnitettävä huomiota paitsi niiden tehoon poistaa pölyä kadun pinnalta, myös pölyn määrään koneen poistoilmassa. Olemassa olevissa laitteistoissa ilmapirran ja poistoilman puhdistaminen on toteutettu poistamalla pölyä ilmapirrasta perustuen esimerkiksi puhaltimen yhteydessä olevaan syklonipyörteeseen, jonka vaikutuksesta suurempi pöly poistuu ilmapirrasta. Poistoilman puhdistuminen voi perustua myös ilmapirtauksen hidastumiseen jätekontissa, jolloin suurikokoinen pöly voi ehtiä laskeutua pois ilmapirrasta. Puhaltimen imemän ilman pölyisyyttä on myös torjuttu kostuttamalla irtomateriaali lietemäiseksi, mikä sitoo pienempiä pölypartikkeleita pinnoille. Nämä menetelmät eivät välttämättä ole tehokkaita poistamaan hengitettävän kokoluokan hiukkasia ilmapirrasta.

Uusia tekniikoita imulakaisulaitteistoihin

Uusimpia teknisiä ratkaisuja katujen pinnan puhdistuksessa ovat nk. pesevät imusuulakkeet. Imusuulakkeessa yhdistetään tehokas painepesu ja voimakas imu lähellä toisiaan, jolloin pesu poistaa lian ja pölyn tien pinnasta ja voimakas imu saman tien imee lietteen koneen sisään. Schillingin (2005) mukaan tuloksena on hyvin puhdas pinta. Laitteisto on kehitetty lentokenttien kiitoratojen päällystystöiden yhteydessä tehtäviin puhdistustoimenpiteisiin ja teollisuustilojen puhtaanapitoon, mutta kokemukset katujen puhdistuksessa toistaiseksi puuttuvat.

Kuivana tapahtuvan imulakaisun avulla voisi katujen puhdistusta tehdä myös pakkaskaleilla, mutta Euroopan markkinoilla olevien laitteistojen vaikutuksista hengitettävien hiukkasiin ei ole tällä hetkellä tietoa.

Hengitettävän pölyn määrän minimoimiseksi puhdistuslaitteistojen poistoilmassa on kehitteillä puhdistuslaitteistoihin asennettavia aerosolisuodattimia (esimerkiksi sykroni-, kuitu- ja sähkösuodattimia). Tällaisilla laitteistoilla on teoriassa mahdollista saavuttaa massana mitattuna jopa yli 90 %:n puhdistustehokkuuksia poistoilman hengitettävien hiukkasten päästöissä riippuen tekniikasta, mutta usein ne vaativat myös suuria ilmamääriä sekä tilaa ja näin ollen väistämättä suurentavat koko puhdistuslaitteiston kokoa ja samalla nostavat myös laitteistojen hintaa.

Vaikutus ilmanlaatuun ++

Nykyisin käytössä olevan kaluston puhdistustehoista PM_{10} hiukkasille tai poistoilman PM_{10} -pitoisuuksista ei ole tehty systemaattista kartoitusta. Olemassa oleva tutkimustieto on hajanaista ja osin ristiriitaistakin, mikä voi johtua siitä, että tutkittu kalusto on ollut hyvin vaihtelevaa eikä tutkimuksissa ole useinkaan annettu riittävästi teknisiä tietoja tulosten arvioimiseksi. Tutkimustulosten perusteella voidaan kuitenkin todeta, että puhdistuslaitteistoilla tai niiden yhdistelmillä on mahdollista alentaa PM_{10} -päästöjä ja -pitoisuuksia, vaikka osa kalustosta voi tosin jopa lisätä päästöjä. Näin ollen oikean kaluston valinta on avainasemassa, mikäli puhdistuksella halutaan vaikuttaa myös katujen pölypitoisuuksiin. Pölynpoistoon sopiva kalusto poistaa pölyn kadun pinnasta eikä levitä sitä takaisin ympäristöön myöskään poistoilman mukana.

Parhaat puhdistustulokset on saatu käyttämällä eri tekniikoita samanaikaisesti. Myös katujen painepesun seurauksena on esitetty useissa tutkimuksissa ilmanlaadun paranemista. Tutkimusten perusteella vaikuttaa siltä, että nyky menetelmillä ei kuitenkaan kertapuhdistuksella pystytä alentamaan katujen keväisiä pölytasoja kesällä havaittavalle puhtaustasolle.

Tutkimuksissa arvioitu vaikutus PM_{10} vuorokausikeskiarvoihin on ollut laitteistosta riippuen maksimissaan luokkaa 2–3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tai suhteellisenä alenemana arvioituna 6–15 %. Vaikutuksen tehokkuus riippuu puhdistuksen oikeasta ajoituksesta ja käytetystä laitteistosta. Puhdistumisen kesto riippuu paljon lähiympäristössä olevista hiukkaslähteistä ja voi vaihdella 1–2 päivästä pysyvämpään vaikutukseen. Kun pölyä vapautuu paljon, esimerkiksi alkukeväästä, puhdistuksen toistoihin on varauduttava.

Uutta tekniikkaa hyödyntävän kaluston osalta puhdistusvaikutuksista ei ole tällä hetkellä mahdollista tehdä määrällisiä arvioita, koska mittaustuloksia ei vielä ole saatavilla. Poistoilman suodatuksen tehokkuuksista on olemassa joitakin laitevalmistajien tekemiä mittauksia. Alustavien arvioiden perusteella voi olettaa, että uudella tekniikalla voitaisiin katujen puhdistusta tehostaa paljon.

Toimenpide-ehdotus:

Jalkakäytävien ja pyöräteiden puhdistukseen käytettävillä laitteistoilla pitää myös asettaa selkeät laatuvaatimukset ja valvoa niiden toteuttamista. Mikäli katujen puhtaanapito on kokonaan kaupungin hoidettavana, se voi solmia jalkakäytävien puhdistuksen urakkasopimukset niin, että ne kattavat riittävän suuret ja yhtenäiset

set katualueet sekä antaa määräyksiä ja ohjeistusta käytettävästä kalustosta ja puhdistuksen toteuttamistavasta ja -ajasta.

Esimerkki puhdistuslaitteistojen sertifiointista (RULE 1186) Yhdysvalloissa South Coast Air Quality Management Districtin (SCAQMD) alueella, Etelä-Kaliforniassa.

Yhdysvalloissa on pyritty vähentämään tieliikenteen katupölypäästöjä ottamalla käyttöön hengitettävää pölyä tehokkaasti poistavia puhdistuslaitteita. Laitteisto on sertifioitava PM₁₀-tehokkaaksi SCAQMD:n säätämällä testaustavalla (Rule 1186, Liite A).

Testaukset tehdään tarkoitusta varten tehdyssä minimissään 61 metriä pitkässä, tuuletetussa tunnelissa, jonka molemmissa päissä on hiukkasmittarit. Testaustunneli on päällystetty normaaleja katuolosuhteita vastaavalla päällysteellä ja siitä noin puolet on reunustettu jalkakäytävän reunaa edustavalla kiveyksellä. Puoles- sa välissä testitunnelia on hidastetöyssy.

Päällysteelle levitetään (levitysnopeus 280 g/m) n. 17 kg materiaalia, joka on 90 % pestyä hiekkaa ja 10 % kalsiumkarbonaattipölyä. Puolella tunnelin kokonaispituudesta materiaali levitetään heti reunakiveyksen viereen ja lopulla mat- kasta noin 60 cm reunasta. Päällyste puhdistetaan sertifiointia hakevalla laitteis- tolla minimissään 8 km/h nopeudella kolme kertaa. Puhdistuksen jälkeen pinta puhdistetaan BAT-tason puhdistuslaitteistolla, jonka keräämää materiaalmäärää verrataan sertifioitavan laitteen poistamaan määrään sekä levitysmäärään. Serti- fiointia hakevan puhdistuslaitteen on osoitettava vähintään 80 %:n nostotehok- kuus ja tunnelin suulla tehtyjen hiukkasmittausten on osoitettava, että puhdistuk- sen aikaiset PM₁₀-päästöt ovat olleet alle 200 mg/m.

Testaustapaa on kritisoitu siitä, että se ei suoraan mittaa kadunpinnan puhdistu- mista PM₁₀-pölystä. Periaatteessa laitteistot läpäisevät testin, vaikka kaikki PM₁₀- pöly jäisikin päällysteen pintaan, kuhan laitteisto ei vain työn aikana pölytä sitä ilmaan. Näin voi tapahtua esimerkiksi jos pölyä kostutetaan ja hienoaaines jää lietteen päällysteen rakoihin.

Rule1186:n sertifiointijärjestelmä ei välttämättä sellaisenaan ole suositeltava lait- teistotestauksiin Suomessa, mikäli halutaan saavuttaa paras hyöty erityisesti hengitettävissä hiukkasissa. Sertifiointijärjestelmän vaatima mittaustapa on lisäksi raskas ja vaatii paljon esivalmisteluja. Korvaavina mittausten menetelminä voisi käyt- tää esimerkiksi ajoneuvoihin asennettuja mittaussysteemejä (esimerkiksi Nuuski- ja-auto), joille suunniteltaisiin vertailukelpoinen testausprotokolla.

4.1.4 Talvikunnossapito, liukkaudentorjunta, hiekoitus ja suolaus

Toimenpide 7. Parannetaan liukkaudentorjunnassa käytettävän hiekoitussepin laatua

Toimenpiteen tarkoituksena on parantaa hiekoitussepin laatua lähinnä pe- suseulonnalla ja materiaalivalinnoilla sekä hiekoitusmäärien optimoinnilla. Tätä työtä on Helsingissä tehty jo pitkään, ja toimenpiteillä voidaan katsoa saavutetun hyötyjä ilmanlaatuun. Käytössä on esimerkiksi 1/5,6 mm:n pesuseulottu hiekoi- tusseppi ajoradoilla ja 3/5,6 mm:n pesuseulottu seppi jalkakäytävillä. Myös se-

peleissä käytetyille kivilajeille on vaatimuksia. Tällä hetkellä ei ole selvää käsitystä millaisia materiaaleja kiinteistöt käyttävät vastuualueillaan.

Toimenpiteen alla on eritelty alakohtia hiekoitussepin laadun parantamiseksi. Alakohtien yhteyteen on kerätty tämän hetken tieto niiden vaikutuksesta pölyn muodostumiseen ajoratojen hiekoittamisen vaikutuksesta. Jalkakäytävillä muodostuva pöly todennäköisesti rajoittuu lähinnä materiaalin mukana kulkeutuvaan hienoaineeseen ja jossain määrin sen hienontumiseen talven aikana. Eri alakohdista koskevia tutkimustuloksia on koottu taulukkoon 4.

Taulukko 4. Tutkimustuloksia hiekoituksen pölyvaikutuksista.

Toimenpide	Vaikutus	Tutkimus
Pesuseulonta 0/6mm -> 1/6mm	vähensi 20 % kokonaispölynmuodotusta koeradalla (levitysmäärä 250 g/m ²)	Mustonen & Valtonen 2000
Pesuseulonta 1/6mm -> 2/6mm	vähensi 20–25% PM ₁₀ pölynmuodotusta koeradalla (levitysmäärä 300 g/m ²)	KAPRO-hanke (esim. Kupiainen 2007)
Hiekoitussepin lujuusominaisuuksien parantaminen	Hyvän lujuusominaisuuden murske (Koskenkylän louhos) vähensi pölynmuodotusta 30 % verrattuna heikompaan Rappukallion murskeeseen koeradalla (levitysmäärä 250 g/m ²). Vastaavat tulokset saatiin sekä 0/6 että 1/6mm raekoilla	Mustonen & Valtonen 2000
	Lujuuskestävämmillä kiviaineksilla (Malmgårdin graniitti LA-luku 15, STT-luku 5,2 ja Diabaasi LA-luku 16, STT-luku 11,26) havaittiin 20–40 % alhaisempi PM ₁₀ -muodostuminen verrattuna heikompaan kiviainekseen (Ämmäsuon graniitti LA-luku 42, STT-luku 20,7). Testaukset tehtiin koeradalla, murskeen levitysmäärä 1 000g/m ² raekoko 2/6mm.	KAPRO-hanke
Vähentämällä hiekoituksen määrää	Kokonaispölyn muodostuminen lisääntyi heti hiekoituksen jälkeen 3–6-kertaiseksi Mallaskadun tunnelissa (raekoko 1/6mm, levitysmäärä 250 g/m ²)	Mustonen & Valtonen 1998
	PM ₁₀ -pölyn muodostuminen lisääntyi heti hiekoituksen jälkeen 15-kertaiseksi Nuuskijalla tehdyissä kuivan ja lumettoman kelin tiemittauksissa (raekoko 1/6mm, levitysmäärä 500 g/m ²)	Kupiainen ym. 2007
	PM ₁₀ -pölyn muodostuminen lisääntyi heti hiekoituksen jälkeen 1,4-kertaiseksi tienvarsimittauksissa lumisella kelillä	Kantamaneni ym. 1996
	PM ₁₀ -pölyn muodostuminen oli 2,5 tuntia hiekoituksen jälkeen 1,75-kertainen ajoneuvomittauksissa kuivalta tieltä (levitysmäärä 150 g/m ²). Vaikutus kesti 8 tuntia tai 2500 ajoneuvo-ohitusta.	Kuhns ym. 2003
	PM ₁₀ -pölyn muodostuminen oli hiekoituksen jälkeen n. 2-kertainen ja oli sillä tasolla kaksi päivää hiekoituksen jälkeen (ajoneuvomittaukset).	Gertler ym. 2006
	Pölyn muodostumisessa havaittiin huippu pian hiekoituksen jälkeen, jonka jälkeen päästö/muodostuminen alkoi laskea lineaarisesti. Päästötaso oli laskeutunut hiekoitusta edeltävälle tasolle 4–8 tuntia.	Kuhns ym. 2003; Kupiainen ym. 2007

Pölytön ja teknistaloudellisesti paras mahdollinen sepeli (esim. diabaasi) -> vaikuttavuus pölynmuodostumiseen

Kts. kohdat ”Tutkimalla mahdollisuuksia laskea hyväksyttävän hienoaineksen määrää/Hakemalla optimaalisia hiekoitushiekan raekokoja/Kehittämällä hiekan-toimittajan hiekoitushiekan pesun ja seulonnan laatua” sekä ”Kiinnittämällä huomiota hiekan iskunkestävyyteen”.

Tutkimalla mahdollisuuksia laskea hyväksyttävän hienoaineksen määrää / Hakemalla optimaalisia hiekoitushiekan raekokoja / Kehittämällä hiekan-toimittajan hiekoitushiekan pesun ja seulonnan laatua

Hienoaineksen pesuseulonalla on tutkimuksissa havaittu saavutettavan selviä hyötyjä hiekoitussepelistä muodostuvan pölyn ja sen päästöjen vähentämisessä. Mustonen & Valtonen (2000) havaitsivat pölymuodostuksen vähenevän noin 20 %, kun murskeesta seulotaan alle 1 mm:n hienoaines pois. KAPRO-hankkeessa (esim. Kupiainen 2007) havaittiin, että jos murskeesta seulotaan vielä 1–2 mm:n hienoaines pois voidaan pölynmuodostumista edelleen alentaa 20–25 %.

Laadunvalvonnalla tulee varmistaa, että toimitettu materiaali vastaa sitä mitä on tilattu. Esimerkiksi mikään käytetyistä materiaaleista ei saisi sisältää alle 125 µm tai 63 µm seulan läpäiseviä jakeita, koska jo noin 100 µm halkaisijaltaan olevat partikkelit pystyvät nousemaan tehokkaasti ilmaan.

Vähentämällä hiekoitussepelin käyttöä -> lisäämällä suolausta, käyttämällä täsmähiekoitusta

Hiekoituksen levitysmäärän optimoiminen myös vähentää pölyn muodostusta. Esimerkiksi Mustonen (1997) on todennut, että tehokkain keino vähentää hiekoituksen pölyvaikutusta on vähentää kokonaislevitysmäärää. Levitysmäärää voidaan vähentää kohdentamalla hiekoitusta niille alueille, jossa sen tuomaa lisäkitkaa tarvitaan (täsmähiekoitus). Tällaista optimointia onkin Helsingissä tehty jo paljon. Hiekoitusta voidaan myös korvata vaihtoehtoisilla liukkaudentorjuntamenetelmillä, kuten suolauksella (kts. Toimenpide 9).

Myös kertalevitysmäärällä ja pölyn muodostumisella on havaittu olevan yhteyttä. KAPRO-projektissa koeradalla tehdyissä tutkimuksissa renkaiden alla olevan murskeen määrän lisäämisen havaittiin kasvattavan pölynmuodostumista. Vastaavia tuloksia on saatu myös tieoloissa tehdyissä tutkimuksissa (Taulukko 1). Helsingissä hiekoitusmateriaalin kertalevitysmäärät ovat tällä hetkellä 60–110 g/m² (Lähde: Juha Kivinen, HKR), minkä voi katsoa olevan jo kohtuullisen vähäinen määrä.

Kiinnittämällä huomiota hiekan iskunkestävyyteen

Lujuusominaisuuksien parantamisella voidaan myös vähentää pölynmuodostumista hiekoituksesta. Mustonen & Valtonen (2000) havaitsivat 30 %:n vähenemän paremmalla murskeella. Myös KAPRO-projektissa havaittiin vastaavia vähenemisiä PM₁₀-kokoluokassa.

Hankkimalla syksyllä koko talven sepelit

Kylmissä oloissa talvella pesuseulottu sepeli voi sisältää enemmän hienoainesta kuin esimerkiksi syksyllä pesuseulottu.

Vaikutus ilmanlaatuun ++

Hiekoituksen pölynmuodostusta lisäävä vaikutus on osoitettu useissa tutkimuksissa. Pölyn muodostumisesta ei kuitenkaan voi tehdä suoria johtopäätöksiä kokonaispäästöihin tai ilmanlaatuun, sillä muodostunut pöly ei välttämättä heti pääse ilmaan. Esimerkiksi kosteissa oloissa pölyä muodostuu, mutta päästö tapahtuu vasta myöhemmin. Samoin hiekoituksen käyttö ei jakaannu tasaisesti koko kaupungin alueelle, joten on oletettavaa, että sen vaikutuskin painottuu käytön mukaan. Muodostunut pöly voi tosin kulkeutua helpostikin laajemmalle alueelle. Lisäksi eri lähteiden suhteellisiin osuuksiin vaikuttavat tutkittavan alueen muiden päästölähteiden voimakkuudet. Pölyn muodostumista vähentämällä vähennetään kuitenkin myös kaupunkialueelle kertyvää pölykuormaa ja näin ollen myös vaikutetaan sen potentiaaliseen ilmapäästöön. Hiekoitusmateriaalin mukana voi kulkeutua myös pölyvää hienoaainesta, ellei sitä ole tehokkaasti seulottu pois. Tämän osalta huomio kiinnittyy myös jalkakäytävillä käytettävään hiekoitusmateriaaliin.

Hiekoituksen osuutta ilmanlaadun mittausaineistoissa tutkittiin KAPRO-hankkeessa Hangossa ja pääkaupunkiseudulla. Hangon kohteessa maaliskuuhuhtikuun vaihteessa tehdyssä tutkimuksessa ajoradalta kulkeutuvan hiekoitusperäisen pölyn osuudeksi PM₁₀-hiukkasissa arvioitiin 6–12 %. Alueella ei havaittu tutkimusajankohtana korkeita PM₁₀-pitoisuuksia (kolmen vuorokauden keskiarvo maksimissaan noin 40 µg/m³). Tutkimusalueella vaikutti myös muita lähteitä ja mineraaliperäisessä katupölyssä hiekoitusperäiseksi pölyksi arvioitiin noin 10–20 %. Hiekoituksen vaikutus väheni kevään edetessä. Hangossa hiekoitukseen käytettiin terästehtaan masuunikuonaa, jonka ominaisuudet ovat saataneet vaikuttaa tutkimustuloksiin.

Pääkaupunkiseudulla vastaavanlaisia päästöosuuksien arvioita vaikeutti tutkimusalueen ulkopuolelta kulkeutuva mineraalipöly. Mineraaliperäisessä PM₁₀-pölyssä hiekoituksen vaikutus arvioitiin Museokadulla olleen noin 40–50 %, kun taas Tikkurilan TSP-pölyssä hiekoituksen osuus arvioitiin olevan 60–80 %. Osuusarvioiden hajonta ja epävarmuudet arvioitiin kuitenkin suuriksi ja päällähteiden osuuksien tutkimista keväisessä PM₁₀-pölyssä tulisikin jatkaa.

Hiekoituksen ja siihen liittyvien toimenpiteiden päästö- ja lopulta ilmanlaatuvaikutukseen vaikuttaa merkittävästi se mitä arvioidaan muiden lähteiden vaikuttavuudeksi. Keväisen PM₁₀-pölyn tapauksessa toisen päällähteistä voidaan katsoa olevan lähinnä nastarenkaiden käytöstä aiheutuvan päällysteen kuluman. Nykytietämyksen perusteella on hyvin vaikea tehdä määrällisiä arvioita näiden kahden lähteen osuuksista ja lähteiden osuudet todennäköisesti vaihtelevat suurestikin riippuen siitä, hiekoitetaanko ollenkaan tai miten ja millä materiaaleilla hiekoitetaan. Asian selvittämiseksi avainkysymyksenä on jatkossa tutkia kevätpölyn eri lähteiden osuuksia kadun pinnalta nousevassa pölyssä ja kaupunki-ilmassa. Lisäksi päällähteiden päästömääristä ja niihin vaikuttavista tekijöistä tulisi saada lisätietoa katuolosuhteissa. Tässä yhteydessä on tarpeellista, osin toimeksianton ulkopuolella, käsitellä tarkemmin myös nastojen käytön vaikutusta.

Nastarenkaiden käyttö

Nastarenkaiden käytöstä todetaan toimintaohjelmassa vain seuraavaa (s. 82–83): ”Helsingissä nastarenkaiden kieltoa ei nähdä tällä hetkellä tarpeellisenä. Nastarenkaiden määrää voidaan vähentää esimerkiksi valistuksella ja suosituksella.”

Ruotsissa on Vägverket äskettäin esittänyt, että taajamien ilman hiukkaspitoisuuksia voidaan parhaiten alentaa vähentämällä nastarenkaiden määrää. Ruotsalaistutkimuksessa väitetään jopa, että nastarenkaiden määrän vähentyessä 10 %, alenevat ilman PM₁₀-pitoisuudet 10 µg/m³ (Johansson ja Norman, 2004). Tämä vaikuttaa pahasti ylimitoitetulta väitteeltä. Kun Suomessa nastarenkaiden määrä on yleisesti 80 %, pitäisi nastarenkaiden poistamisella aikaansaada PM₁₀-pitoisuuksien alenemana 80 µg/m³. Uudemmassa ruotsalaistutkimuksessa esitetään, että vähentämällä Tukholmassa nastarenkaiden nykyinen 70 %:n osuus puoleen (30–40 %:iin) voitaisiin alentaa PM₁₀-pitoisuuksia 20–25% Tukholman keskusta-alueilla.

Norjassa on käytännön kokemuksia nastarenkaiden vähentämisen vaikutuksista ilman hiukkaspitoisuuksiin. Oslossa vähennettiin nastarenkaiden osuutta 82 %:sta 21 %:iin vuosina 1992–2001. Talviaikaisen PM₁₀-pitoisuuden arvioitiin vähenevän 1 µg/m³ nastarenkaiden määrän pienentyessä 10 %. Vaikutus on siten vain murto-osa ruotsalaisten arvioista.

Japanissa säädettiin kesäkuussa 1990 laki, jolla kiellettiin nastarenkaiden käyttö tarkoituksena estää pölyhiukkasten muodostusta. Lailla oli suuri merkitys Hokkaidossa, jossa vallitsevat paikoin vaikeat talviolosuhteet. Seuraavan 10 vuoden aikana PM₁₀-pitoisuudet alenivat tuntuvasti, mutta samalla kasvoivat kielteiset vaikutukset: jäiset tienpinnat, liukkaudesta johtuvat onnettomuudet, talviliikenne vaikeutui ja kustannukset kasvoivat. Näiden haittojen seurauksena piti lisätä runsaasti jäätymistä estävien aineiden ja liukkaudentorjuntaan tarkoitettujen murskeiden käyttöä. Haittavaikutuksilta voitiin välttyä, jos nastarenkaiden osuus oli noin 80 %.

Japanissa ja Norjassa nastarenkaiden kielto tai rajoitus alkoi 1990-luvun alussa. Niihin aikoihin nastojen kuluttava vaikutus oli huomattavasti suurempi kuin Suomessa nykyisin käytössä olevilla henkilöautojen nastoilla.

Johtopäätelmiä:

- Nastojen käytön vähentämisellä voidaan pienentää katujen pinnan kulumista ja pölyn muodostusta.
- Merkittävä ilman laadun parantaminen edellyttää pitkälle menevää nastojen vähentämistä.
- Edellisestä seuraa tarve lisätä liikenneturvallisuuden vuoksi suolausta ja hiekoitusta, mikä puolestaan lisää katupölyn muodostusta.
- Nastarenkaat lisäävät tuntuvasti liikennemelua ajettaessa yli 40 km/h nopeudella.
- Yhdymme toimintaohjelman näkemykseen, jonka mukaan nastarenkaiden määrää voidaan vähentää valistuksella ja suosituksella.

Toimenpide 8. Tiukennetaan kaupungin antamia määräyksiä ja suosituksia

Toimenpiteen ajatuksena on kaupungin antamin määräyksiin puuttua siihen miten kadun ja yleisten alueiden kunnossapitoa suoritetaan. Kohderyhmänä ovat kiinteistöt, joille annettaisiin määräyksiä lumenpoiston ja liukkaudentorjunnassa käytettävän sepelin osalta sekä työmaan vaikutuksesta liikenteen sujuvuuteen.

Vaikutus ilmanlaatuun ++

Kiinteistöjen käyttämästä sepelistä tai lumenpoistokäytännöistä ei ole systemaattista tietoa. On mahdollista, että tällä hetkellä kiinteistöjen käyttämät hiekkoitusmateriaalit sisältävät seulomatonta ja helposti pölyävää ainesta myös hengittävässä kokoluokassa, joka leviää jalkakäytäviltä ajoradalle ja katu ympäristöön. Sepelin murskaantuminen hienoksi pölyksi lienee vähäisempää jalkakäytävillä, kuin ajoradoilla, mutta jalkakäytävillä käytettävästä sepelistä osa voi kulkeutua myös ajoradoille ja muodostaa pölyä siellä. Kaupunkialueilla havaitun PM₁₀-katupölyn tarkat lähdearviot puuttuvat tällä hetkellä ja näin ollen myös kiinteistöjen alueilta kulkeutuvan pölyn merkitys katupölyn lähteenä on epävarma.

Sepeliä koskevat määräykset, esimerkiksi raekokoon liittyvät vaatimukset, edesauttaisivat sitä, ettei hiekkoitusmateriaalin mukana kulkeudu pölyävää hienoainesta katu ympäristöön. Lisäksi kiinteistöjen sepelin poisto tulisi koordinoita tehokkaammin HKR:n tekemän hiekanpoiston yhteyteen, jolloin puhdistustoimien tehokkuus paranisi.

Lumenpoiston tehostaminen vähentää keväällä lumikasoista vapautuvaa pölykuormaa. Näin ollen kevätkauden pölyisyys vähenisi. Lumenkuljetusta on käsitelty tarkemmin toimenpide 10 yhteydessä.

Lisäksi esitetään harkittavaksi seuraavia määräyksiä/ohjeistuksia:

- Katujen ja jalkakäytävien puhdistuksessa käytettävien laitteistojen laatuvaatimukset ja niiden valvonta
- Toimenpiteen 5 yhteydessä esillä olleet säädökset työmaiden aiheuttaman pölyämisen estämiseksi
- Asfaltin laatua koskevat suositukset sitten, kun asiasta on riittävästi tutkimustietoa. Suositukseen tulee sisällyttää myös asfaltin iän ja kuluneisuuden normitus.
- Auraukseen ryhtymistä koskevan ohjeistuksen muuttaminen niin, että aurauksen käynnistetään nykyistä käytäntöä varhemmin
- Lumen poistoa koskevien säädösten tiukentaminen
- Katujen puhtauskriteerit, käsitellään tarkemmin toimenpiteen 13 yhteydessä

Toimenpide 9. Kehitetään suolauksen toteutusta

Toimenpiteellä kehitetään suolauksen käyttöä sekä liukkaudentorjunnassa että pölynsidonnessa.

Suolaus liukkaudentorjunnassa

Helsingissä on käytetty NaCl-liuosta liukkaudentorjunnassa, mikä itse asiassa on pääsääntöinen liukkaudentorjuntatapa pääväylillä. Suolan kertalevitysmäärät ovat 5–60 g/m² riippuen sääolosuhteista (lähde: Juha Kivinen, HKR). Suurimmat levitysmäärät ovat käytössä lumisateen aikana. Tällä hetkellä käytetyn NaCl-liuoksen ominaisuutena on, ettei sitä voi käyttää noin alle -5 °C lämpötiloissa, jolloin esiintyvää pakkasliukkautta torjutaan hiekoittamalla. KAPU-projektin toimenpidekirjausten mukaan pääväylilläkin voidaan joutua hiekoittamaan useita kertoja vuodessa. Muita vaihtoehtoisia liukkaudentorjunta-aineita ovat esimerkiksi eri suolat CaCl₂ tai MgCl₂ tai asetaatit ja formiaatit, joista esimerkkeinä kalsiummagnesiumasetaatit (CMA) ja kaliumformiaatti (esim. Hellstén ym. 2002; Juuri-nen 2006). Hiekoituksen korvaaminen suolauksella vaatisi liuosväkevyyden nos-ton tai jonkun vaihtoehtoisen aineen käyttöönötön.

Toimenpideohjelmassa esitetty kokeilu käyttää magnesiumkloridia bussipysäkki-en jäänsulatuksessa on kannatettava. Ehdotamme, että kokeilu toteutetaan jo alkavan talven aikana. Mikäli siitä saadaan myönteisiä kokemuksia, on syytä har-kita magnesiumkloridin käyttöä muissakin erityiskohteissa natriumkloridin sijasta.

Vaikutus ilmanlaatuun +

Hiekoitusperäisten hengitettävien hiukkasten pitoisuudet alenevat. Hiekoituksen osuudeksi PM₁₀-kevätpölyssä on eri katu ympäristöissä ja eri hiekoitusmateriaa-leilla arvioitu 10–50 %. Mikäli hiekoitus korvattaisiin täysin suolauksella, vä-henemä ei kuitenkaan mitä todennäköisimmin olisi näin suuri. Suolaus saattaa lisätä katujen kosteutta, mikä puolestaan saattaa lisätä nastarenkaiden aiheut-tamaa kulumaa. Suolauksella on lisäksi joissakin tutkimuksissa havaittu olevan myös päästötasoa nostavaa vaikutusta.

Pölyämisen esto

Pölyn torjunta on ohjelmassa sisällytetty toimenpiteeseen 9 ”Kehitetään suolauk-sen toteutusta”. Mielestämme asia tulisi käsitellä erillisenä toimenpiteenä sen ominaisluonteen ja merkityksen vuoksi.

Pölyn torjunnasta on saatu pääkaupunkiseudulla hyviä kokemuksia. Tervahattu (2005) osoitti, että sateettomana aikana ilman PM₁₀-pitoisuuksia voidaan alentaa jopa kahden viikon ajan kadulle levitettävällä kalsiumkloridiliuoksella. Sateet huuhtelevat suolan kaduilta ja lyhentävät sen vaikutusaikaa. Pölyn sidonnan te-hokkuus on suuresti riippuvainen ilman kosteudesta. Keväisenä pölykautena ilma saattaa usein olla niin kuivaa, ettei CaCl₂ pysty imemään vettä ilmasta eikä kos-tuttamaa kadun pintaa.

Myös KAPU-projektissa on saatu hyviä tuloksia pölynsidonnessa Helsingissä, Espoossa ja Vantaalla (Tervahattu ym. 2007). Espoossa on kehitetty täsmälevi-tin, jolla kalsiumkloridiliuosta voidaan levittää vain kaikkein pahimpiin pölypaik-

koihin ajoradan ulkoreunassa. Tällä laitteella levitystä voidaan tehdä useammin ja väkevämmällä liuoksella.

Usein toistuvilla levityksillä saavutettiin Espoossa ilmeisen merkittäviä tuloksia. 30.3. mennessä oli Espoon keskuksessa rekisteröity 13 raja-arvotason ylityspäivää, ja kyseisen päivän vuorokausikeskiarvo oli $102 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sen jälkeen sääolot jatkuivat sellaisina, että ylityksiä olisi voinut sään puolesta olla vielä parin viikon ajan (Mannerheimintielle 6 ylitystä, Leppävaarassa 4 ylitystä). Kuitenkin Espoon keskuksessa pitoisuudet romahtivat jyrkästi 31.3. eivätkä sen jälkeen kertaakaan ylittäneet raja-arvotasoa. 30.3. jälkeen seuranneen kahden viikon aikana ei tehty mitään merkittäviä katujen puhdistustoimia. Vaikka sitä ennen puhdistusta olikin tehty, on näin merkittävä muutos ilmanlaadussa ilmeisesti ollut suurelta osalta pölyn sidonnan ansiota. Sen avulla on siis mahdollista ratkaisevasti vähentää liian korkeita hengitettävän pölyn pitoisuuksia.

Myös ulkomailla on osoitettu kemiallisen pölynsidonnan tehokkuus. Kalsiumkloridin sijasta on käytetty kalsium-magnesium-asetaattia (CMA) tai magnesiumkloridia. Niiden molempien vaikutus perustuu aineiden hygroskooppisuuteen samalla tavalla kuin kalsiumkloridin. Ruotsissa saavutettiin sekä CMA:lla että MgCl_2 :lla useiden kymmenien prosenttien alenema PM_{10} -pitoisuuksissa (Johansson ym. 2005). Norjassa tutkittiin magnesiumkloridin vaikutusta tunnelin PM_{10} -pitoisuuksiin (Aldrin 2006). Ne alenivat keskimäärin 45 % ja vaikutus kesti 5–9 päivää. Itävallassa saatiin katuolosuhteissa CMA:lla 30 %:n alenema PM_{10} -pitoisuuden vuorokausikeskiarvoissa (Öttl ja Hafner 2005). CMA:lla arvioitiin voitavan vähentää hengitettävien hiukkasten raja-arvotason ylityspäiviä 80:stä 14,0 vrk:lla. Se oli tehokkaampi kuin muut vertailut menetelmät, joita olivat liikenteen vähentäminen 25 %:lla (13,3 vrk:n alenema), pienpolton vähentäminen 50 %:lla (-11,4 vrk) ja hiukkassuodattimien asentaminen 90 %:iin henkilöautoista (-12,2 vrk). Liikenteen lisääntyessä 13 %:lla arvioitiin ylityspäiviä kertyvän 6,7 vrk lisää. CMA:n käytön laskettiin olevan myös kustannustehokkaampi kuin muut keinot, sillä sen vuotuiset kustannukset arvioitiin noin 0,8 milj. euroksi, kun taas autojen hiukkassuodattimien kustannukset olisivat noin 1,7 milj. € ja pienpolton puolittamisen noin 8 milj. €.

KAPU-projektissa osoitettiin, että kalsiumkloridia voidaan käyttää pölyntorjunnassa myös lämpötilan ollessa pakkasen puolella (Tervahattu ym. 2007). 15-prosenttinen CaCl_2 -liuos pysyy jäätymättömänä lähes -15°C :een saakka. Näin ollen se soveltuu pölyntorjuntaan myös pölykauden alkuvaiheessa, jolloin katuja ei vielä päästä puhdistamaan ja muita keinoja huonon ilmanlaadun lievittämiseksi ei juuri ole. Kalsiumkloridin sivuvaikutuksia on Suomessa selvitetty tiehallinnon toimesta. Jos käyttö rajoittuu vain pahimmin pölyäville kaupunkikaduille ja sitä käytetään rajoitetusti täsmälevityksenä, eivät haittavaikutukset ole merkittäviä.

Ehdotuksia toimenpiteisiin:

- Pölyämisen esto otetaan erilliseksi toimenpiteeksi (nyt osana Toimenpide 9:ssä)
- Toimenpideohjelman asiaa koskevaa kolmatta kohtaa täydennetään seuraavasti: käytetään täsmäkastelua tarkoitukseen kehitetyllä laitteistolla pölyäviin kohtiin, jolloin voidaan nostaa liuosvahvuutta ja lisätä kastelukertoja
- Käytetään myös kevätpölykauden varhaisvaiheessa
- Pelkkä vesikostutus voi olla hyödyllinen pölynsidonnassa varsinkin sellaisissa sääolosuhteissa, jolloin vesi ei haihdu nopeasti ja kun saiteita on ennustettu lähi päiville.

Vaikutus ilmanlaatuun +++

Arviomme mukaan toimenpiteellä on mahdollista saavuttaa merkittävä vaikutus hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien alentamiseen ja esimerkiksi vähentää niiden päivien lukumäärää, jolloin ilman PM₁₀-pitoisuuksien raja-arvotasot ylittyvät. Tehokkain vaikutus saavutetaan käyttämällä pölynsidontaa laajalla alueella, ennaltaehkäisyn kannalta oikein ajoitettuna, suotuisissa olosuhteissa ja oikein kohdistettuna.

On syytä korostaa, että pölyä sitovilla kemikaaleilla hoidetaan vain oiretta eikä sillä vähennetä katupölyn määrää. Päinvastoin, sitomalla pölyä tien pintaan estetään ja hidastetaan liikenteen aikaansaamaa kadun puhdistumista. Liiallinen turvautuminen pölyn sidontaan ei saa johtaa varsinaisten pölyn määrää vähentävien toimenpiteiden laiminlyömiseen.

Toimenpide 10. Lisätään lumen kuljetuksia erityisesti ajoreittien läheisyydessä.

Lumen- ja jäänpoiston tehostaminen katu ympäristöstä voi vähentää keväällä vapautuvaa pölykuormaa. Nykyisin sekä ajoradoille että jalkakäytävillä ehtii lumi usein pakkautua tiiviisti, ennen kuin auraukseen ryhdytään. Jalkakäytävillä levitetään yleisesti runsaasti hiekkaa pakkautuneen lumen päälle. Talven mittaan hiekkaa kertyy jalkakäytävillä erittäin runsaasti ja se on jäljellä keväällä lumien suluttua.

Kaupunkialueiden lumen ja jään sekaan varastoituvan pölyn tarkka suuruus ei kuitenkaan ole tällä hetkellä tiedossa, etenään hengitettävien hiukkasten kokoluokassa. Kotolan & Nurmisen (2003) mukaan keskusta-alueilla kadunvarren luminäytteissä (1 000-1 900 mg/l) voi olla jopa 15–20-kertaisia kiintoainespitoisuuksia verrattuna kaupunki-alueiden koskemattomaan lumeen (66–90 mg/l). Keskusta-alueen ulkopuolella kiintoainespitoisuudet olivat alhaisempia.

Myös liikennetiheys vaikutti kiintoaineen määrään. Kotola ja Nurminen (2003) viittaavat Luulajan keskusta-alueella tehtyyn ruotsalaiseen tutkimukseen, jossa vilkkaasti liikennöidyn kadun (KVL 20 000) varrelta otetun luminäytteen kiintoainespitoisuus (1 972 mg/l) oli noin kaksinkertainen verrattuna hiljaisempaan katuun (876 mg/l) (KVL 4 500). Kotola ja Nurminen (2003) toteavat, että kaupunki-alueilla lumen sulamisen aiheuttama kevävalunta voi aiheuttaa huomattavan osan vuotuisesta huleveden ainehuuhtoumasta.

Aurauksella ja lumenkuljetuksella voidaan siirtää varastoitunutta kiintoainesta pois pölyämiselle herkemmiltä alueilta. Kotolan ja Nurmisen (2003) tutkimuksessa kasoihin auratun lumen keskimääräinen kiintoainespitoisuus oli Espoossa otetuissa näytteissä 284 mg/l. Aurausta ja lumen poistoa tehostamalla voidaan vähentää myös hiekoitusta ja suolausta, kun liukkaita aiheuttava lumi ja jää poistetaan. Näin vähennetään katupölyn muodostusta esimerkiksi hiekoitusmateriaalista. Hiekoituksen ja suolauksen kustannussäästöillä voidaan osaltaan rahoittaa tehostettua aurausta ja lumen poistoa. Lumen mukana poistetaan potentiaalisesti merkittävä määrä likaista pölyävää materiaalia.

Vaikutus ilmanlaatuun ++

Lumen kiintoainepitoisuusmittaukset osoittavat, että kadunvarsien lumeen voi olla varastoituneena jopa 15–20-kertaisia määriä kiintoainesta verrattuna koskemattomaan lumeen. Katujen varsille jäävä lumi voi näin ollen olla myös merkittävä pölyn varasto. Kiintoaineksen sisältämän PM_{10} -kokoluokan pölyn määrästä ei kuitenkaan ole tällä hetkellä määrällistä tietoa saatavilla, mutta lumenkuljetuksilla voidaan mitä todennäköisimmin vähentää katu ympäristön pölyisyyttä kevätkaudella. Lumenkuljetukset vaikuttaisivat alentavasti alkukevään korkeisiin päästömääriin.

Toimenpide-ehdotuksia:

- Selkeytetään vastuut ja velvoitteet lumen aurauksen ja pois kuljetuksen osalta.
- Hankitaan kalustoa, jolla voidaan nykyistä paremmin saada lumi pois katuvarsilta.

4.1.5 Kevätpuhdistus ja pesu

Toimenpide 11. Nopeutetaan ja aikaistetaan kevätpuhdistusta

Toimenpiteen tarkoituksena on poistaa hiekoitushiekkaa katu ympäristöstä jo talvella kevätpuhdistuksen nopeuttamiseksi. Hiekoituksen pölynmuodostus tapahtuu pääasiassa sen käytön aikana. Hiekanpoistoa aikaistamalla ja nopeuttamalla voitaisiin poistaa jo muodostunutta hiekoitusperäistä pölyä ennen kuin se pääsee merkittävässä määrin ilmaan. Toimenpiteen alakohtina on nostettu esiin laitetekniikan uudistaminen, kiinteistöjen talviaikainen hiekanpoisto sekä ajoneuvojen siirron tehostaminen katujen varsilla. Toimenpiteen toteuttaminen saattaa vaatia henkilö- ja kalustoresurssien lisäämistä.

KAPU-hankkeessa saatiin viitteitä siitä, että nykyisin käytössä olevilla kevätpuhdistusmenetelmillä pystytään vähentämään hengitettävien hiukkasten päästömäärä katujen pinnasta. Kertatoimenpiteet eivät kuitenkaan puhdistu katuja tarpeeksi, jotta niiden avulla välttyttäisiin heikolta ilmanlaadulta, esimerkiksi raja-arvotason ylityksiltä.

KAPU-hankkeessa selvitettiin myös kevätpuhdistuksen toimenpiteiden ajoittumista vuosina 2006 ja 2007. Vuonna 2006 talviset olot jatkuivat pitkään ja kevätpuhdistukset päästiin aloittamaan noin kaksi viikkoa myöhemmin (viikolla 15) kuin 2007 (viikolla 13). Kaduilta mitattu päästötaso oli puhdistusten alkaessa suurin piirtein samalla tasolla molempina vuosina. Vuonna 2006 päästötason havaittiin laskeneen 75 %, eli suhteellisen puhtaalle tasolle, noin viikkoa myöhemmin (viikolla 19) verrattuna vuoden 2007 tilanteeseen (viikolla 18). Tällöin noin 90 % HKR:n vastuulla olevista kaduista oli puhdistettu. PM_{10} raja-arvotason ylityspäivistä suurin osa osui samoille viikoille puhdistusten kanssa. Vuonna 2006 havaittiin 24 ylityspäivää viikoilla 15–19, kun taas vuonna 2007 suurin osa kevätkauden ylityksistä, 17 ylityspäivää, tapahtui viikoilla 12–16. Kevätpuhdistusten toimenpidekirjausten ja -aikataulujen perusteella vuoden 2006 kevätpuhdistukset pystyttiin toteuttamaan jonkin verran lyhyemmässä ajassa kuin vuonna 2007. Tulosten perusteella voidaan olettaa, että aikaisempi puhdistuksen aloittaminen osin oli

syynä vuoden 2007 aikaisempaan puhdistumiseen, mutta vuoden 2006 puhdistusten nopeammalla läpiviennillä on pystytty jonkin verran kompensoimaan myöhempää aloitusajankohtaa.

Laitteistojen osalta on todettu, että eri tekniikoiden puhdistustehoissa on eroja (kts. myös toimenpide 6). Schillingin (2005) mukaan katujen puhdistuksen tehokkuus riippuu sekä käytetystä kalustosta, että puhdistuksen toistomäärästä, mutta ensisijaisena on kuitenkin sopivan kaluston käyttö. Nykykalustolla ei ehkä ole mahdollista aikaistaa kovinkaan paljoa hiekanpoistojen aloitusta. Tällä hetkellä hiekanpoistossa käytetään olennaisena osana vettä ja sääolot, esimerkiksi yöpakkasten esiintyminen, määräävät hiekanpoiston aloitusajankohtaa. Näin ollen aloituksen aikaistamisen edellytyksenä on kuivamenetelmien selvittäminen ja käyttöönotto. Hiekanpoiston aikaistaminen voisi olla mahdollista esimerkiksi imulakaisulaitteistoilla, jotka eivät vaadi kadun kostuttamista. Kuivissa olosuhteissa operoivan laitteiston tulee olla sellainen, että se tehokkaasti poistaa irtopölyn kadun pinnasta, mutta ei päästä pölyä leviämään ympäristöön poistoilman tai ilmankierrätyksen yhteydessä. Laitetekniikan uudistamisen mahdollisuuksia on käsitelty toimenpide 6 yhteydessä.

Myös kevätpuhdistuksen toteutusta voidaan nopeuttaa oikeanlaisella kalustolla. Karkeamman hiekan ja irtoaineksen poistoon soveltuvan kaluston ohella tulee käyttää myös pölynpoistoon parhaiten soveltuvaa kalustoa. Pölynpoistoon parhaiten soveltuvat laitteistot tulee kartoittaa tutkimuksin (kts. toimenpide 6). Kaluston ohella tulisi olla valmiuksia toistaa puhdistukset sopivassa määrin varsinkin hiekanpoiston alkuvaiheessa, jolloin pölyn muodostuminen ja vapautuminen on tehokasta. Toisaalta tehokkaalla ja ennakoivalla pölynsidonnalla on mahdollista siirtää puhdistuksen aloitusajankohtaa myöhemmäksi (kts. toimenpide 9).

Toimenpideohjelman osiossa 5 "kevätpuhdistus ja pesu" on kirjattu "Kokonaisuuden mittarit" -osassa kahteen kertaan "Hengitettävien hiukkasten raja-arvoylitysten määrä". Tämä mittari soveltuu ensisijaisesti koko katupölyä koskevan toimintaohjelman käyttöön ja on siinäkin tarkoituksessa suuresti riippuvainen kevään sääoloista. Pitemmän aikavälin trendin mittaamiseen se soveltuu, mutta yksittäisen vuoden osalta sen käyttöä pitäisi tarkastella suhteessa kaikkiin muihin muuttujiin. Edellä on jo esitetty, että pelkästään onnistuneella pölyn sidonnalla voidaan raja-arvotason ylitysten määrä parhaassa tapauksessa jopa puolittaa.

Merkittävä nopeutus kevätpuhdistuksessa edellyttää tuntuvaa vähennystä siirrettävien autojen lukumäärässä. Esitettyjen toimenpiteiden lisäksi ehdotamme harkittavaksi, että puhdistuksen kohteena olevien katuosuuksien autojen tuulilasiin kiinnitetään hyvissä ajoin ilmoitus puhdistuspäivästä. Ilmoitukseen tulee sisältyä selkeä määräys ajoneuvon siirrosta sekä nykyistä selvästi suurempi siirtomaksu, jonka korotusperusteisiin lienee laskettavissa kustannuksia, joita maksuun nykyisin ei sisälly.

Vaikutus ilmanlaatuun +/- (riippuu kevään sääoloista)

Kevätpuhdistuksen aikaistamisella ja nopeuttamisella, olisi mahdollista vähentää katupölystä aiheutuvia kevätkauden korkeita PM₁₀-pitoisuuksia. Esimerkiksi suurin osa katupölystä johtuvista raja-arvon ylityksistä ajoittuu puhdistustoimien kanssa samaan aikaan, joten jos tehokkaasti pystyttäisiin poistamaan pölyä katu ympäristöistä jo ennen pahinta pölykautta tai nopeuttamaan pölynpoistoa pölykauden aikana, korkeita pitoisuuksia ei esiintyisi samassa mitassa. Tämä todennäköisesti edellyttää panostuksia hiekanpoistossa käytettäviin resursseihin esimerkiksi kaluston osalta. Merkittävänä hidasteena ovat tällä hetkellä myös siirrettävät ajoneuvot.

Toimenpide 12. Lisätään lämmitettyjä katuosuuksia

Toimenpiteen tarkoituksena on lisätä lämmitettyjen katuosuuksien määrää, jotta voidaan vähentää suolauksen ja hiekoituksen tarvetta ja näin ollen vähentää pölynmuodostumista.

Vaikutus ilmanlaatuun +/-

Lämmitetyillä katuosuuksilla ei tarvita suolausta tai hiekoitusta, joten pölynmuodostuminen on niillä pientä. Näin ollen lämmitettyjen katuosuuksien lisääminen vähentää kaupungin pölykuormaa. Vaikka pölyä ei suoranaisesti muodostuisikaan lämmitetyllä katuosuudella, sitä voi kuitenkin kulkeutua sinne muualta. Lämmityksen vaikutuksesta kadun pinnan kuivuminen on tehokasta ja se pysyy kuivana pitkiäkin aikoja ja jos pölyn kulkeutuminen on voimakasta, katuosuuden päästötaso voi olla korkea ja huonontaa ilmanlaatua.

KAPU-hankkeen mittauksissa havaittiin, että lämmitetty katuosuus (Aleksanterinkatu) oli suuren osan ajasta mittausreitillä pölyisin katuosuus (PM₁₀). Päästötasot olivat Aleksanterinkadulla keskimäärin noin kolminkertaisia verrattuna keskimääräiseen tasoon. Aleksanterinkadun tapauksessa pölyisyyteen voi olla muitakin syitä kuin muualta kulkeutuva pöly, mm. raitiovaunujen käyttämä jarruhiekka saattaa lisätä pölykuormaa. Lämmitettyjen katuosuuksien puhtaanapitoon pitää kuitenkin kiinnittää erityistä huomiota. Lisäksi niiden rakentaminen ja ylläpito on varsin kallista, joten laajamittaisena pölyntorjuntakeinona ne eivät todennäköisesti ole kovinkaan tehokkaita.

Toimenpide 13. Kehitetään työn laatua ja laadunvarmennusta

On tarpeen määritellä katujen pölyemissioiden kriteerit ja mittaustapa, joiden avulla voidaan valvoa käytännön toimintaa, ennen kaikkea tunnistaa ongelma-alueet ja mitata pölyntorjunnan ja puhdistustoimien vaikuttavuutta. Nuuskija- ja TRAKER-mittausautojen tyyppinen katupölyn päästötasojen liikkuva monitorointikalusto soveltuu tähän tehtävään hyvin. Mittausta varten tulee päättää standardiolosuhteista, joiden on vallittava mittauksia tehtäessä ja jotka koskevat tutkimukseen käytettävää autoa ja sen renkaita, ajonopeutta ja sääoloja.

Puhdistuskriteerien noudattaminen edellyttää, että kriteerit kirjataan urakka-asiakirjoihin niin selkeästi, että urakoitsijat tietävät ottaa huomioon niiden merkityksen hinnoittelussaan. Tilaajapuolen kontrollointitapa ja kriteerit pitää olla selkeästi määritelty. Valvonnan täytyy toimia urakoitsijoiden yhdenvertaisuus huomioiden.

Puhdistuksen vastuuvélvoitteita on myös tarpeen selvittää siltä kannalta, pitääkö keväisen puhdistuksen kuulua nykyisen käytännön mukaisesti talvihoitoon vai olisiko selkeämpi erillisvastuu parempi.

Vaikutus ilmanlaatuun +

Työmenetelmien ja laadun parantamisella voi olla mahdollista tehostaa eri toimenpiteitä ja näin lisätä niiden vaikuttavuutta pölyongelman torjumisessa. Puhdistustason ja sen säilymisen jatkuvalla tarkkailulla on mahdollista tunnistaa ongelmapaikat pölyn kannalta, määrittellä tehokkaat pölyntorjunnan toimenpiteet ja tarkkailla toimenpiteiden vaikuttavuutta. Esimerkiksi puhdistusten toiston tarve voidaan selvittää.

4.1.6 Valistus ja koulutus

Aihekokonaisuus 1. Katupöly

Toimenpide 1. Lisätään katujen puhdistukseen liittyvää tiedottamista eri kohderyhmille: kaupunkilaiset, kiinteistöt, kiinteistöyhtiöt

Toimenpide lisäisi kaupunkilaisten ja kiinteistöjen tietoisuutta omista mahdollisuuksistaan vähentää pölyongelmaa. Katupölyn vähentämistä ja käytäntöjä on käsitelty esimerkiksi Hengitysliiton julkaisemassa oppaassa Hiukkasia ilmassa.

Vaikutus ilmanlaatuun +

Tiedottamisen avulla voidaan lisätä kansalaisten, kiinteistöjen ja kiinteistöyhtiöiden tietoisuutta katupölyn lähteistä ja heidän mahdollisuuksistaan vaikuttaa niin että pölyn muodostuminen ja päästöt vähenisivät. Tiedotuksen piiriin voisi liittää myös kiinteistöhuoltoyhtiöt. Tiedotuksen suora vaikutusta ilmanlaatuun ohjelman aikajänteellä on vaikea arvioida. Yleisesti kaupunkilaiset ovat jo varsin tietoisia keväisestä katupölyongelmasta. Tiedotuksen avulla voitaisiin kenties lisätä tietoisuutta henkilökohtaisista vaikutusmahdollisuuksista ongelman vähentämiseen.

4.1.7 Liikenteen rajoitukset

Katupölyn vähentämiseen vaikuttavia liikenteen rajoittamiskeinoja voivat olla liikenteen vähentäminen ja nopeusrajoitusten alentaminen.

Nopeusrajoitusten alentaminen voi parantaa ilman laatua siten, että hiukkasten syntyminen sekä päälysteestä että hiekoitusmurskeesta pienenee ja vielä lisäksi pakokaasujen hiukkaspäästöt vähenevät. Myös liikenteen ilmaan nostamat pölypitoisuudet lisääntyvät ajonopeuden kasvaessa.

Asiaa on tutkittu Osllossa, jossa valtatie 4:llä (Riksvägen 4) nopeusrajoitus pudotettiin 80 km/h:sta 60 km/h:iin. Käytännössä nopeusrajoitukset mittausten mukaan tosin alenivat 77:stä 67 km/h:iin. Tämän todettiin alentaneen ilman PM₁₀-pitoisuuksia 35 %:lla ja hengitettävien hiukkasten karkeassa fraktiossa alenema oli peräti 40 %.

Helsingissä on viime vuosina alennettu monin paikoin nopeusrajoituksia. Niiden vaikutuksesta ilman PM₁₀-pitoisuuksien oletetaan vähentyneen, joskaan asiaa ei ole tutkittu. Lisäpotentiaalia nopeuksien alentamiseen ei liene kovin paljon, mutta sellaiset mahdollisuudet kannattaa kartoittaa, sillä nopeuksien alentamisella voidaan vähentää myös liikennemelua, parantaa liikenneturvallisuutta ja pienentää hiilidioksidipäästöjä.

Liikenteen vähentämisen vaikutuksia ilman laatuun on arvioitu Itävallan Klagenfurtissa. Liikennemäärien alentaminen 25 %:lla laskettiin vähentävän 13,3 vrk/vuosi niiden päivien lukumäärää, jolloin PM₁₀-pitoisuuksien raja-arvotaso ylittyy. Klagenfurtissa näitä ylityspäiviä oli 80. Liikenteen lisääntyminen 13 %:lla arvioitiin aiheuttavan 6,7 ylityspäivä lisää nykyiseen tasoon.

Tukholman tietullien käyttöön otto vähensi Tukholman keskustaan suuntautuvaa liikennettä 22–24 %. Muutos on hyvin vakaa. Kaupungin ytimessä on päivittäin ollut 100 000 autoa aikaisempaa vähemmän. Sen ansiosta keskusta-alueelle on ollut helpompi tulla. Matka-aika keskustaan omalla autolla on jopa puolittunut. Kaupungin läpi ajaa selvästi nopeammin kuin aikaisemmin.

Kun autojen määrä on pienempi, myös ilman laatu on parantunut. Hiukkaspitoisuuksien arvioidaan laskeneen noin 10 % sekä pakokaasupäästöjen että katupölyemissioiden vähetessä. Sen oletetaan merkitsevän, että ennen aikaisten kuolemantapausten määrä on laskenut 25–30 tapausta vuodessa. Hiilidioksidin määrä ilmassa on laskenut 9–14 %. Sen sijaan typpioksidien määrä ei suuremmin ole laskenut. Asiantuntijat arvioivat lisäksi, että vammautuneita on ollut 5–10 % vähemmän. Se merkitsisi 40–70 kolaria aikaisempaa vähemmän.

Liikenteen vähentämisellä on siten monenlaisia muitakin myönteisiä vaikutuksia kuin katupölyn vähentäminen, joka sekin on merkittävä. Lisäksi tietullien rahallinen arvo on niin suuri, että sillä voitaisiin rahoittaa merkittävästi joukkoliikenteen kehittämistä ja tukemista.

4.2 Arvio strategisesti tärkeistä toimenpidekokonaisuuksista

Lista strategisesti tärkeistä toimenpidekokonaisuuksista on ohjelmaluonnoksen sivulla 22. Tässä sitä koskevia näkemyksiä:

Katupölyn osalta listaan on sisällytetty toimenpide III:1 (Kehitetään eri toimijoiden välistä yhteistyötä katupölytoimissa) ja toimenpide III:6 (Parannetaan katupölyn torjunnassa käytettävän kaluston laatua). Molemmat ovat kyllä tärkeitä toimenpidekokonaisuuksia, mutta eivät ehkä kuitenkaan katupölyn osalta merkittävimpiä.

Eri toimijoiden välisessä yhteistyössä voidaan tarkastella erikseen kaupungin sisäisiä organisaatioita kuten HKR, Ymk, Rakvv ja HKL. Niiden kesken yhteistyötä on jo melkoisesti kehitetty. Lisäksi on syytä tarkastella yhteistyötä kaupungin organisaatioiden ulkopuolisten tahojen kanssa. Siinä on vielä kehittämisen varaa. Tältä osin tärkeää on kiinnittää huomiota toimenpiteeseen III:8, johon voidaan sisällyttää kaupungin antamien määräysten tiukentaminen sekä ohjeistuksen selkiyttäminen ja valvonta. Tämä toimenpidekokonaisuus saattaisi olla strategisesti merkittävämpi kuin III:1.

Strategisesti tärkein toimenpidekokonaisuus katupölyn vähentämisessä voisi käsitellä liukkaudentorjuntaa koskevat menetelmät. Tähän kuuluvat hiekoitus, suolaus, nastarenkaiden käyttö, auraus ja lumen poisto. Niiden osalta on tarpeen laatia strateginen ohjelma, miten eri toimenpiteitä tulevaisuudessa toteutetaan.

Lausunnossamme olemme ottaneet kantaa myös asioihin, joita ei toimintaohjelman luonnoksessa ole käsitelty katupölyn yhteydessä, vaikka niiden ohjelman mukaankin katsotaan vaikuttavan PM₁₀-pitoisuuksiin. Tällaisia strategisiksi arvioituja ehdotuksia ovat: Edistetään kevyttä liikennettä (II:2), Lisätään joukkoliikenteen houkuttelevuutta (II:3), Kehitetään joukkoliikenteen poikittaislinjoja (II:4), Edistetään vähäpäästöisyyttä (II:5) ja Osallistutaan ruuhkamaksuselvityksen tekoon ja seurataan kehitystä muualla Euroopassa (II:7). Nämä ehdotukset liittyvät osittain toisiinsa ja strategisena linjana niitä voisi katsoa suurempana kokonaisuutena, jonka voisi nimetä joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen lisäämiseksi ja henkilöautoliikenteen vähentämiseksi.

4.3 Ovatko esitetyt katupölyn toimenpiteet riittäviä ohjelman tavoitteisiin nähden?

Ohjelman katupölyä koskevat toimenpiteet liittyvät lähinnä yleiseen tavoitteeseen: "...hengitettävien hiukkasten pitoisuudet tulee alentaa pysyvästi raja-arvotason alle." Tavoite tarkoittaa, että PM₁₀ vuorokausi raja-arvon numeroarvon (50 µg/m³) ylittävien päivien lukumäärä tulisi pysyä alle 35. Lisäksi mainitaan, että pitoisuuksien alentaminen edelleen on suotavaa. Alentamistavoitetta voisi täsmentää. EU:n nykyisen voimassa olevan direktiivin mukaan PM₁₀ vuorokausi raja-arvon numeroarvon (50 µg/m³) ylittävien päivien lukumäärä tulisi vuonna 2010 pysyä alle 7 päivänä. Tätä kohtaa ollaan EU:ssa muuttamassa, mutta se antaa osviittaa siihen, mihin tavoite Helsingissä voitaisiin asettaa.

Vuonna 2006 raja-arvotason ylityspäivien lukumäärä Töölöntullin monitorointiasemalla oli 59, joista 38 tapahtui helmikuun alun ja toukokuun lopun välisenä aikana. Tuolloin pääasiallisena lähteenä hengitettävälle hiukkasille on katupöly ja näin ollen katupölyyn liittyvät toimenpiteet ovat avainasemassa yleisen tavoitteen saavuttamiseksi.

Taulukkoon 5 on koottu toimenpidekohtaisesti vaikuttavuusarviot, millä toimenpiteillä ohjelmaluonnoksessa esitetyt yleiset tavoitteet voisivat olla saavutettavissa. Tarkemmat perustelut arvioille ja niiden tausta on luettavista toimenpiteiden yksityiskohtaisemman käsittelyn yhteydessä. Näkemyksemme on, että minkään yksittäisen toimenpiteen avulla yleisen tavoitteen saavuttaminen ei mitä todennäköisimmin onnistu vaan tarvitaan useiden toimenpiteiden samanaikaista eteenpäin viemistä ja niiden yhdistämistä. Esimerkiksi liukkaudentorjunnan, talvikunnossapidon ja kevätpuhdistuksen yhteisen strategian luominen voisi mahdollistaa tavoitteen saavuttamisen. Tämän strategian luomisessa tulisi ottaa huomioon ainakin toimenpiteiden 6–11 alla eriteltyjä asioita. Tutkimustiedon lisääntyessä toimenpiteitä ja niiden vaikutusarvioita tulee tarkentaa.

Taulukko 5. Arvio toimenpiteiden vaikuttavuudesta suhteessa yleisiin tavoitteisiin

Toimenpide 1	Kehitetään eri toimijoiden välistä yhteistyötä	+ / ++
Toimenpide 2	Teetetään katupölyn torjuntaan liittyviä tutkimuksia	+
Toimenpide 3	Huomioidaan suunnittelussa katujen kunnossapidon tarpeet	+
Toimenpide 4	Huomioidaan pölyämismominaisuudet katurakentamisessa	++
Toimenpide 5	Vähennetään rakennustyömaiden ja katurakennustyömaiden pölyä	+
Toimenpide 6	Parannetaan katupölyn torjunnassa käytettävän kaluston laatua	++
Toimenpide 7	Parannetaan liukkaudentorjunnassa käytettävän hiekoitussepin laatua	++
Toimenpide 8	Tiukennetaan kaupungin antamia määräyksiä	++
Toimenpide 9	Kehitetään suolauksen toteutusta:	
	liukkaudentorjunnassa	++
	pölynsidonnassa	+++
Toimenpide 10	Lisätään lumenkuljetuksia erityisesti ajoreittien läheisyydessä	++
Toimenpide 11	Nopeutetaan ja aikaistetaan kevätpuhdistusta	+ / +++
Toimenpide 12	Lisätään lämmitettyjä katuosuuksia	+ / -
Toimenpide 13	Kehitetään työn laatua ja laadunvarmennusta	+
Toimenpide 14	Lisätään katujen puhdistukseen liittyvää tiedottamista eri kohderyhmille: kaupunkilaiset, kiinteistöt, kiinteistöyhtiöt	+

Viitteet:

Aldrin, M., 2006. Effekt av vaskning, feiing ok salting i Strømsås-tunnelen vinteren 04/05. Norsk Regnesentral. 71 s.

Asano, M, Hara, F., Tanabe, S., Yokohama, S., 2001. Evaluation of the Ten Years Since Studded Tire's Ban and Future Issues. Monthly Report of Civil Engineering Research Institute, 580, 16-23 (Abstract).

Bartonova, A., Larssen, S., Haugen, L. O., 2002. Utvikling I luftforurensningen 1991-2001. Utslippsreduserende tiltak okg PM10 partikkelkonsentrasjoner i Oslo og Drammen. NILU OR 10/2002.

Bris ym. 1999. A street deposti sampling method for metal and hydrocarbon conamination assessment. The Science of the Total Environment 235, 211–220.

Chang Y. ym. 2005. Effectiveness of street sweeping and washing for controlling ambient TSP. Atmospheric Environment 39, 1891–1902.

Chow ym. 1990. Evaluation of Regenerative-air Vacuum Street Sweeping on Geological Contributions to PM10. Journal of the Air & Waste Management Association 40(8), 1134-1142.

Chow ym. 1994. A Laboratory Resuspension Chamber to Measure Fugitive Dust Size Distribution and Chemical Compositions. Atmospheric Environment 28, 3463–3481.

Düring I. ym. 2004. Auswertungen der Messungen des Blume während der Abspülmassnahme am Abschnitt Frankfurter Allee 86. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Dezember 2004.

Fitz D.R. 1998. Evaluation of Street Sweeping as a PM10 Control Method. Final Report January 29, 1998. Prepared for the MSRC, SCAQMD.

- Fitz D.R. & Bumiller K. 2000. Determination of PM10 Emission from street sweepers. *Journal of the Air & Waste Management Association* 50, 181–187.
- Gertler A. ym. 2006. A Case Study of the Impact of Winter Road Sand/Salt and Street Sweeping on Road Dust Re-entrainment. *Atmospheric Environment* 40, 5976–5985.
- Gustafsson M. ym. 2005. Inandningsbara Partiklar från interaktion mellan däck, vägbana och friktionsmaterial. Slutrapport av WearTox-projektet. VTI-rapport 520.
- Gustafsson ym. 2007. Åtgärder mot partiklar – underlag till regeringsuppdrag. VTI PM, Version 8.0. Skapat 22.3.2007.
- Hagen, L.O., Larssen, S., Schang, J., 2005. Miljøfartsgrense i Oslo. Effekt på luftkvalitet av redusert hastighet på rv 4. NILU, OR 41/2005.
- Hellstén ym. 2002. Vaihtoheitoisten liukkaudentorjunta-aineiden kulkeutuminen pohjave-teen. Suomen ympäristö 552. Suomen ympäristökeskus. Helsinki.
- Härkönen J. 2002. Regulatory Dispersion Modelling of Traffic-originated Pollution. Finnish Meteorological Institute Contributions No. 38.
- Johansson C. 2007. Betydelse av dubbdäck mm för PM10-halterna längs vägarna. ITM-rapport 158, 2007.
- Johansson, C., Norman, M., 2004. Partiklar i stadsmiljö – källor, halter och olika åtgärders effekt på halterna mätt som PM10. SLB Rapport 4:2004.
- Johansson, C., Norman, M., Westerlund, K.-G., 2005. Försök med dammbindning längs E4-Vallstanäs och Norrmalm i Stockholms innerstad. SLB 10:2005.
- John, A.C. ym. 2007. Effectiveness of Street Cleaning for Reducing Ambient PM10 Concentrations. European Aerosol Conference 2007, Salzburg, Abstract T19A047
- Juneholm M. 2007. Åtgärder för att minska emissionerna av partiklar från slitage och uppvirvling från vägtrafiken. Vägverket SA80A 2006:15982.
- Juurinen M.-T. 2006. Pakkasliukkauden torjunta erityisolosuhteissa. Yhteenveto 2003–2006. TKK Tietekniikka T173. Espoo.
- Kantamaneni R. ym. 1996. The Measurement of Roadway PM10 Emission Rates Using Atmospheric Tracer Ratio Techniques. *Atmospheric Environment* 30, 4209–4223.
- Kotola J. & Nurminen J. 2003. Kaupunkialueiden hydrologia – valunnan ja ainehuuhtouman muodostuminen rakennetuilla alueilla. Osa 2: Koealuetutkimus. Teknillisen korkeakoulun vesitalouden ja vesirakennuksen julkaisuja 8. Espoo 2003.
- Kuhns ym. 2001. Testing Re-Entrained Aerosol Kinetic Emissions from Roads (TRAKER): A New Approach to Infer Silt Loading on Roadways. *Atmospheric Environment* 35, 2815–2825.
- Kuhns H. ym. 2003. Vehicle Based Road Dust Emission Measurement – Part: II Effect of Precipitation, Wintertime Road Sanding, and Street Sweepers on Inferred PM10 Emission Potentials from Paved and Unpaved Roads. *Atmospheric Environment* 37, 4573–4582.
- Kukkonen ym. 2005. Analysis and Evaluation of Selected Local Scale PM10 Air Pollution Episodes in Four European Cities: Helsinki, London, Milan and Oslo. *Atmospheric Environment* 39, 2759–2773.

Kupiainen K. 2007. Road Dust from Pavement Wear and Traction Sanding. Monographs of the Boreal Environment Research No. 26. Helsinki.

Kupiainen K., Tervahattu H. & Räisänen M. 2003. Experimental Studies about the Impact of Traction Sand on Urban Road Dust Composition. The Science of the Total Environment 308, 175–184.

Kupiainen K.J. & Tervahattu H. 2004. The effect of traction sanding on urban suspended particles in Finland. Environmental Monitoring and Assessment 93, 287–300.

Kupiainen K., Pirjola L. & Tervahattu H. 2007. Effect of Tire Studs and Traction Sanding on Emissions of Road Dust. Proceedings of the 8th International Symposium on Cold Region Development. Tampere, Finland, September 25-27, 2007, 161–162.

Lampinen A. 1993. Kestopäälysteiden urautuminen. VTT julkaisuja 781. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Espoo 1993.

London Councils, Mayor of London 2006. The Control of Dust and Emissions from Construction and Demolition. Best Practice Guidance. Greater London Authority. November 2006.

Mustonen J. 1997. Katupölyn vähentäminen talvikunnossapidon keinoin. Nykytilaselvitys. Helsingin kaupungin rakennusviraston katuosaston selvityksiä 1997:3.

Mustonen J. & Valtonen J. 1998. Mallaskadun katupölytutkimus. Helsingin kaupungin rakennusviraston katuosaston selvityksiä 1998:3. Espoo 1998.

Mustonen J. & Valtonen J. 2000. Katujen kunnossapitotyöntekijöiden pölyaltistuksen vähentäminen katujen pölynpoistotyössä. Teknillinen korkeakoulu. Espoo

Mäkelä K. 2000. Kirjallisuusselvitys nastarenkaiden irrottaman asfalttipölyn määrästä. VTT Yhdyskuntateknikka. Tutkimusraportti 538/2000. Espoo .

Norman, M. & Johansson, C. 2006. Studies of some measures to reduce road dust emissions from paved roads in Scandinavia. Atmospheric Environment 40, 6154–6164.

Redovisning av regeringsuppdrag N20006/4800/TP – uppdrag att utreda möjliga åtgärder för att minska partikelemissionerna från slitage och uppvirvling. Vägverket 2007-03-33, SA80A 2006:15982.

Tervahattu, H. 2005. Kalsiumkloridin käyttö katupölyn sidontaan pääkaupunkiseudulla keväällä 2004. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen monisteita 2/2005. 18 s

Tervahattu H. ym. 2005. Tutkimuksia katupölyn koostumuksesta ja lähteistä. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 2005:12.

Tervahattu ym. 2006. Generation of Urban Road Dust from Anti-skid and Asphalt Concrete Aggregates. Journal of Hazardous Materials 132, 39–46.

Tervahattu, H., Kupiainen, K., Pirjola, L., Viinanen, J. 2007. Tutkimuksia katupölyn vähentämiseen tähtäävistä toimenpiteistä - KAPU-projektin loppuraportti. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 14/2007.

Trondheim kommune & Statens vegvesen 2005. Bedre luftkvalitet i Trondheim. Utredning av tiltak og forslag til tiltakspakker for bedre lokal luftkvalitet. Oktober 2005.

Vestola, E., Pohjanne, P., Carpén, L., Kaunisto, T., Ahlroos, T., 2006. Kalsiumkloridin sivuvaikutukset. Tiehallinnon selvityksiä 38/2006.

Öttl, D. ja Hafner, W., 2005. Ergebnisse der Wirksamkeit von Calcium-Magnesium-Acetat (CMA) im Winterdienst in Klagenfurt. EU-LIFE Project.

5 Muut ympäristövaikutukset (hiilidioksidi, melu)

Osa toimenpiteistä vähentää ilman epäpuhtauspäästöjen lisäksi sekä melua että hiilidioksidipäästöjä ja lisää kaupungin viihtyisyyttä. Joillakin typpidioksidia ja/tai hiukkasia parantavilla toimenpiteillä voi olla taas vastakkainen vaikutus. Esimerkiksi dieselkäyttöisten ajoneuvojen lisääntyminen vähentää hiilidioksidipäästöjä, mutta nostaa suoraan typpidioksidin ja hiukkasten päästöjä. Kaasukäyttöisten ajoneuvojen lisäys puolestaan parantaa ilmanlaatua typenoksidi- ja hiukkaspäästöjen vähentyessä, mutta lisää samalla hiilidioksidipäästöjä. Muut ympäristövaikutukset on arvioitu toimintaohjelmassa toimenpidekohtaisesti sanallisina arvioina.

5.1 Hiilidioksidi

Typpidioksidi- ja hiukkaspäästöjen ohella on arvioitu toimenpiteen vaikutusta hiilidioksidipäästöihin. Arviointi perustuu YTV:n tuottamiin päästölaskelmiin. Hiilidioksidi on merkittävin ihmisen tuottamista ilmastomuutosta aiheuttavista kasvihuonekaasuista.

Hiilidioksidipäästöt aiheutuvat pääosin lämmön- ja sähkönkulutuksesta sekä liikenteestä. Helsinki on kestävä kehityksen ohjelmassaan sitoutunut laskemaan kasvihuonekaasupäästöjä vuoden 1990 tasolle vuoteen 2010 mennessä. Tavoitteen saavuttamiseksi pääkaupunkiseudun kaupungit ovat laatineet yhteisen ilmastostrategian, jonka pyrkimyksenä on vähentää päästöjä nykytasosta kolmasosalla vuoteen 2030 mennessä. Päästökaikkehitys riippuu jatkossa erityisesti maankäytön suunnittelun, rakentamisen, liikennesuunnittelun ja energiantuotannon ratkaisuksista. Esimerkiksi vähäpäästöisten ajoneuvojen käyttöönotto vähentää sekä hiukkas- että hiilidioksidipäästöjä.

5.2 Melu

Melu on Helsingissä merkittävä elinympäristön laatua heikentävä tekijä. Kesällä 2007 valmistui EU:n ympäristömeludirektiivin (2002/49/EY) mukainen meluselvitys (Lahti ym. 2007). Sen mukaan tie- ja katuliikenteen vuorokausimelutason L_{den} yli 55 dB meluvyöhykkeillä asuu 237 500 helsinkiläistä ja raideliikenteen vastavilla vyöhykkeillä asukkaita on 69 800.

Valtioneuvoston periaatepäätöksen mukaisesti meluntorjunnan tavoitteena on vähentää yli 55 dB melualueella asuvien määrää viidenneksellä vuoteen 2020 mennessä. Liikenteen melulle altistumisen arvioidaan kuitenkin lisääntyvän Helsingissä ilman merkittäviä meluntorjuntatoimia. Pääsyyinä kasvuun ovat lisääntyvät liikennemäärät ja melualueiden laajeneminen sekä rakentaminen melualueille. Helsingin kaupunki valmistelee parhaillaan ympäristömeludirektiivin mukaista meluntorjunnan toimintasuunnitelmaa meluhaittojen vähentämiseksi.

Monilla toimenpiteillä voidaan vaikuttaa suotuisasti sekä ilman laatuun että meluun. Esimerkiksi kulkutavan valintaan vaikuttaminen liitettyä nykyistä selvästi vähämeluisamman julkisen liikennekaluston käyttöön olisi tehokas keino vaikuttaa sekä melu- että hiukkaspäästöihin. Muun muassa kaasu-, sähkö- ja hybridi-autot ovat perinteisiä ajoneuvoja hiljaisempia. Liikenteenohjauskeinoin voidaan

lisätä liikenteen sujuvuutta, vähentää ruuhkautumista ja turhaa ajoneuvoliikennettä. Samalla vähennetään myös melua. Myös teiden päällystevalinnoilla (hiljainen asfaltti) on mahdollista vaikuttaa sekä vierimismeluun että katupölyn määrään. Nastarenkaiden käytön vähentämisellä voidaan pienentää katujen pinnan kulumista ja pölyn muodostusta sekä samalla alentaa liikennemelua.

Viite

Lahti, T., Gouatarbès, B. & Markula, T. Helsingin kaupungin meluselvitys 2007. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 6/2007.

KUVAILULEHTI / PRESENTATIONSBLAD / DOCUMENTATION PAGE

Julkaisija Utgivare Publisher	Helsingin kaupungin ympäristökeskus Helsingfors stads miljöcentral City of Helsinki Environment Centre	Julkaisuaika/Utgivningstid/ Publication time Elokuu 2008 / Augusti 2008 / August 2008	
Tekijä(t)/Författare/Author(s)	Jari Viinanen ja Eeva Pitkänen (toim.)		
Julkaisun nimi Publikationens title Title of publication	Helsingin kaupungin ilmansuojelun toimintaohjelma 2008–2016. Terveys- ja ympäristövaikutusten arviointi. Program för luftvårdåtgärder i Helsingfors 2008–2016. Uppskattning av hälso- och miljöinverknningar. City of Helsinki Air Quality Action Plan 2008–2016. Assessment of the health and environmental effects.		
Sarja Serie Series	Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja Helsingfors stads miljöcentrals publikationer Publications by City of Helsinki Environment Centre	Numero/Nummer/No. 12/2008	
ISSN 1235-9718	ISBN 978-952-223-198-7	ISBN (PDF) 978-952-223-199-4	
Kieli Språk Language	Koko teos / Hela verket / The work in full Yhteenveto/Sammandrag/Summary Taulukot/Tabeller/Tables Kuvatestit/Bildtexter/Captions	fin fin, sve fin fin	
Asiasanat Nyckelord Keywords	Ilmanlaatu, ilmansuojelu, ohjelma, katupöly, typpidioksidi, hiukkaset Luftkvalitet, luftvård, program, gatudamm, kvävedioxid, partiklar Air Quality, Action Plan, Street dust, Nitrogen dioxide, Particles		
Lisätietoja Närmare upplysningar Further information	Jari Viinanen Puh./tel. (09) 310 31519 Sähköposti/e-post/e-mail: jari.viinanen@hel.fi		
Tilaukset Beställningar Distribution	Helsingin kaupungin ympäristökeskus, Asiakaspalvelu PL 500, 00099 Helsingin kaupunki Helsingfors stads miljöcentral, Kundtjänst PB 500, 00099 Helsingfors stad City of Helsinki Environment Centre, Customer Service P.O. Box 500, FIN-00099 CITY OF HELSINKI Puh./tel. +358-9-310 13000 Sähköposti/e-post/e-mail: ymk@hel.fi		

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 2007

1. Pönkä, A., Åberg, R., Kalso, S. Salaattien mikrobiologinen laatu Helsingissä kesällä 2006
2. Marttila, H. Helsingin lammet
3. Gorbатов, M. Uiminen Helsingissä
4. Yrjölä, R. Vuosaaren satamahankkeen linnustoseuranta 2006
5. Pellikka, K., Räsänen, M., Viljamaa, H. Kasviplanktonin suhde ympäristömuuttujiin Helsingin ja Espoon merialueella vuosina 1969 - 2003
6. Lahti, T., Gouatarbès, B., Markula, T. Helsingin kaupungin meluselvitys 2007
7. Lahti, T., Gouatarbès, B., Markula, T. Helsingfors stads bullerutredning 2007
8. Weckström, M. Katsaus Euroopan kaupungeissa tehtyihin ilmansuojelun toimintaohjelmiin
9. Pönkä, A., Kalso, S. Pirtelöiden mikrobiologinen laatu Helsingissä
10. Viinanen, J. Helsingin kaupungin varautumissuunnitelma ilman epäpuhtauspitoisuuksien äkilliseen kohoamiseen
11. Viinanen, J. Helsingfors stads beredskapsplan för episoder med höga halter av luftföroreningar
12. Huuska, P., Miinalainen, M. (toim.). Katsaus Helsingin ympäristön tilaan 2007
13. Hakkarainen, T., Kallionpää, S., Pönkä, A. EU-uimarantojen hygieeninen taso Helsingissä vuonna 2007
14. Tervahattu, H., Kupiainen, K., Pirjola, L., Viinanen, J. Tutkimuksia katupölyn vähentämiseen tähtäävistä toimenpiteistä. KAPU-projektin loppuraportti.
15. Autio, L., Munne, P., Muurinen, J., Pellikka, K., Pääkkönen, J.-P., Räsänen, M. Helsingin ja Espoon merialueen tila vuosina 2002 - 2006. Jätevesien vaikutusten velvoitetarkkailu.
16. Lehto, T., Tikkanen, P. Ruokaleivän suola- ja ravintokuitupitoisuus helsinkiläisissä leipomoissa ja vähittäismyymälöissä

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 2008

1. Puttonen, J., Terhemaa, L. Jätehuolto Helsingin venesatamissa vuonna 2007
2. Vuorela, M., Koskela, T., Kauppinen, I. Helsingin kaupungin ympäristöjohtamisen arviointi
3. Luontotieto Keiron Oy. Haltialan aarnialueen luonnonsuojelun hoito- ja käyttösuunnitelma
4. Luontotieto Keiron Oy. Pitkäkosken rinnelehtojen luonnonsuojelun hoito- ja käyttösuunnitelma
5. Luontotieto Keiron Oy. Ruutinkosken luonnonsuojelun hoito- ja käyttösuunnitelma
6. Munne, P., Muurinen, J., Pääkkönen, J.-P., Räsänen, M. Helsingin ja Espoon merialueen tila vuonna 2007. Jätevesien vaikutusten velvoitetarkkailu.
7. Pienmunne, E., Pakarinen, R., Paaer, P., Nummi, P. Kauppatorin lokkitutkimus 2007
8. Saarikivi, J. Helsingin matelija- ja sammakkoeläinlajisto sekä tärkeät matelija- ja sammakkoeläinalueet vuonna 2007
9. Yrjölä, R. Vuosaaren satamahankkeen linnustoseuranta 2007
10. Ilmansuojelutyöryhmä. Helsingin kaupungin ilmansuojelun toimintaohjelma 2008 - 2016
11. Ilmarinen, K., Oulasvirta, P. Vesikasvillisuus Espoon ulkosaariston–Helsingin itäisen ulkosaariston alueella kesällä 2007
12. Viinanen, J., Pitkänen, E. (toim.). Helsingin kaupungin ilmansuojelun toimintaohjelma 2008 - 2016. Terveys- ja ympäristövaikutusten arviointi.