

Katupölyn päästöt ja torjunta

KAPU-hankkeen loppuraportti

Kaarle Kupiainen, Liisa Pirjola, Jari Viinanen, Ana Stojiljkovic ja Aleks Malinen

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 13/2009

Kaarle Kupiainen¹, Liisa Pirjola², Jari Viinanen³,
Ana Stojiljkovic¹ ja Aleks Malinen²

¹ Nordic Envicon Oy, Koetilantie 3, 00790 Helsinki, <http://www.nordicenvicon.fi>

² Metropolia, Bulevardi 31, 00180 Helsinki, <http://www.metropolia.fi>

³ Helsingin kaupungin ympäristökeskus, PL 500, 00099 Helsingin kaupunki, <http://www.hel.fi/ymk>

Katupölyn päästöt ja torjunta

KAPU-hankkeen loppuraportti

Kuvat: © Kaarle Kupiainen, Jari Viinanen, Outi Väkevä ja Ana Stojiljkovic

ISSN 1235-9718
ISBN 978-952-223-592-3
ISBN (PDF) 978-952-223-593-0

Painopaikka: Kopio Niini Oy
Helsinki 2009

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	2
Sammandrag	4
Summary	6
1 Tausta	8
1.1 Lainsäädäntö.....	9
1.2 KAPU-hankkeen historia ja rajaukset.....	10
1.2.1 KAPU-ympäristöklusterihanke (2006–2007).....	10
1.2.2 KAPU2-hanke (2008–2009).....	10
1.2.3 Hankkeen toteutus ja loppuraportin rakenne.....	11
2 Mittausmenetelmät	12
3 Tulokset	14
3.1 Talvikunnossapidon, liukkaudentorjunnan ja pölynsidonnan toimenpiteet tutkimusvuosina.....	14
3.1.1 Talvikaudet ja liukkaudentorjunnan toimenpiteet 2005–2009.....	14
3.1.2 Talvirenkaiden käytön suuntaa-antavat laskennat 2007–2009.....	16
3.2 Nuuskijan mitaamat keskimääräiset päästötasot KAPU-reiteillä.....	18
3.2.1 Espoo.....	20
3.2.2 Helsinki.....	26
3.2.3 Kerava.....	32
3.2.4 Riihimäki.....	35
3.2.5 Tampere.....	40
3.2.6 Turku.....	46
3.2.7 Vantaa.....	47
3.2.8 Pölynsidonnan vaikuttavuus.....	52
3.3 Katujen puhdistuskalusto.....	55
3.3.1 Pesevä imusuulake kadunpinnan puhdistamisessa – mittaukset Vantaan Tikkurilassa.....	59
3.3.2 Poistoilman suodatus – Dulevo 5000-kalustomittaukset.....	65
3.3.3 KAPU-hankkeen havaintoja ja johtopäätöksiä kaluston ja kevätpuhdistuksen toimivuudesta.....	69
3.4 Rakentamisen pölyvaikutukset.....	71
3.4.1 Helsingin rakennustyömaareitti.....	71
3.4.2 Leppävaarankatu, Espoo kesäaikaan.....	73
3.4.3 Riihimäki.....	73
3.4.4 Espoon Suurpellon työmaan pölymittaukset syksyllä 2009.....	75
3.5 Talviaikaisen kunnossapidon ja liukkaudentorjunnan toimet pölyn vähentämisessä.....	79
4 Hallinnollinen toimintamalli pölyongelmien hallintaan	85
4.1 Liukkauden torjunta ja talvikunnossapito.....	85
4.1.1 Hiekoitus.....	85
4.1.2 Suolaus.....	87
4.1.3 Nastarenkaat vs. kitkarenkaat.....	87
4.1.4 Lumen auraus ja poiskuljetus.....	88
4.2 Pölyn sidonta.....	89
4.3 Puhdistus.....	91
4.4 Rakennustyömaat.....	92
5 Yhteenveto ja johtopäätökset	97

Liite 1. Kapu2-hankkeeseen osallistuneet tahot ja henkilöt.

Liite 2. Sademäärä, lämpötila ja suhteellinen kosteus Pasilassa vuosina 2006–2009.

Tiivistelmä

Katupölyn päästöt ja torjunta -hankkeessa (KAPU) tutkittiin, miten talvikunnossapidon toimenpiteet ja katujen kevätpuhdistus vaikuttavat hengitettävien hiukkas-ten PM₁₀-katupölyn määrään ja koostumukseen, sekä selvitetiin nykykäytäntöjä ja uusia menetelmiä vähentää pölyn määrää. Tutkimukseen osallistui seitsemän kaupunkia (Helsinki, Vantaa, Espoo, Tampere, Kerava, Riihimäki ja Turku), joiden katuverkoilla katupölypäästöjä mitattiin Metropolian Nuuskija-autolla. Yhteensä näissä kaupungeissa asuu noin 1,5 miljoonaa asukasta. Kokonaisuudessaan KAPU-hanke koostui kahdesta osasta. Ensimmäinen toteutettiin vuosina 2006–2007 (erillinen raportti: Tutkimuksia katupölyn vähentämiseen tähtäävistä toimista) ja sen jatko 2008–2009. Rahoittajina ovat olleet ympäristöministeriö (ympäristöklusteri), osallistujakaupungit, YTV, Suomen Kuntaliitto, Berner Oy ja Destia. Hankkeen koordinoinnista vastasi Helsingin kaupungin ympäristökeskus. Nordic Envicon Oy vastasi tutkimuksen suunnittelusta, koordinoinnista, eri tutkimusaineistojen yhdistelystä ja tulkinnasta sekä raportoinnista. Metropolia vastasi Nuuskija-auton ylläpidosta, sillä tehtävien mittausten toteutuksesta ja saatujen mittaustulosten laadusta.

Hankkeessa otettiin käyttöön kaupungeissa talvikunnossapidon ja kevätpuhdistuksen toimenpiteiden seurantarjestelmä, jota käytettiin arvioitaessa toimenpiteiden vaikuttavuutta kadun pölyämiseen. Muun muassa pölynsidonnan tehokkuutta voitiin arvioida tämän perusteella. Puhdistuskaluston tehokkuutta testattiin erikseen järjestetyillä mittauksilla ja varsinaisilla KAPU-reiteillä. Hankkeessa tutkittiin lisäksi puhdistuskaluston poistoilman pölypitoisuutta, rakennustyömaiden vaikutusta, kadun tehostettua pesua, pesuaineen käyttöä ja hiekoituksesta luopumista.

Kaupunkien välillä havaittiin eroja päästötasoissa riippuen rakennustyömaiden ajoittumisesta ja eroista talvikunnossapidon käytännöissä. Kaupunkien reittikeskiarvot vaihtelivat huomattavasti (Nuuskija-päästö 4 000–25 000 µg/m³) päästöhuippujen aikana. Tämän jälkeen päästöt laskivat tasaisesti, ja toukokuun alussa kaupunkien päästötasot olivat pääsääntöisesti jo suhteellisen pieniä (2 000 µg/m³). Erittäin puhtaalla, kesäisellä tasolla (alle 1 000 µg/m³) päästöt ovat kuitenkin yleensä vasta toukokuun puolen välin jälkeen. Nuuskija-päästön lasku ajoittuu yhteen katujen kevätpuhdistusten ja nastarenkaiden käytön vähenemisen kanssa. Lisäksi päästöhuipun jälkeen pölyvarastoja (lumipenkat, jää) ei yleensä ole enää jäljellä. Pölyä kulkeutuu katu ympäristöstä pois myös ilmapirtausten, sateiden ja valunnan mukana.

Kadunvarren lumessa on havaittu jopa 15–20-kertaisia kiintoainespitoisuuksia verrattuna kaupunkialueiden koskemattomaan lumeen. Tällä perusteella voidaan olettaa, että lumen poisviennillä voidaan saavuttaa hyötyjä katupölyongelman kannalta. KAPU-aineiston perusteella tehty hiekoitus- ja suolauspäivien lukumäärien ja päästötasojen vertailu osoittaa, että hiekoituksen käytön kasvaessa pölypäästöt ovat korkeampia ja käänteisesti suolauksen kasvaessa pölypäästöt ovat alhaisempia. Katukohtaisiin päästöihin vaikuttavat myös auraus, kiinteistöjen tekemä hiekoitus ja lähikaduilta kulkeutunut pöly. Hiekoituksen ohella nastarenkaiden aiheuttama tien kuluminen lisää katupölypäästöjä kaupunkialueilla. Henkilöautoista noin 90 prosenttia käyttää nastarenkaita. Tutkimuksen aikana osuus ei ole muuttunut.

Pölynsidonta suolaliuoksella osoittautui lupaavimmaksi akuutin katupölyn vähentämiskeinoksi. Katupölyepisodi syntyy, kun pinnat ovat kuivia ja irtopölyä

on paljon katu ympäristössä. Pölynsidonta-aine vähentää pölypäästöjä sitomalla pölyhiukkaset pinnoille ja suuremmiksi aggregaateiksi. Pölynsidonta ei kuitenkaan poista pölyä katu ympäristöstä ja puhdistus tulee järjestää myöhemmin.

Yksi KAPU -hankkeen tavoitteista oli selvittää, miksi katupölyn pitoisuudet voivat olla korkeita heti katujen puhdistuksen jälkeen. Johtopäätökseksi tuli, että suurta osaa puhdistuslaitteista ei ole suunniteltu keräämään hengitettävän kokoluokan pölyä. Laitteet voivat jopa siirtää jo varastoitunutta pölyä takaisin katupinnoille, jolloin pöly nousee jälleen ilmaan.

Puhdistuslaitteiston painepesulla pystyttiin vähentämään pölyisyyttä hieman, mutta yleisesti todettiin, että nykylaitteistot (harjakalusto, imulakaisukalusto) eivät ole tehokkaita akuuttiin hengitettävän pölyn (PM₁₀) torjuntaan. Kuitenkin pitkällä aikavälillä saadaan hyötyjä, kun karkea pöly poistetaan katu ympäristöstä, jolloin uuden hienon pölyn muodostus vähenee tai lakkaa. Hankkeessa testattiin myös uusia puhdistuslaitteistoja. Lupaavia tuloksia saatiin pesevällä imusuulakkeella varustetuilla katupesureilla (PIMU-kalusto), joilla poistetaan irtoaines ja pöly päällysteen raoista ja pesun seurauksena muodostuva liete imetään välittömästi pois kadun pinnalta painepesulla. On myös tärkeää kiinnittää huomiota puhdistuslaitteiston pölyn suodatukseen (erityisesti harjakalusto), ettei laitteisto levitä pölyä takaisin katu ympäristöön siivouksen yhteydessä. Tutkimus osoitti, että kehittyneemmillä suodatustekniikoilla voidaan poistaa hengitettävää pölyä tehokkaasti ulostuloilmasta. Poistoilman ohella kannattaa myös kiinnittää huomiota laitteiston pakokaasupäästöihin. Uuden kaluston pakokaasupäästöt ovat Euro-päästönormien mukaiset.

Katujen puhdistamisen jälkeen pinnat voivat pölyntyä uudelleen, jos irtoainesta kulkeutuu katu ympäristöön ulkopuolelta, kuten rakennustoiminnasta, puhdistamattomilta jalankulkualueilta tai päällystämättömiltä kaduilta. Tehokas kevät puhdistus vaatiikin laajojen alueiden puhdistusta ja puhdistusten toistoja, eikä kerralla saada aikaan ”kesäpuhdasta” kadun pintaa.

Rakennustyömaat vaikuttavat lähikatujensa pölypäästöihin. Vaikutus tulee esille erityisesti kesäaikaan, kun talviajan aiheuttamat katupölypäästöt ovat alentuneet. Tutkimuksen mukaan työmaiden pölyvaikutus vaihteli työmaittain huomattavasti ja riippui työmaan luonteesta (miten pölyävää toimintaa tehdään, kuinka paljon työmaaliikenteen mukana kulkeutui pölyävää ainesta kaduille) ja siitä millaisia puhdistustoimenpiteitä työmailta vaadittiin. Työmailta tulisivatkin valvoa paremmin ja vaatia niitä tarpeen mukaan tehostamaan pölyntorjuntaa.

KAPU-hankkeen tutkimustuloksia voidaan käyttää katujen puhtausasteen puhdistuskriteerien määrittelyyn. Kriteerejä olisi mahdollista käyttää asettamalla ne vaatimukseksi puhdistuksesta vastaavalle taholle. Hanke on auttanut osallistuneita kaupunkia kehittämään omia käytäntöjään ja huomioimaan paremmin hengitettävän pölyn vähentämiseen liittyvät toimenpiteet. Monessa Suomen kunnassa tässä työssä ollaan kuitenkin vasta alussa, ja jatkossa hankkeen tuloksista tiedottamista tulee jatkaa. Hankkeen aikana kehitettiin useampia pölynsidonnan täsmälevityslaitteita ja osallistuttiin EU:n ilmanlaatudirektiiviin liittyvän hiekoitusshiekkapoiikkeaman ohjeiden valmisteluun.

Sammandrag

Inom ramen för projektet Utsläpp och bekämpning av gatudamm (KAPU) undersöktes hur åtgärder för vinterunderhåll och vårrengöring av gatorna påverkar mängden inandningsbara partiklar PM₁₀-gatudamm samt dess sammansättning. Man utredde både de nuvarande metoderna och nya metoder för att minska dammängden. I undersökningen deltog sju städer (Helsingfors, Vanda, Esbo, Tammerfors, Kervo, Riihimäki och Åbo). På gatorna i dessa städer mättes gatudamm med Metropolias mätfordon Nuuskija. Det sammanlagda invånarantalet i dessa städer är cirka 1,5 miljoner. KAPU-projektet var tvådelat. Den första delen genomfördes under åren 2006–2007 (separat rapport: Tutkimuksia katupölyn vähentämiseen tähtäävistä toimista) och den senare delen 2008–2009. Projektet har finansierats av miljöministeriet (miljökluster), de deltagande städerna, SAD, Finlands Kommunförbund, Berner Ab och Destia. Koordinator för projektet var Helsingfors stads miljöcentral. Nordic Envicon Oy ansvarade för planering och koordinering av undersökningen, för sammanställning och tolkning av olika forskningsdata samt för rapportering. Metropolia ansvarade för underhållet av Nuuskija-bilen, för genomförandet av mätningarna som gjordes med bilen och för kvaliteten på de erhållna mätningresultaten.

Under projektet införde man i städerna ett system för uppföljning av vinterunderhålls- och vårrengöringsåtgärder. Systemet utnyttjades för att bedöma hur åtgärderna påverkade dammandet på gatorna och bland annat kunde man på basis av det bedöma dammbindningens effekt. Rengöringsutrustningens effekt testades med mätningar som ordnades både separat och på de fastställda projektrutterna. Under projektets gång undersöktes dessutom dammhalten i rengöringsutrustningens frånluft, byggenas påverkan, effektivitet av gatutvätt, användningen av tvättmedel och effekten av att ge upp sandning av gatorna.

Det fanns skillnader i utsläppsnivåerna mellan städerna beroende på tidpunkten för byggena och skillnaderna i vinterunderhållspraxis. Medelvärdena på rutterna varierade betydligt städerna emellan (Nuuskija-utsläpp 4 000–25 000 µg/m³) under perioderna med höga utsläpp. Härefter minskade utsläppen jämnt och i början av maj var utsläppen i alla städer redan i regel på en relativt låg nivå (2 000 µg/m³). På en mycket ren sommarnivå (under 1 000 µg/m³) är utsläppen dock vanligen först efter mitten av maj. Minskningen i Nuuskija-utsläppet korrelerar med vårrengöringen av gatorna och den minskade användningen av dubbdäck. Efter utsläppstoppen finns det heller vanligen inga dammlager (snövallar, is) kvar. Från gatumiljön sprids dammet också med luftströmmar, regnvatten och avrinning.

I snön som finns längs gatorna har man iakttagit upp till 15–20-faldiga halter av suspenderade ämnen jämfört med orörd snö i stadsområdena. På basis av detta kan man anta att problemet med gatudamm i viss mån kan avhjälpas genom att snön körs bort. En jämförelse av sandnings- och saltningsdagarnas antal och utsläppsnivåer som gjordes på basis av projektmaterialet visar att dammängden är högre då man sandar mera och omvänt är dammängden lägre då man saltar mera. På dammängden på enskilda gator inverkar också plogning, sandning som utförs av fastighetsägarna och damm som kommer från närliggande gator. I stadsområdena ökas mängden gatudamm förutom av sandning även genom nötning av vägbanan på grund av dubbdäck. Cirka 90 procent av personbilarna har dubbdäck. Under undersökningens gång har andelen inte förändrats.

Att binda damm med saltlösning visade sig vara den mest lovande metoden för att minska det akuta gatudammet. En episod med gatudamm uppkommer när ytorna är torra och det finns mycket löst damm i gatumiljön. Det dammbindande ämnet minskar dammutsläppen genom att det binder dammpartiklarna till ytorna och samman till större aggregat. Dammbindning avlägsnar dock inte dammet från gatumiljön och gatorna måste senare rengöras.

Ett av målen för KAPU-projektet var att reda ut orsaken till att halterna av gatudamm ibland är höga genast efter att gatorna har rengjorts. Slutsatsen var att största delen av rengöringsutrustningen inte är utformad för att samla upp inandningsbara dammpartiklar. Maskinerna kan till och med blåsa uppsamlat damm tillbaka ut på gatan, varvid dammet på nytt stiger upp i luften.

Genom att använda rengöringsmaskiner försedda med trycktvättning fick man bort en del av dammet, men generellt konstaterades det att de nuvarande maskinerna (borstmaskiner, sopmaskiner som också suger upp dammet) inte är effektiva för bekämpning av akut inandningsbart damm (PM_{10}). På lång sikt är de ändå till nytta eftersom de avlägsnar grovt damm från gatumiljön, varvid mängden fint damm som bildas minskar eller upphör helt. Under projektet testades också nya rengöringsmaskiner. Lovande resultat erhöles med gatutvättare som var försedda med ett tvättande sugmunstycke (PIMU-maskiner). Med trycktvätt avlägsnas löst material och damm ur sprickor i beläggningen och slammet som uppstår vid tvätten suges omedelbart upp från gatuytan. Det är också viktigt att fästa uppmärksamhet vid rengöringsmaskinens dammfiltrering (speciellt borstmaskiner) och att maskinen inte sprider ut dammet tillbaka till gatumiljön i samband med rengöringen. Undersökningen visade att inandningsbart damm effektivt kan avlägsnas från frånluften med mera utvecklade filtreringstekniker. Förutom frånluften är det också skäl att fästa uppmärksamhet vid maskinernas avgasutsläpp. De nya maskinernas avgasutsläpp uppfyller Euro-utsläppsnormerna.

Efter att gatorna har rengjorts kan ytorna bli dammiga på nytt om löst material kommer från andra områden, t.ex. från byggen, oputsade fotgångsområden eller oasfalterade gator. För att vårrengöringen ska vara effektiv krävs att rengöringen omfattar stora områden och görs upprepade gånger. En rengöring ger inte en "sommarren" gata.

Byggen påverkar dammängden på närliggande gator. Detta märks speciellt sommartid då gatudammet som uppkommer vintertid har minskat. Enligt undersökningen varierade mängden damm från bygge till bygge avsevärt och berodde på vilket slags bygge det var fråga om (hur dammande arbete som utförs, hur mycket dammande stoff som kommer ut på gatorna med byggetrafiken) och hurdana rengöringsåtgärder som krävdes av byggerna. Byggen borde övervakas bättre och man borde efter behov kräva att de effektiverar dammbekämpningen.

Undersökningsresultaten från KAPU-projektet kan användas för att fastställa rengöringskriterierna för gatornas renhetsgrad. Kriterierna kunde användas genom att de ställs som krav för den aktör som ansvarar för rengöringen. Projektet har hjälpt städerna som deltog att utveckla sina egna förfaringssätt och bättre beakta åtgärderna som syftar till att minska mängden inandningsbart damm. I många kommuner i Finland är detta arbete dock först i begynnelsekedet och i fortsättningen är det viktigt att fortsätta att informera om resultaten från projektet. Under projektet utvecklade man flera anordningar för precisionsspridning av dammbindning och deltog i beredandet av instruktionerna för avvikelser i sandningssand i anslutning till EU:s direktiv om luftkvalitet.

Summary

The KAPU (Katupölyn päästöt ja torjunta, street dust emission and prevention) project studied how winter maintenance and spring-cleaning of streets affect the amount and composition of respirable street dust (PM₁₀). Existing and new methods for decreasing the amount of dust were also studied. Seven cities (Helsinki, Vantaa, Espoo, Tampere, Kerava, Riihimäki and Turku) participated in the study. The participants' street networks were measured for street dust emissions using Metropolia's Sniffer vehicle (Nuuskija). A total of some 1.5 million people live in these cities. The KAPU project consists of two parts. The first part was conducted during 2006 and 2007 (separate report: Tutkimuksia katupölyn vähentämiseen tähtäävistä toimista) and the second part during 2008 and 2009. The sponsors were the Ministry of the Environment (environment cluster), the participating cities, the Helsinki Metropolitan Area Council (YTV), The Association of Finnish Local and Regional Authorities, Berner Oy and Destia. The City of Helsinki Environment Centre was in charge of coordinating the project. Nordic Envicon Oy planned and coordinated the research, combined and analyzed the different research materials and took care of reporting. Metropolia was responsible for maintaining the Nuuskija vehicle, carrying out the Nuuskija measurements and supervising the quality of measurement results.

A monitoring system for winter maintenance and spring-cleaning measures was introduced within the cities. It was used for reviewing the effects of the actions taken on the amount of street dust. For example, the effectiveness of dust binding could be reviewed based on this method. The effectiveness of cleaning equipment was tested by separate measurement campaigns and on the actual KAPU routes. The project also studied dust concentration in the cleaning equipment's outlet air, the effect of construction sites, intensified washing of streets, the use of detergent and abandoning the use of sanding.

Differences in emission levels between cities were detected, resulting from the timing of construction sites and the varying winter maintenance practices. The cities' route averages varied significantly (Nuuskija emission level 4,000–25,000 µg/m³) during emission peaks. After this, emission levels decreased steadily, and at the beginning of May the emission levels were mainly relatively low (2,000 µg/m³). Usually, the emission levels are not very low (summer levels, less than 1,000 µg/m³) before late May. The decline in Nuuskija emission levels coincides with street spring-cleaning and the decrease in the use of studded tyres. Furthermore, after the emission peak, there are usually no dust clusters left (snow-banks, ice). Dust is also transferred from the street environment by air currents, rain and drainage.

Fixed particle levels have been measured to be 15 to 20 times higher in snow near streets compared to untouched snow in city areas. This suggests that transporting the snow away has benefits regarding the street dust problem. A comparison based on the KAPU material of the days when sand and salt is used shows that the emission levels are higher as the use of sand increases, and conversely, as the use of salt increases, the dust emission levels are lower. Ploughing, street sanding by property owners and dust from nearby streets are other factors that influence street-specific dust levels. Together with sanding, wear on streets caused by the use of studded tyres increases dust emission levels in city areas. Approximately 90 percent of passenger cars have studded tyres. This amount did not vary during the study.

Dust binding using a saline solution proved to be the most promising method for reducing acute street dust. A street dust episode is created when surfaces are dry and there is a high amount of loose dust in the street environment. A dust binding material decreases dust emissions by binding the dust particles on surfaces and in larger agglomerations. Dust binding does not, however, remove the dust from the street environment, so cleaning should be performed later.

One of the goals of the KAPU project was to explain why street dust levels may be high immediately after the streets have been cleaned. It was concluded that a majority of the cleaning equipment was not designed to collect dust that is of respirable size. The equipment may even blow dust that is already stored back onto street surfaces, from where it again rises into the air.

Cleaning equipment fitted with pressure washing reduced the dust levels somewhat, but it was generally concluded that the current equipment (brush equipment, suction sweeping equipment) is not efficient in affecting the acute respirable dust (PM₁₀) levels. Benefits are achieved in the long term, however, as coarse dust is removed from the street environment. Thus, the forming of new fine dust decreases or stops altogether. During the project, new cleaning equipment was also tested. Promising results were achieved by using equipment fitted with washing suction nozzles. With this method, loose materials and dust from street surface cracks are removed by pressure washing, and the generated sludge is immediately sucked from the street surface. It is also vital to consider how dust is filtered in the cleaning equipment (especially in brush equipment), so that the equipment does not emit the dust back into the street environment during cleaning. The research shows that more advanced filtering techniques can efficiently remove respirable dust from discharge air. Along with discharge air, attention should be paid to the exhaust gas emissions of the equipment. The exhaust emissions of the new equipment are within the Euro emission level standards.

After streets have been cleaned, surfaces may become dusted again, if loose dust travels into the street environment from another environment, such as from construction sites, unclean pedestrian areas or non-surfaced streets. An efficient spring-cleaning requires repeated cleaning of extensive areas, and a “summer clean” street surface cannot be achieved with a single cleaning only.

Construction sites affect the dust emission levels of nearby streets. This effect is especially clear in summertime, when winter dust emission levels have dropped. According to the study, the dust effect of the construction sites varies significantly from site to site, and it depends on the nature of the construction site (how much dust is generated, how much dust is transferred onto the streets by site traffic), and what types of cleaning methods are in use at the sites. It is recommended that construction sites should be more efficiently monitored, and, if needed, they should be required to make dust prevention more effective.

The research results of the KAPU project can be used to define the cleaning criteria of street cleanliness levels. These criteria could be taken into use by making them mandatory for the party responsible for the cleaning. The project has helped the participant cities develop their own practices and better observe the methods needed to reduce respirable dust. In many municipalities in Finland, this work has been started only recently, and it is important that the results of the project are made public in future. Dust-binding devices were developed during the project, and contributions were made to the preparation of the guidance on assessing the contribution of winter-sanding and -salting under the EU air quality directive.

1 Tausta

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 hengitettävistä hiukkasista (PM₁₀) 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. Hiukkasraja-arvon ylittymisiä on todettu Helsingissä Runeberginkadulla (2003), Hämeen-tiellä (2005) ja Mannerheimintielle (2005, 2006) ja Töölöntullissa (2006). Myös useissa muissa kaupungeissa on mitattu korkeita pölypitoisuuksia. Ylitysten johdosta Helsingin kaupunki on laatinut ylityksistä ympäristöministeriölle ja EU:n komissiolle ilmanlaatuasetuksen mukaiset selvitykset (Viinanen ym.¹).

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 1997²) kun taas ruotsalaisissa tutkimuksissa on varsinkin viime aikoina nostettu esille nastarenkaat (esim. Juneholm 2007³, Johansson 2007⁴). Molemmilla lähteillä todennäköisesti on merkitystä pölyongelmassa. Kuluma-arvioiden perusteella (Mäkelä 2000⁵) 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. 2003⁶, Kuhns

¹ Viinanen, J. & Weckström, M. Selvitys hiekoituksen aiheuttamasta hiukkasraja-arvon ylittymisestä Helsingissä vuonna 2006

² Mustonen J 1997. Katupölyn vähentäminen talvikunnossapidon keinoin. Nykytilaselvitys. Helsingin kaupungin rakennusviraston katuosaston selvityksiä 1997:3.

³ Juneholm M. 2007. Åtgärder för att minska emissionerna av partiklar från slitage och uppvirvling från vägtrafiken. Vägverket SA80A 2006:15982.

⁴ Johansson C. 2007. Betydelse av dubbdäck mm för PM10-halterna längs vägarna. ITM-rapport 158, 2007.

⁵ Mäkelä K. 2000. Kirjallisuusselvitys nastarenkaiden irrottaman asfalttipölyn määrästä. VTT Yhdyskuntateknikka. Tutkimusraportti 538/2000. Espoo .

⁶ Kupiainen K., Tervahattu H. & Räisänen M. 2003. Experimental Studies about the Impact of Trac-tion Sand on Urban Road Dust Composition. The Science of the Total Environment 308, 175–184.

ym. 2003 ⁷, Gustafsson ym. 2005 ⁸, Tervahattu ym. 2006 ⁹, Kupiainen ym. 2007 ¹⁰, Kupiainen 2007 ¹¹).

Talven aikana muodostunut pöly vapautuu keväällä katu ympäristöön ja katujen pinnoille. Varsinainen päästö tapahtuu resuspension kautta. VIEME-tutkimuksessa ¹² mitattiin Nuuskija-päästöjä eri rengastyypeillä ja loppuraportin johdopäätöksissä todettiin, että kesärenkaalla pölypäästö oli aina pienempi kuin kitka- ja nastarenkaalla. Mikäli kadun pinnalla oli paljon aikaisemmin muodostunutta pölyä, pölypäästö kitkarenkaalla oli jopa suurempi kuin nastarenkaalla. Sen sijaan, mikäli kadun pinnalla oli aikaisemmin muodostunutta pölyä vain vähän, nastarenkaan päästö oli suurempi kuin kitkarenkaan. Havaintoa selitettiin siten, että renkaan pölypäästö muodostuu kahdesta päätekijästä: (A) siitä tien pinnalla olevasta pölystä, jonka rengas nostattaa ilmaan (resuspensio) ja (B) renkaan aiheuttamasta tien pinnan kulumisesta (primääripäästö). Resuspensio on suurempi kitkarenkaalla, mutta primääripäästö puolestaan suurempi nastarenkaalla. Sekä kitka- että nastarenkaalla pölypäästö pieneni varsin vähäisen käytön ja/tai ikääntymisen jälkeen. Lisäksi eri rengasvalmistajien kitkarenkaiden pölypäästöissä havaittiin huomattavia eroja.

Nykytietämyksen perusteella on todennäköistä, että eri lähteiden vaikutus vaihtelee eri katu- ja kaupunkiympäristöissä riippuen esimerkiksi hiekoituksen käyttömääristä (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.

Korkeiden päästötasojen ohella ilmanlaatua heikentävät keväisin vallitsevat vaikeat sääolot, kuten alhaiset tuulennopeudet, stabiili ilmakehä ja matala ilmakehän sekoituskorkeus (esimerkiksi maanpintainversio) (Kukkonen ym. 2005 ¹³).

1.1 Lainsäädäntö

Ympäristönsuojelulaki (86/2000) ja ilmanlaatuasetus (711/2001) asettavat kunnalle velvoitteita ilmanlaadun turvaamiseksi. Jo mahdollinen raja-arvon ylittyminen tulee estää. Raja-arvon ylittyessä on kunnan ryhdyttävä suunnitelmallisiin toimiin.

⁷ 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.

⁸ Gustafsson, M. ym. 2005. Inandningsbara Partiklar från interaktionen mellan däck, vägbanan och friktionsmaterial. Slutrapport av WearTox-projektet. VTI-rapport 520.

⁹ Tervahattu ym. 2006. Generation of Urban Road Dust from Anti-skid and Asphalt Concrete Aggregates. Journal of Hazardous Materials 132, 39–46.

¹⁰ 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.

¹¹ Kupiainen, K. 2007. Road Dust from Pavement Wear and Traction Sanding. Monographs of the Boreal Environment Research No. 26. Helsinki.

¹² Tervahattu H. (toim) 2008. Vierintämelun vähentäminen. VIEME-tutkimus- ja kehittämishankkeen loppuraportti. LVM julkaisuja 4/2008.

¹³ 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.

Ympäristönsuojelulain 102 §:n mukaan kunnan on varauduttava käytettävissä olevin keinoin toimiin, joilla estetään ilmanlaatuasetukseen perustuva ilmanlaadun raja-arvon mahdollinen ylittyminen kunnan alueella. Jos raja-arvo ylittyy, kunnan on ryhdyttävä tarpeellisiin toimiin tai annettava määräyksiä liikenteen rajoittamiseksi ja päästöjen vähentämiseksi.

Iltanlaatuasetuksessa säädetään, että mikäli hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) raja-arvon ylitys johtuu teiden tai katujen talvihiekoituksesta, kunnan tulee laatia selvitys, josta käyvät ilmi muun muassa tiedot havaituista tai arvioiduista pitoisuuksista ja päästölähteistä sekä tiedot toteutetuista ja suunnitelluista toimista pitoisuuksien alentamiseksi.

Kadun ja eräiden yleisten kunnossa- ja puhtaanapidosta annettuun lakiin (669/1978) tehtiin vuonna 2005 muutos, jossa kadun kunnossapidon tason määräytymisessä huomioon otettavien seikkojen joukkoon lisättiin terveellisyys (547/2005).

1.2 KAPU-hankkeen historia ja rajaukset

1.2.1 KAPU-ympäristöklusterihanke (2006–2007)

KAPU-ympäristöklusterihankkeen (2006–2007) tavoitteena oli tutkia, miten talvikunnossapidon toimenpiteet ja katujen kevätpuhdistus vaikuttavat kaupungeissa havaittavan katupölyn määrään ja koostumukseen. Hankkeessa selvitettiin nykykäytäntöjä ja uusia menetelmiä vähentää pölyn määrää. Yleisenä tavoitteena oli löytää keinoja, joilla kevätkauden korkeita PM₁₀-pitoisuuksia Suomen kaupungeissa voitaisiin vähentää.

KAPU-hankkeen rahoitukseen osallistui Ympäristöministeriön ympäristöklusteriohjelman lisäksi YTV, Espoo, Helsinki, Kerava, Riihimäki, Tampere, Vantaa sekä Destia, jonka tuella järjestettiin kalustomittauksia Helsingin Suutarilassa. Kaupungit edustivat erilaisia talvikunnossapidon käytäntöjä ja katujen puhtaanapidon ongelmia. Jokaiseen kaupunkiin suunniteltiin mittausreitti Nuuskija-autolle, millä määritettiin katupölyn päästötasoja eri vuodenaikoina vuosina 2006 ja 2007. Mittaukset tapahtuivat pääasiassa kevätkauden aikana, jolloin myös hiekanpoisto kaduilta tapahtuu. Mittausten tueksi pidettiin tarkkaa kirjanpitoa kaduilla tehdyistä talvikunnossapidon toimenpiteistä. Lisäksi kerättiin tietoa erilaisista taustamuuttujista (esim. sää ja ilmanlaatu, päällysteet). Kaupunkimittausten lisäksi Helsingin Suutarilassa tehdyissä kalustomittauksissa saatiin vertailutietoa tällä hetkellä käytössä olevien hiekanpoistotekniikoiden tehokkuuksista ja teknisistä eroista (Tervahattu ym. 2007¹⁴).

1.2.2 KAPU2-hanke (2008–2009)

YTV ja KAPU-hankkeen ensimmäisessä vaiheessa mukana olleet kaupungit päättivät jatkaa tutkimus- ja kehitystyötä KAPU2-hankkeessa, jonka suunnittelussa ja toteutuksessa hyödynnettiin 2007 päättyneen ensimmäisen vaiheen kokemuksia ja tuloksia. Ympäristöministeriön rahoitusta jatkettiin ja myös Kuntaliitto

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

osallistui hankkeen rahoitukseen 2008–2009. Uutena kaupunkina mukaan tuli Turku, jossa myös toteutettiin mittauksia. Myös Porvoon kaupungin edustajia osallistui ohjausryhmätyöhön. Yritystahona kalustomittauksiin mukaan tuli Berner Oy. Liitteessä 1 on esitetty hankkeen ohjausryhmään osallistuneet henkilöt.

Hankkeen yleisinä tavoitteina oli tutkia, miten talvikunnossapidon toimenpiteet ja katujen kevätpuhdistus vaikuttavat PM₁₀-katupölyn määrään ja koostumukseen sekä selvittää nykykäytäntöjä ja uusia menetelmiä vähentää pölyn määrää. KAPU-hankkeessa saatiin jo tärkeätä tietoa nykymenetelmistä ja jatkohankkeessa (KAPU2) painotettiin erityisesti uusien tekniikoiden ja käytäntöjen mahdollisuuksia tehostaa katujen puhdistusta. Urakoitsijat odottavat hankintatahoilta (kaupungit) selviä toivomuksia siitä, millä kalustolla ja tavalla katujen puhdistusta kaupungeissa tulisi jatkossa tehdä.

KAPU-hankkeessa havaittiin, että rakennustyömaat saattavat lisätä merkittävästi katujen pölyämistä. Niiden vaikutus ei rajoitu vuodenaikaan. Jatkohankkeessa koettiin tarpeelliseksi selvittää tarkemmin rakennustyömaiden pölyongelmia ja tapoja torjua niitä. Hankkeessa myös kehitettiin kaupungeille tehokkaampia hallintomalleja katupölyongelmien torjumiseksi. KAPU-hankkeen osallistujien asiantuntemusta hyödynnettiin Euroopan unionin ilmanlaatudirektiivin (2008/50/EY) hiekoituksen aiheuttaman resuspension osuuden määritysohjeistuksen valmistelutyössä, jonka tueksi on toimitettu tietoja ohjeen valmistelijoille ja kommentoitu ohjelunoksia.

KAPU2-hanke on tuottanut tärkeätä uutta tietoa hankintatahoille (kaupungit) uusien tekniikoiden ja käytäntöjen mahdollisuuksista tehostaa katujen puhdistusta verrattuna nykytilaan. Tällaista mittauksin tuotettua tietoa ei ole toistaiseksi löydettävissä kansainvälisestä kirjallisuudesta¹⁵. Tutkimuksia tulee kuitenkin jatkaa koskemaan laajempaa joukkoa kalustoa ja käytäntöjä. Lisäksi mittaustiedot on tiivistettävä, prosessoitava ja jalostettava selkeiksi ohjeiksi. Ohjeistuksen perusteella voidaan tulevaisuudessa määritellä urakkatarjouksissa kalustovaatimuksia pölyn kannalta vaikeimpiin kohteisiin.

KAPU2-hankkeessa käytettyjä mittaamenetelmiä voidaan soveltaa puhdistuksen laadunvalvonnassa. Jatkossa kilpailutettavien kunnossapitourakoiden määrä tulee kasvamaan ja kaupungeilla tulee olla keinoja valvoa urakoitsijoiden työn laatua. Hankkeessa saadut tulokset tuovat uutta tietoa rakennustyömaiden pölyvaikutuksen laajuudesta ja keinoista torjua pölyämistä.

1.2.3 Hankkeen toteutus ja loppuraportin rakenne

KAPU-hanke toteutettiin seuraavissa työpaketeissa:

- Katupölyn päästöt ja kevätpuhdistuksen tehokkuus kaupungeissa
- Puhdistuskalusto ja sen tehokkuudet
- Rakentamisen pölyvaikutukset
- Hallinnollinen toimintamalli pölyongelmien hallintaan.

Tätä jakoa on käytetty myös loppuraportin rakenteena. Kaupunkien kevätpuhdistuksen yhteydessä käsitellään myös pölynsidonnan osalta tehtyjä havaintoja.

¹⁵ Schilling J.G. 2005. Street Sweeping – Report No. 1, State of the Practice. Prepared for Ramsey-Washington Metro Watershed District. North St. Paul, Minnesota. June 2005.

2 Mittausmenetelmät

Varsinainen katupölyn tutkimus tehtiin pääosin Nuuskija-autolla (<http://nuuskija.metropolia.fi>), joka on monipuolisella ilmanlaadun ja meteorologian mittauslaitteistolla varustettu liikkuva laboratorio. Nuuskija-autossa on myös laitteisto katupölyn keräämiseksi ja mittaamiseksi vetävän pyörän taka (Pirjola¹⁶). Laitteistolla voidaan tutkia eri tekijöiden vaikutusta renkaan nostattaman pölyn määrään (PM₁₀- ja PM_{2.5}-kokoluokat) ja se soveltuu erittäin hyvin hankkeen tarpeisiin.

Tutkimusjaksoiksi valittiin päiviä, jolloin sääolot ovat samankaltaiset ja katujen pinnat kuivia. Tavoitteena on ollut mitata katupölyn maksimipäästöä kuivilta pinnoilta. Kosteusolosuhteet on määritelty säätietojen ja silmämääräisen arvion perusteella. Renkaalla on havaittu olevan vaikutusta tienpinnan pölypäästöön (kts. luku 1 ja Tervahattu (toim.) 2008¹⁷). Vuosina 2007–2009 kaikissa mittauksissa mittarenkaana käytettiin samaa kitkarengasta. Keväällä 2006 mittaukset tehtiin nastarenkaalla ja kesärenkaalla, joten näiltä osin 2006 tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia muiden vuosien kanssa. Eron voi olettaa olevan kuitenkin niin pieni, ettei sillä ole vaikutusta johtopäätöksiin. Keväällä 2006 sääolot olivat muihin tutkimuksen aikaisiin vuosiin verrattuna poikkeukselliset ja pölykausi alkoi myöhemmin ja kesti pitkään (kts. myös luku 3.1.1).

Nuuskijalla tehtiin katupölyn tutkimuksia kaupunkireiteillä

- Ennen talvikauden pölyn kertymisen alkua
- Pölyn kertymisen aikana talvella
- Keväällä ennen katujen puhdistuksen aloittamista
- Puhdistuksen eri vaiheiden aikana
- Puhdistuksen päättymisen jälkeen niin kauan, että pölyn määrä ei enää olennaisesti vähene.

Kalustomittauksissa Nuuskijan mittausjärjestelyä on muunneltu tutkimustavoitteen mukaan. Kalustomittausten toteutustavat on kuvattu tarkemmin luvussa 3.3.

Nuuskija-auto kerää hiukkasnäytteen renkaan takaa, noin 5 cm:n etäisyydeltä. Mittarengas nostaa tienpinnalla olevaa pölyä renkaan taakse, josta pölynäyte imetään näytteenottolinjastoihin. Näyte johdetaan hiukkasmittalaitteisiin, jotka mittaavat hiukkasten massa- tai lukumääräpitoisuutta. Katupölynäytteen osalta tulosten tulkinnassa on käytetty PM₁₀-massapitoisuutta. Mittaus tehdään lähellä tienpinnan päästölähdettä, eivätkä päästöt ehdi laimentua, joten tässä raportissa käytetään termiä ”päästö” tai ”Nuuskija-päästö” kuvaamaan Nuuskijan mittaamaa pitoisuutta renkaan takana.

¹⁶ Pirjola, L, Kupiainen, K.J., Perhoniemi, P., Tervahattu, H. and Vesala, H. (2009) Non-exhaust emission measurement system of the mobile laboratory SNIFFER. Atmospheric Environment 43, 4703–4713.

¹⁷ Tervahattu, H. (toim) 2008. Vierintämelun vähentäminen. VIEME-tutkimus- ja kehittämishankkeen loppuraportti. LVM julkaisuja 4/2008.

Katujen puhtaustaso

Tulosten tulkinnan tueksi KAPU-ympäristöklusterihankkeen loppuraportissa päädyttiin suositteluun yhdeksänportaista jakoa (Tervahattu ym. 2007¹⁴) kuvaamaan Nuuskijalla mitattua kadun pinnan päästötasoa ja sen suhteellista puhtautta:

- 0–300 µg/m³ (erittäin puhdas tai märkä tienpinta)
- 300–1000 µg/m³ (kesäaikainen puhdas tienpinta)
- 1 000–2 000 µg/m³ (tienpinta kevätpuhdistusten jälkeen, esim. toukokuun alku)
- 2 000–3 500 µg/m³
- 3 500–5 500 µg/m³
- 5 500–8 000 µg/m³
- 8 000–12 000 µg/m³
- > 12 000 µg/m³

Raportissa arvioitiin, että Nuuskija-päästö 1 500-2 000 µg/m³ (mittarenkaana kitkarengas, kuiva kadunpinta) saattaisi olla sopiva vaatimustaso päästötasolle, jolloin PM₁₀-hiukkasten raja-arvotaso ei ylittyisi normaalissa sääolosuhteessa. Todennäköisesti erilaisissa katu ympäristöissä ilmanlaadun kannalta merkitsevä päästötaso vaihtelee. Jatkotutkimuksissa on hyvä selvittää katupäästöjen ja ilmanlaadun yhteyttä tarkemmin.

Katujen puhtaustason osalta Helsingin kaupungin rakennusvirasto on esittänyt, että nykyiselle puhdistuskalustolle voisi käyttää esimerkiksi seuraavia (Nuuskija-auto) ohjearvoja:

- puhdas alle 1 000 µg/m³
- riittävät toimenpiteet (kohtuukustannuksin ei parempaan päästä) 1 000–4 000 µg/m³
- lisätoimenpiteitä vaaditaan yli 4 000 µg/m³
- pidemmällä kaduilla tarkastellaan katuosuuksittain.

3 Tulokset

3.1 Talvikunnossapidon, liukkaudentorjunnan ja pölynsidonnan toimenpiteet tutkimusvuosina

Liukkaudentorjuntakäytännöt vaihtelevat osallistujakaupunkien välillä jonkin verran. Ääripäänä voisi mainita Riihimäen, jossa liukkaudentorjunta hoidetaan ai-noastaan hiekoittamalla. Muissa kaupungeissa hiekoitusta pyritään korvaamaan osalla katuverkosta (esim. I-hoitoluokan tai I- ja II-hoitoluokan kaduilla) suolauliu-oksella (NaCl).

Kaupunkien välillä oli myös eroja hiekoitusmateriaalien osalta. Osassa kaupun-geista käytettiin pesuseulottua sepeliä ja joissain seulomatonta hiekkaa. Mate-riaalin pesuseulonnalla on osoitettu olevan hyötyä myös katujen pölyisyyden vähentämisessä (kts. luku 3.5, taulukko 9), ja KAPU-hankkeen aikana useassa kaupungissa onkin siirrytty käyttämään enenevässä määrin pesuseulottuja mate-riaaleja ja/tai sepeliä. Osallistujakaupungit ovat hankkeen aikana jonkin verran myös muuttaneet omia käytäntöjään, joten toimenpidemäärien muutokset eivät näin ollen pelkästään kuvasta talvi- ja kevätolosuhteiden eroja.

3.1.1 Talvikaudet ja liukkaudentorjunnan toimenpiteet 2005–2009

Taulukkoon 1 on koottu KAPU-hankkeen 1- ja 2-vaiheen aikana kerättyjä tietoja KAPU-reittien kaduilla tehtyjen liukkaudentorjunta- ja pölynsidontatoimenpiteiden lukumääristä. Talvikausina 2005/2006 ja 2006/2007 ajallisesti kattavampia toi-menpidekirjauksia tehtiin vain Helsingissä. Talvien 2005/2006 ja 2007/2008 toi-menpidekirjaukset aloitettiin vasta vuodenvaihteessa, joten syystalvesta tapahtu-neet toimenpiteet puuttuvat. Liukkaudentorjuntapäivien lukumäärät KAPU-reittien kaduilla vaihtelivat vuosien välillä osaltaan vallitsevien sääolosuhteiden mukaan. Tässä luvussa on luotu lyhyet katsaukset KAPU-hankkeen 1.- ja 2.-vaiheen talvi-kausiin ja talvikunnossapidon toimenpiteisiin ja niiden ajoittumiseen.

Talvikaudella 2005/2006 tammikuu oli hiukan tavallista lauhempi, mutta helmi-maaliskuu puolestaan tavanomaista kylmempiä (Myllynen ym. 2007¹⁸). Kevättal-vea luonnehti pitkään jatkunut kylmä ja sateinen kausi. Varsinainen kevät-pöly-kausi alkoi vasta huhtikuun loppupuolella. Kevättalven koleus heijastui myös toi-menpidekirjauksiin. Esimerkiksi Helsingissä liukkaudentorjuntaa tehtiin suurelta osin hiekoittamalla (Taulukko 1) ja kevätpuhdistukset pääsivät alkamaan myöhemmin kuin muina vuosina. Viimeiset hiekoitusmerkinnät ovat maaliskuun lopulta ja suolausmerkinnät huhtikuun ensimmäiseltä viikolta. Hiekanpoisto ajoit-tui keväällä 2006 huhtikuun puolenvälin ja toukokuun puolenvälin väliselle ajalle.

Talvikausi 2006/2007 oli helmikuuta lukuunottamatta keskimääräistä lämpimämpi. Helmikuu oli kuiva, mutta maa oli lumen peitossa. Muilta osin kevään sademäärät olivat keskimääräisellä tasolla. Maaliskuun keskilämpötila oli koko maassa yli 3 astetta keskimääräistä korkeampi. Erotuksena edellistalveen liukkaudentorjuntaa tehtiin Helsingin KAPU-reitin kaduilla pääasiassa suolaamal-la, joskin merkittävä määrä kertyi hiekoituspäiviäkin. Viimeiset hiekoitukset tehtiin helmikuun lopussa ja suolaukset maaliskuun puolella välissä eli noin kuukauden aikaisemmin kuin keväällä 2006. Hiekanpoisto ja katujen puhdistukset aloitettiin

¹⁸ Myllynen, M., Haaparanta, S., Julkunen, A., Koskentalo, T., Kousa, A. & Aarnio, P. 2007. Ilman-laatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2006. YTV:n julkaisuja 12/2007.

keväällä 2007 KAPU-reitin kaduilla maaliskuun viimeisellä viikolla ja saatiin valmiiksi huhtikuun viimeisellä viikolla, eli noin 2–3 viikkoa aikaisemmin kuin edellisenä keväänä.

Taulukko 1. Osallistujakaupunkien KAPU-reittien katujen kirjauksista kerättyjä liukkaudentorjunta- ja pölynsidontatoimenpiteitä tammi-toukokuussa 2006–2009.

		2006	2007	2008	2009
Espoo	hiekoitus	9		4–5	10–13
	suolaus	10		18–19	12–15
	pölynsidonta	2–3		5–7	4–6
Helsinki (suluisissa Kallion luvut)	hiekoitus	14–40 (6-7)	13–29 (8-9)	2 (0)	0–2 (18)
	suolaus	6–21 (4–6)	19–26* (19–22)	14–33 (30–31)	23–26* (39)
	pölynsidonta	2–5 (1)	0–11 (0–1)	1–9 (0–1)	0–24 (2–3)
Vantaa	hiekoitus			1	6–7
	suolaus			38-39	33
	pölynsidonta			1	2–3
Tampere (2009 vain osa reitistä)	hiekoitus			3–18	1-8
	suolaus			1–23	8–15
	pölynsidonta			3	0
Kerava	hiekoitus		29	7	3
	suolaus		25	23	4
	pölynsidonta		0	0	0
Riihimäki	hiekoitus	Liukkaudentorjunta hoidetaan kokonaan hiekoittamalla.			
	suolaus	Suolaa ei käytetä liukkaudentorjuntaan eikä pölynsidontaan.			
	pölynsidonta	Tarkempia toimenpidemääriä ei saatavilla.			

* Syystalvella 2005 ja 2008 liukkaudentorjunta toteutettiin lähinnä suolauksella; katukohtaiset suolauspäivien lukumäärät 8–16.

Talvi 2007/2008 oli Suomen mittaushistorian leudoin. Tammikuu ja helmikuu olivat pääkaupunkiseudulla noin 5 ja 6 astetta vertailujaksoa (1971–2000) lämpimämmät. Sateet tulivat suurelta osin vetenä, ja lumipeite oli paksuimmillaan vain 10 cm (Niemi ym. 2008¹⁹). Pääkaupunkiseudulla ei esiintynyt voimakkaita yöpakkasia. Talvikauden pakkasennätys oli helmikuussa -11 °C astetta, minkä vuoksi hiekoitusta ei tarvinnut juurikaan käyttää pääkaupunkiseudun KAPU-reitin kaduilla. Ainoat hiekoituskirjaukset ovat tammikuun alusta ja maaliskuun alusta.

On tärkeä huomioida, että KAPU-reitit kulkevat lähinnä I-hoitoluokan kaduilla, joilla pääasiallisena liukkaudentorjuntamuotona käytetään suolausta. Näin ollen liukkaudentorjunnan toimenpiteiden lukumäärät eivät kuvasta kaikkien katujen tilannetta ja esimerkiksi hiekoitusten lukumäärät ovat alhaisempia kuin alempien hoitoluokkien kaduilla. Olosuhteiden takia kuitenkin myös I-hoitoluokan kaduille kertyy talvikauden aikana useita hiekoituspäiviä (Taulukko 1). Viimeiset suolauskirjaukset tehtiin maaliskuun viimeisellä viikolla. Hiekanpoisto ja katujen pesut tehtiin KAPU-reitin kaduilla keväällä 2008 maaliskuun puolenvälin ja huhtikuun 24. päivän välisellä ajalla. Työt päästiin siis aloittamaan aikaisemmin kuin edellisenä keväänä.

Espoon ja Vantaan hiekanpoisto- ja katujenpesukirjaukset ajoittuivat huhtikuun 1.–17. päivän välille. Keravalla hiekanpoistot aloitettiin jo maaliskuun puolessa välissä ja saatiin valmiiksi KAPU-reitin kaduilla 11. huhtikuuta. Katujen pesuja tehtiin tosin laajassa mitassa vielä toukokuun alussakin.

¹⁹ Niemi, J., Väkevä, O., Kousa, A., Weckström, M., Julkunen, A., Myllynen, M. & Koskentalo, T. 2007. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2007. YTV:n julkaisuja 8/2008.

Tampereella talvikauden 2007/2008 tilanne näyttäytyy erilaisena kuin pääkaupunkiseudulla. Tampereella esimerkiksi hiekoituskirjauksia tuli jonkin verran enemmän. Tampereella vuorotelleet heikot lumi- ja vesisateet, nollan tuntumassa sahannut lämpötila ja yöpakkaset vaikeuttivat liukkaudentorjuntaa. Tampereella arvioitiinkin talven olleen edellisvuotta vaikeampi talvikunnossapidon osalta. Nämä erot osoittavat osaltaan, että talvikunnossapitoon vaikuttavat olosuhteet voivat erota kaupunkien välillä merkittävästikin (esim. sisämaa-rannikko) saman vuoden aikana. Hiekanpoisto ja katujenpesu aloitettiin osalla Tampereen KAPU-reitin kaduista huhtikuun alussa ja saatiin vietyä loppuun huhtikuun loppuun tai toukokuun puolenväliin mennessä.

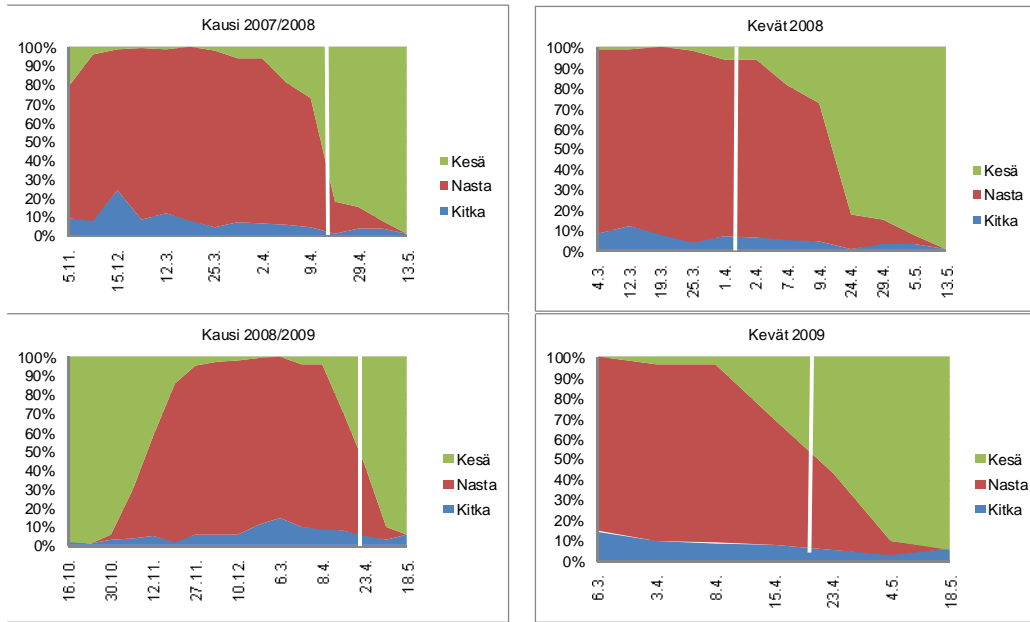
Talvikausi 2008/2009 oli Etelä-Suomessa keskimääräistä leudompi ja vähäsateinen (Niemi ym. 2009²⁰). Helmi-maaliskuun lämpötila oli tosin lähellä vertailujaksion (1971–2000) keskiarvoa. Pysyvä lumipeite tuli pääkaupunkiseudulle tammi-kuun lopulla ja se säilyi koko helmi- maaliskuun. Maaliskuun lopulla oli yöpakkasia, mutta viimeiset lumet sulivat huhtikuun 10. päivän tienoilla. Huhtikuu oli vähäsateinen ja kuiva. Liukkaudentorjunnan toimenpiteitä kertyi kaupunkien KAPU-reiteille jonkin verran enemmän kuin edellisvuonna. Kevätpuhdistukset ajoituivat maaliskuun puolenvälin ja huhtikuun lopun väliselle ajalle.

Pölynsidontaa on tehty toimenpidekirjausten perusteella laajemmassa määrin lähinnä Helsingissä ja Espoossa. Pölynsidonta tehdään Helsingissä ilmanlaadun varautumissuunnitelman mukaisesti koko kaupunkialueella (vuonna 2009 kaksi kertaa) ja työnjohtajien harkinnan mukaan katu- tai aluekohtaisesti. Helsingin keskustan alueella pölynsidontaa tehostettiin keväällä 2009. Toimenpidemääriä olikin keskustan alueella selvästi aikaisempia vuosia enemmän (15–28). Keravalta ja Riihimäellä pölynsidontaa ei tehdä lainkaan. Pölynsidonnan käytäntöjä ja sen vaikutuksia päästötasoihin on käsitelty tarkemmin luvussa 3.2.8.

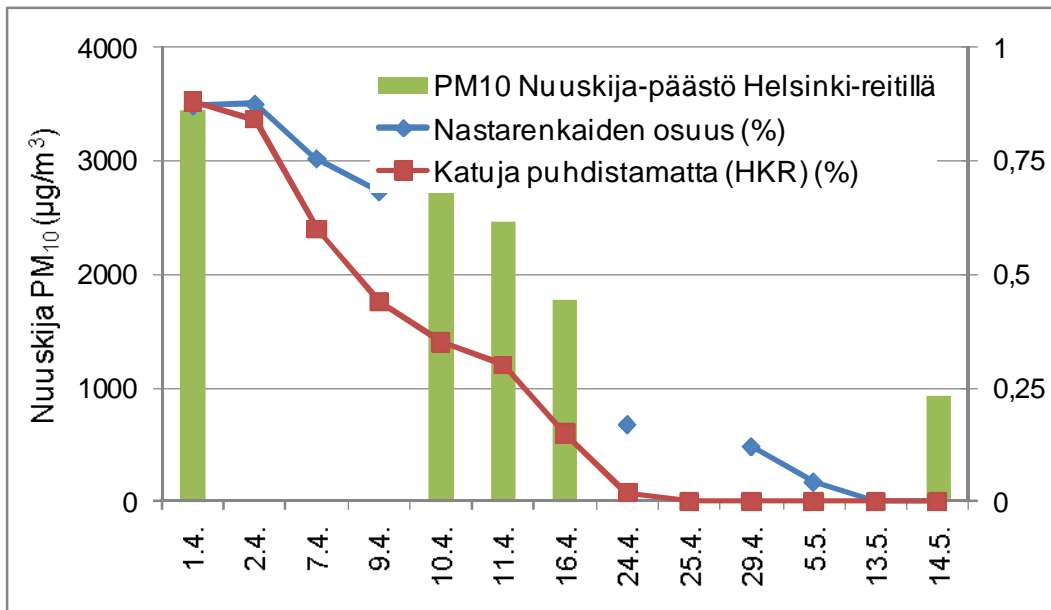
3.1.2 Talvirenkaiden käytön suuntaa-antavat laskennat 2007–2009

Vuosina 2008 ja 2009 tehtiin suuntaa-antavia parkkipaikkalaskentoja eri rengastyypin osuuksista Helsingin keskustassa ja Viikissä. Tarkoituksena oli saada yleiskäsitys lähinnä siitä milloin talvirenkaiden käytöstä luovutaan liikenteessä. Laskentojen perusteella näyttäisi siltä, että nastarenkaita on vielä liikenteessä huhtikuun alkupuolella ja puolenvälin jälkeenkin merkittävä osuus (kuva 1). Kuvaajien perusteella voidaan arvioida, että nastarenkaiden käyttö vähenee samanaikaisesti, kun katujen kevätpuhdistus etenee ja katupölypäästöt laskevat (kuva 2).

²⁰ Niemi, J., Malkki, M., Myllynen, M., Lounasheimo, J., Kousa, A., Julkunen, A. & Koskentalo, T. 2009. Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2008. YTV:n julkaisu 15/2009.



Kuva 1. Suuntaa-antavien parkkipaikkalaskentojen tulokset eri rengastyypin esiintymisestä Helsingissä. Valkoisella viivalla on merkitty viimeinen nastarenkaiden vaihtopäivä (31.3. tai toista pääsiäispäivää seuraava maanantai, joista myöhempi päivämäärästä on määrävä).



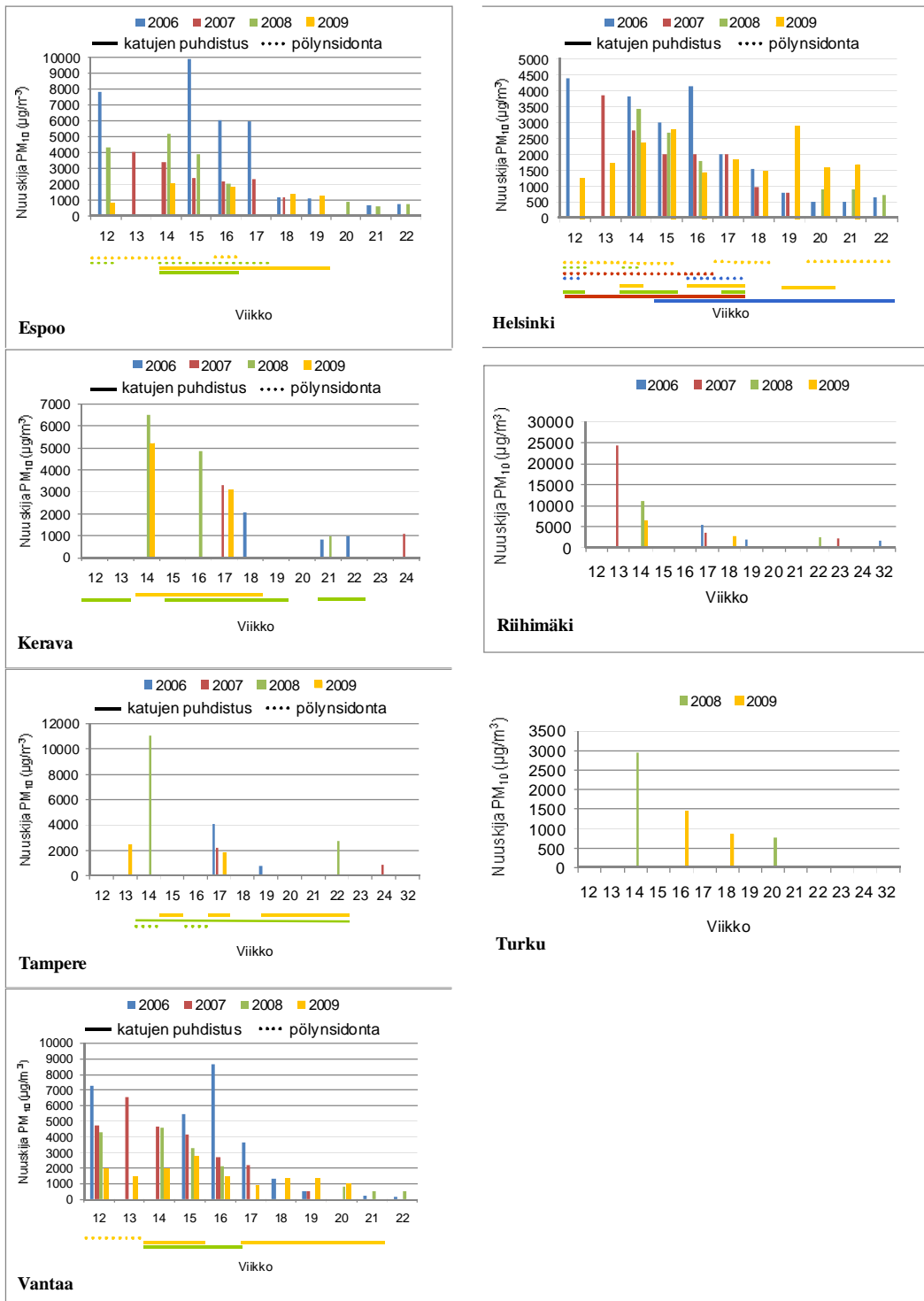
Kuva 2. Helsingin KAPU-reitin keskimääräisten PM₁₀-päästöjen, nastojen käyttöasteen (%), suuntaa-antava laskenta) ja kaupungin tekemien katujen puhdistusten (%) eteneminen Helsingissä keväällä 2008.

3.2 Nuuskijan mitaamat keskimääräiset päästötasot KAPU-reiteillä

Kuvaan 3 on koottu Nuuskijan mitaamat reittikohtaiset keskimääräiset päästötasot ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) tutkituissa kaupungeissa maaliskuun puolenvälin ja toukokuun lopun välillä vuosina 2006–2009. Kuvaajissa on lisäksi esitetty pölynsidonnan sekä katujen hiekanpoiston ja pesun ajoittuminen. Päästötasojen vertailussa täytyy huomioida, että reitit kulkevat erilaisissa katu ympäristöissä eivätkä ole täysin vertailukelpoisia. Liitteessä 2 on esitetty säätietoja (vuorokauden keskilämpötila, sademäärä ja ilman suhteellinen kosteus) Helsingin Pasilasta.

Maalis-huhtikuun vaihteessa (viikot 13–15) katupölyn päästöt ovat olleet korkeimmillaan. Poikkeuksen muodostaa vuosi 2006, jolloin kevät saapui varsin myöhään, mikä vaikutti myös päästöhuipun esiintymiseen Espoossa, Helsingissä ja Vantaalla. Reittikeskiarvot ovat vaihdelleet päästöhuippujen aikana noin 4 000–25 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ välillä riippuen kaupungista. Tämän jälkeen päästöt laskivat tasaisesti, ja toukokuun alussa kaupunkien päästötasot ovat olleet pääsääntöisesti jo suhteellisen puhtaalla tasolla (Nuuskija-päästö alle 2 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Erittäin puhtaalla, kesäisellä tasolla (Nuuskija-päästö alle 1 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) päästöt ovat kuitenkin yleensä vasta toukokuun puolen välin jälkeen. Nuuskija-päästön lasku ajoittuu samanaikaisesti katujen kevätpuhdistusten kanssa, mutta myös nastarenkaiden käyttöasteen vähenemisen kanssa. Lisäksi päästöhuipun jälkeen pölyvarastoja (lumipenkat, jää) ei yleensä ole enää jäljellä, joten niiden vapautumista ei enää tapahdu. Pölyä kulkeutuu katu ympäristöstä pois myös ilmavirtausten, sateiden ja valunnan myötä.

Päästötasoissa havaittiin eroja eri kaupunkien välillä (huom. eri asteikot kuvassa 3). Riihimäen reittikeskiarvo keväällä 2007 oli erityisen koholla. Riihimäen reittikeskiarvoon ovat koko tutkimuksen ajan vaikuttaneet merkittävästi reitin varrella olleet laajat rakennustyömaat. Riihimäki käyttää myös liukkaudentorjunnassaan pelkästään hiekoitusta, minkä voi olettaa nostavan alkukevään päästötasoa verrattuna muihin kaupunkeihin. Huolimatta korkeista alkukevään päästöistä, Riihimäen loppukevään päästötasot eivät merkittävästi eroa muiden kaupunkien vastaavista.



Kuva 3. Nuuskijan mitaamat reittikohtaiset keskimääräiset päästötasot ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) kaupungeittain maaliskuun puolenvälin ja toukokuun lopun välillä 2006–2009.

Talvikausina 2007–2008 ja 2008–2009 on hiekoitusta käytetty Helsingin reitin kaduilla keskustassa suhteellisen vähän verrattuna aikaisempiin vuosiin (kts. Taulukko 1). Tästä huolimatta alkukevään 2008 keskimääräiset päästöt ovat olleet keskustassa suurin piirtein samalla tasolla kuin 2007. Sen sijaan 2009 päästöt ovat olleet keskimäärin muita vuosia alhaisempia. On huomioitava, että toimenpidekirjaukset kuvastavat vain Nuuskija-reitin tilannetta, mikä pääosin kulkee pääväyliä pitkin ja niiden ensisijainen liukkaudentorjuntakeino on suolaus.

PM₁₀-hiukkasissa katupöly kulkeutuu kuitenkin tehokkaasti lähikaduille. Esimerkiksi Patra ym.²¹ arvioivat pölyn kulkeutumismuutoksiksi Lontoossa tehdyssä tutkimuksessa noin 200 metriä tunnissa. Näin ollen katupölypäästöihin voi vaikuttaa lähikaduilta kulkeutuva pöly.

3.2.1 Espoo

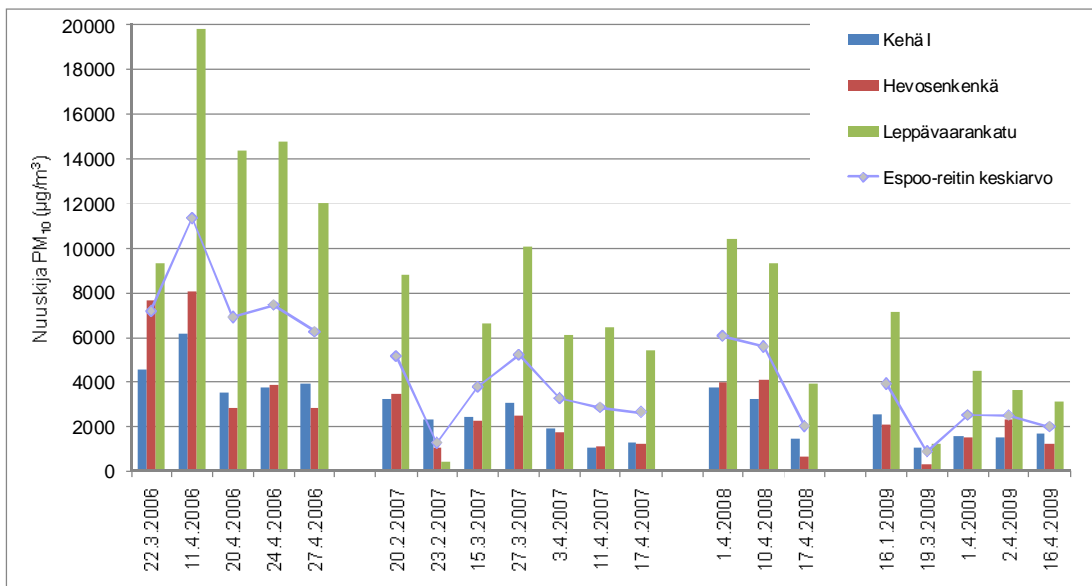
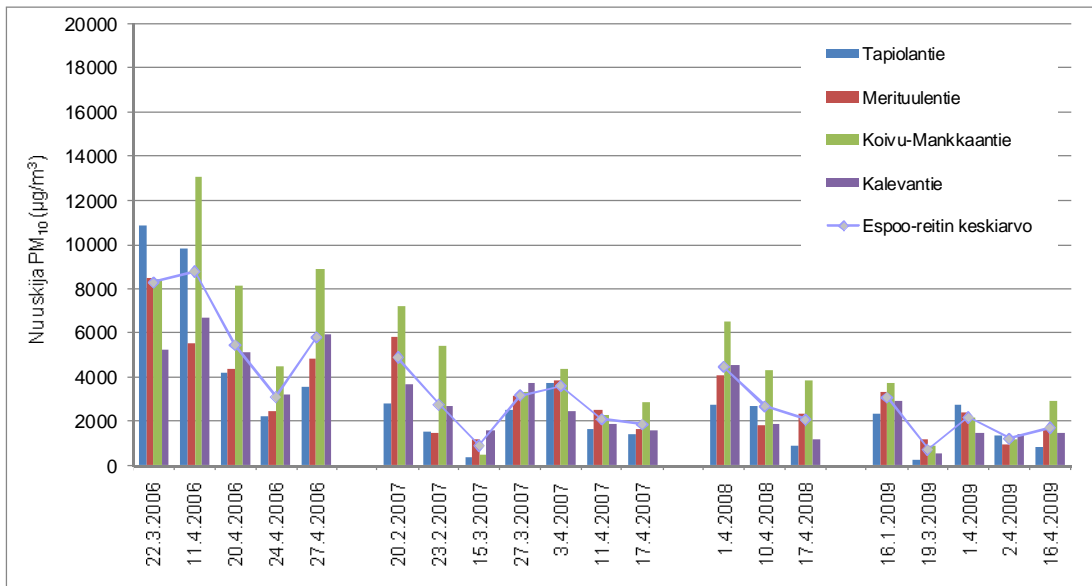
Taulukossa 2 on esitetty Espoon reitin katujen liikennemäärät ja katu ympäristöjen luonnehdinnat. Kuvissa 4 ja 5 on esitetty Nuuskijan mittaamat keskimääräiset katukohtaiset PM₁₀-päästötasot Espoo-reitin kaduilla alkukevästä (Kuva 4) ja loppukevästä/alkukesästä (Kuva 5) vuosina 2006–2009.

Vuosien välillä havaitaan merkittäviä katukohtaisia eroja. Alkukevästä 2006 Tapiolantiella havaittiin korkeita päästötasoja, mutta myöhemmin vuosina se ei ole merkittävästi eronnut muista. Koivu-Mankkaantien päästötaso sen sijaan on ollut kaikkina vuosina keskimääräistä korkeampi. Korkeimmat päästöt Espoon reitillä, sekä alku- että loppukevästä on havaittu Leppävaarankadulla. Leppävaaran kadun päästötasolla on ollut taipumus olla varsin korkea vielä loppukevästäkin (Kuva 5). Erityisesti itään menevällä kaistalla on havaittu korkeita päästöjä (kts. luku 3.5.2). Katujen keskimääräiset päästötasot ennen kevätpuhdistuksia on esitetty kartalla kuvassa 6.

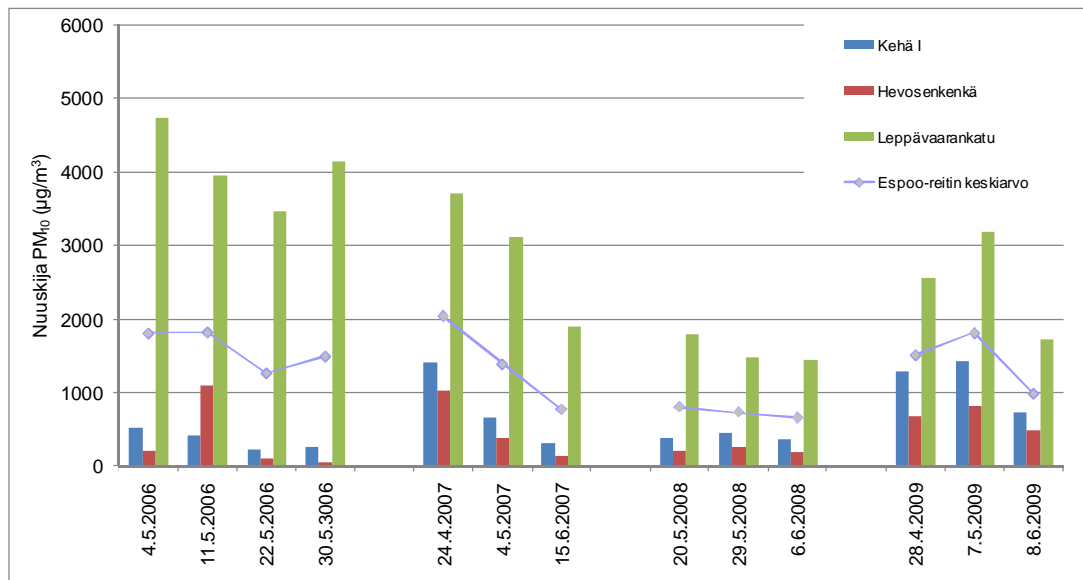
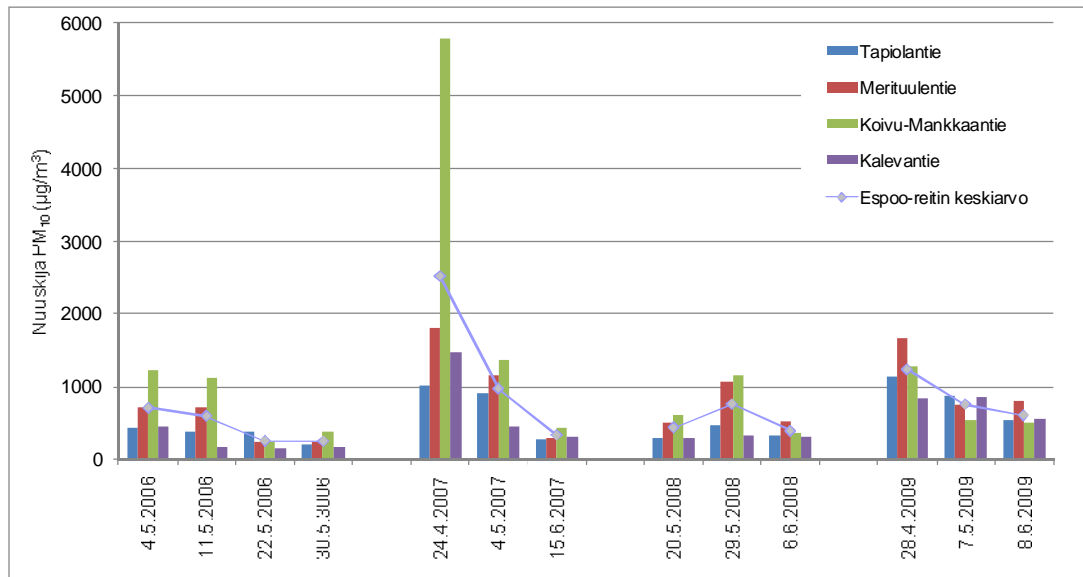
Taulukko 2. Espoon reitin katujen liikennemäärät ja katu ympäristöjen luonnehdinnat.

Kadun nimi	KAVL (ajoneuvoa/vrk)	Luonnehdinta
Kalevantie	11 600–17 100–15 900	Puoliavoin
Koivu-Mankkaantie	8 400	Avoim, ympäristössä kenttiä ja parkkialueita
Merituulentie	11 200	Puoliavoin
Tapiolantie	10 400	Puoliavoin
Kehä I	28 200–45 100–51 000–75 100	Puoliavoin
Leppävaarankatu	10 000	Katukuilu

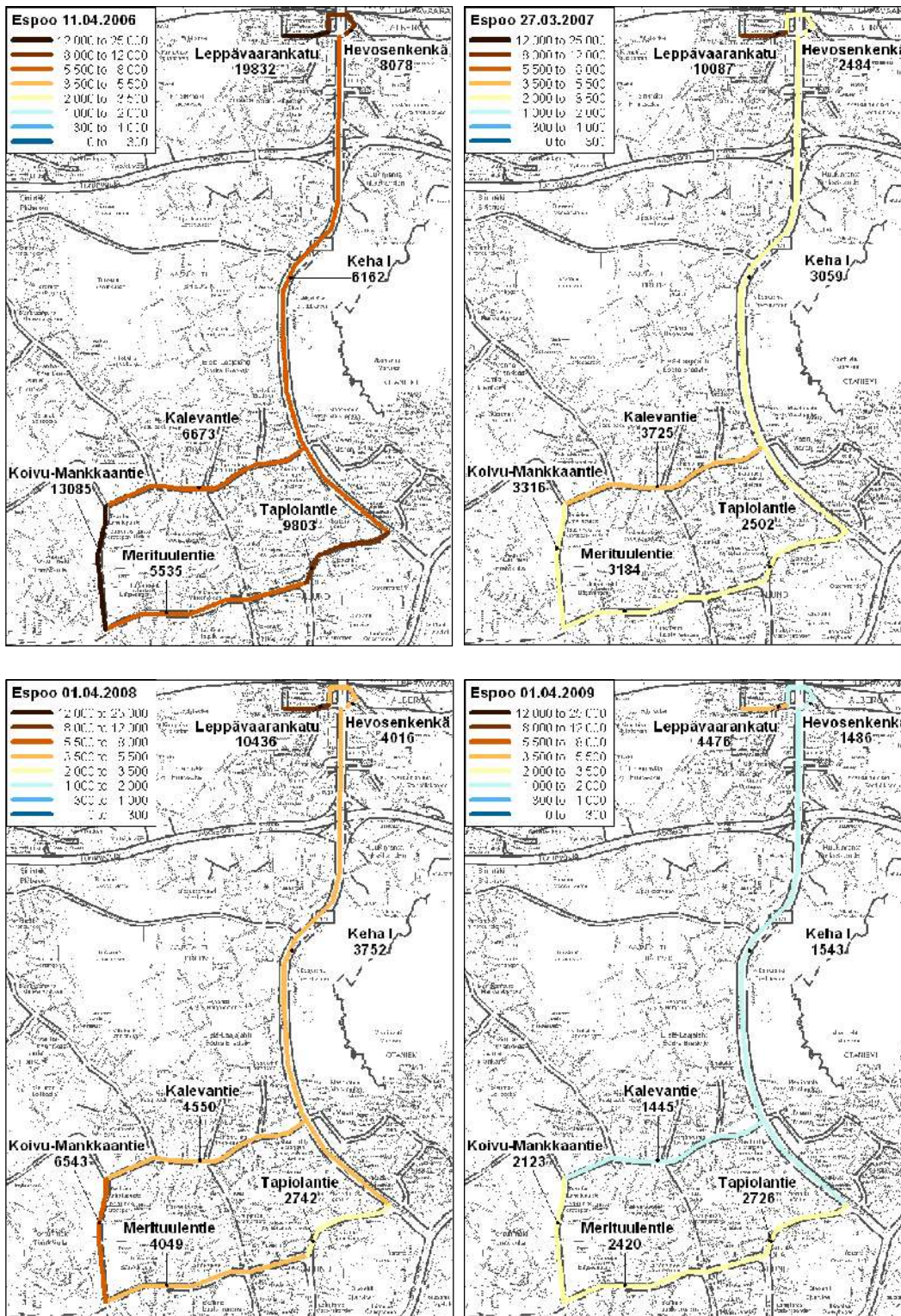
²¹ Patra ym. 2008, Atm. Env. 42(17), 3911–3926



Kuva 4. Nuuskijan mittaamat keskimääräiset PM₁₀-päästötasot Espoon reitin kaduilla alkukevästä. Yläkuvassa Tapiola-Niittykumpu ja alakuvassa Leppävaara.



Kuva 5. Nuuskijan mitaamat keskimääräiset PM₁₀-päästötasot Espoon reitin kauduilla loppukeväästä (huhti-toukokuun vaihde-kesäkuu). Yläkuvassa Tapiola-Niittykumpu ja alakuvassa Leppävaara.



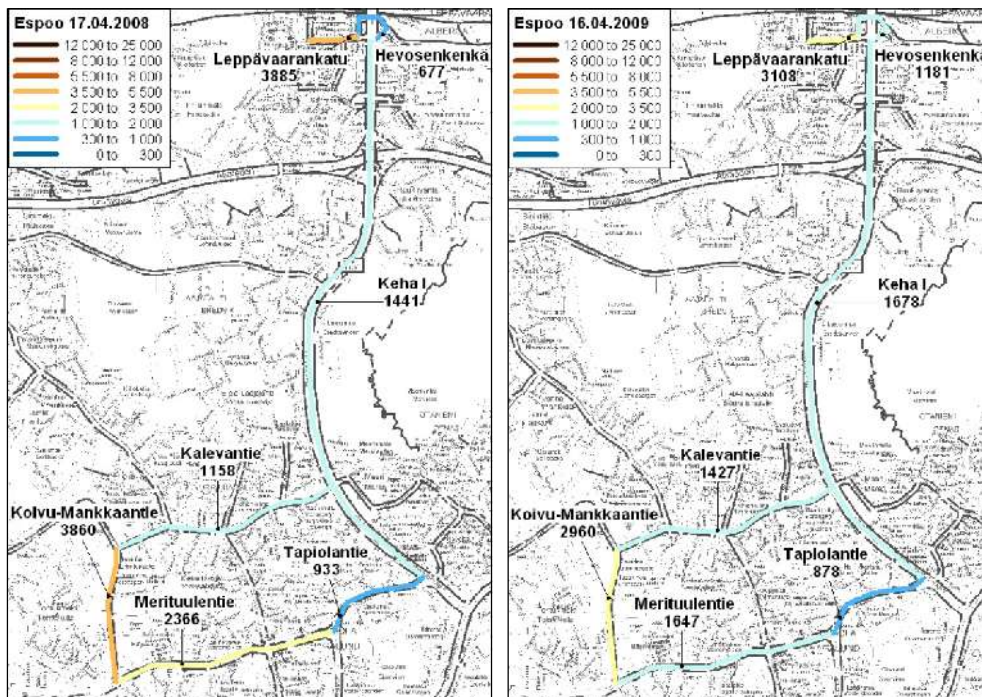
Kuva 6. PM₁₀-päästötilanne Espoon reitillä maaliskuun vaihteessa vuosina 2006–2009, ennen kevätpuhdistuksia.

Kevätpuhdistukset aloitettiin Espoo-reitin kaduilla vuosina 2008 ja 2009 maaliskuun puolessa välissä. Nuuskijan mittaamien päästötasojen perusteella näyttäisi siltä, että alkukevästä helmi-maaliskuussa tehdyillä puhdistuksilla ei kuitenkaan ole vaikutusta PM₁₀-päästöhuipun esiintymiseen vaan pääsääntöisesti huippupäästöt havaitaan maaliskuun vaihteessa riippumatta sitä edeltävistä

toimenpiteistä. Tämä kaikissa kaupungeissa havaittu yleinen ilmiö johtuu todennäköisesti siitä, että ennen ko. ajankohtaa pinnat ovat olleet osin kosteita ja/tai lumisia ja jäisiä, joten pölyä on varastoitunut tieympäristöön ja toimenpiteistä huolimatta sitä vapautuu merkittäviä määriä olosuhteiden muuttuessa sopiviksi maaliskuuhun. Tarkempia tietoja katuympäristöjen lumisuudesta ja jäisyydestä ei kuitenkaan ole ollut käytettävissä tässä tutkimuksessa. Päästötasot laskivat huhti-toukokuun aikana. Puhdistuksilla on osin vaikutettu laskevaan trendiin, mutta samanaikaisesti myös nastarenkaiden käyttöaste laskee ja leijuvaa pölyä kulkeutuu pois katuympäristöistä. Kaluston puhdistustehokkuuksia on tarkemmin käsitelty luvussa 3.3.

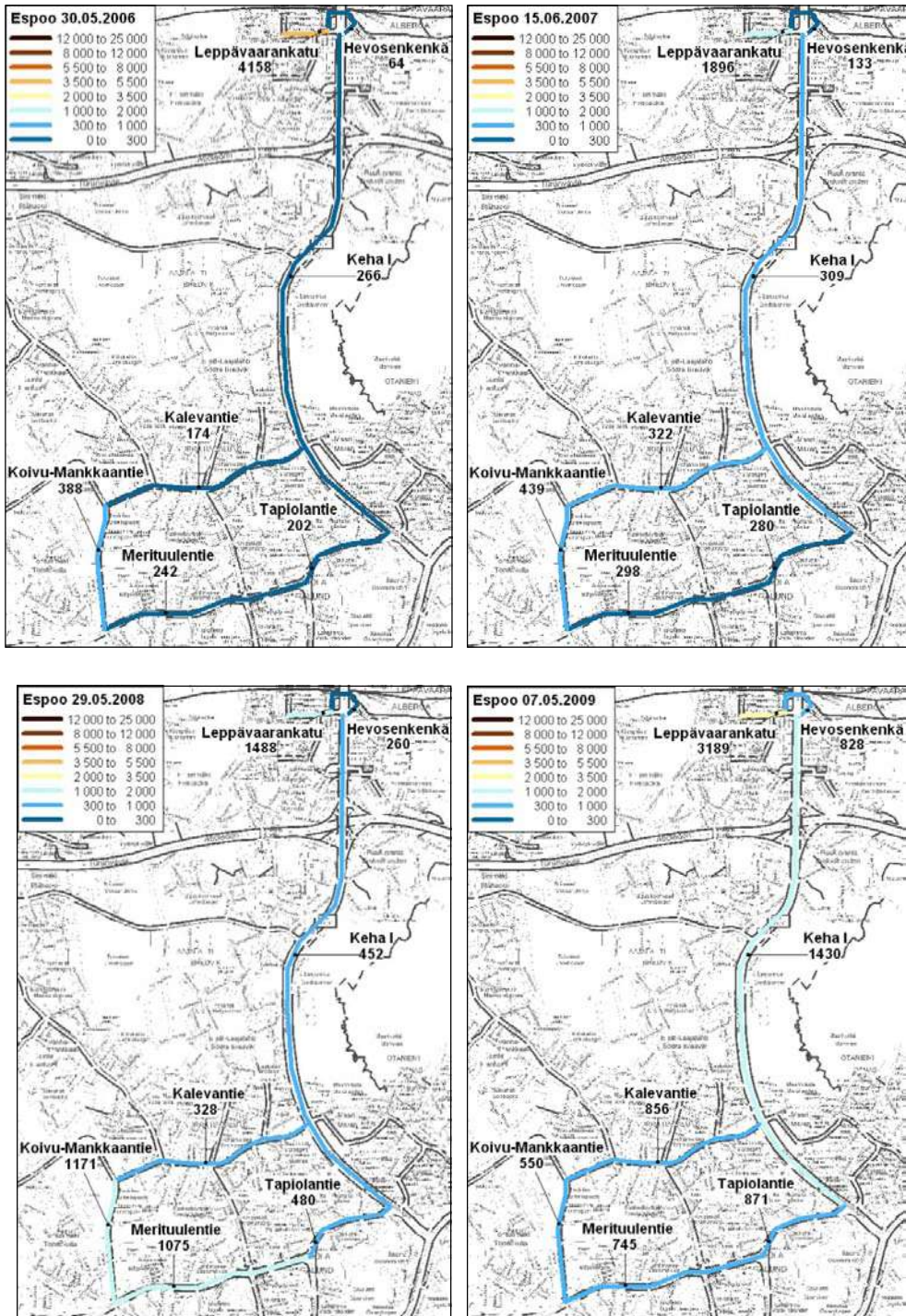
Sääolosuhteet vaikuttavat pölyn kulkeutumiseen pois katuympäristöistä. Sade- ja valumavesien mukana pöly voi kulkeutua pois kadulta. Leijuvaa pölyä kulkeutuu pois katuympäristöistä myös ilmavirtojen mukana. Helsingin Pasilassa mitattuja säätietoja on koottu liitteeseen 1. Espoon aineistossa vuonna 2008 päästötaso on laskenut selvästi 10. huhtikuuta ja 17. huhtikuuta välisenä aikana, jolloin on satanut noin 7 mm, muuten havaitut sademäärät eivät selitä huhtikuussa havaittuja päästötason laskua. Onkin oletettavaa, että katujen puhdistuminen sateiden vaikutuksesta riippuu sademäärästä ja sateen kestosta eli siitä onko valumavesiä muodostunut tarpeeksi ja onko vesi huuhtonut pölyn pois kaduilta tehokkaasti. Yleisesti ottaen tutkimusvuosien huhtikuut ovat olleet varsin vähäsateisia (kts. liite 2).

Kuvassa 7 on esitetty katukohtaiset PM₁₀-keskiarvot Espoon reitillä 2008 ja 2009, jolloin kevätpuhdistukset reitin kaduilla on saatu valmiiksi. Leppävaarankatu, Koivu-Mankkaantie ja Merituulentie (2008) olivat muita korkeammalla päästötasolla. Leppävaarankadun itäpäässä on ollut rakennustyömaa ja lännessä on päällystämätön parkkipaikka. Myös Koivu-Mankkaantien ympäristössä on päällystämättömiä alueita ja käynnissä olevia rakennustöitä.



Kuva 7. Katukohtaiset PM₁₀-keskiarvot Espoon reitillä 17.4.2008 ja 16.4.2009, jolloin kevätpuhdistukset reitin kaduilla on pääsääntöisesti saatu valmiiksi.

Varsinaisten puhdistusten jälkeen useilla kaduilla päästötasot laskivat edelleen. Toukokuut ovat tutkimusvuosina olleet selvästi sateisempia kuin huhtikuut (lukuunottamatta vuotta 2008) ja sillä on osaltaan ollut vaikutusta katujen puhdistamiseen ja päästötasoihin. Kuvassa 8 on esitetty katukohtaiset PM₁₀-keskiarvot Espoon reitillä toukokuun lopussa 2008 ja 2009. Kadut ovat olleet pääsääntöisesti puhtaalla (< 1 000 µg/m³) tasolla.



Kuva 8. Keskimääräiset katukohtaiset PM₁₀-päästöt Espoon mittausreitillä toukokuun lopussa vuosina 2006–2009.

3.2.2 Helsinki

Taulukossa 3 on esitetty Helsinki-reitin katujen liikennemäärät ja katu ympäristöjen luonnehdinnat. Kuvassa 9 on esitetty katukohtaiset keskimääräiset PM₁₀-päästöt Helsingin keskustan kaduilla vuosina 2006–2009.

Taulukko 3. Helsingin reitin liikennemäärät ja katu ympäristöjen luonnehdinnat.

Kadun nimi	KAVL (ajoneuvoa/vrk)	Luonnehdinta
Kalevankatu	3 700	katukuilu
Fredrikinkatu	8 100	katukuilu
Kansakoulunkatu	9 400	katukuilu
Simonkatu	11 000–14 100	puoliavoin
Kaivokatu	8 000–13 800	puoliavoin
Kaisaniemenkatu	12 600–16 800	katukuilu, jossa bussiliikenteen osuus 17 % ja raskaiden ajoneuvojen osuus 3 % (ml. raitiovaunut)
Unioninkatu	7 000–14 200	kohtalaisen kapea katukuilu, jossa bussien osuus 2 % ja raskaiden ajoneuvojen 3 %
Siltasaarenkatu	20 600–30 500	avoin, tuulettuva
Hämeentie	14 700–28 200	kohtalaisen leveä katukuilu, jossa paljon bussiliikennettä (16–19 %), raskaiden ajoneuvojen osuus 3 %
Pääskylänkatu	9 600	avoin
Sömäisten rantatie	23 400–61 800	avoin, tuulettuva
Hakaniemenkatu	9 600	avoin, tuulettuva
Hakaniemenranta	6 300–12 400	avoin, tuulettuva
Aleksanterinkatu	1 300–2 000	katukuilu, joukkoliikennekatu (raitiovaunut, taksit ja huoltoliikenne), ei hiekoiteta (raitiovaunujen jarruhiekkaa lukuunottamatta) eikä suolata
Mannerheimintie	20 200–43 700	leveä, epäyhtenäinen katukuilu, jossa bussiliikenteen osuus 9–12 % ja raskaiden ajoneuvojen osuus 3 % (ml. raitiovaunuja)
Tukholmankatu	18 700	puoliavoin
Haartmaninkatu	8 800	puoliavoin
Topeliuksenkatu	11 300–19 100	puoliavoin, kohtalaisen leveä katukuilu, bussien osuus 3–9 %, raskaiden ajoneuvojen osuus 1–3 %
Runeberginkatu	10 600–22 800	katukuilu

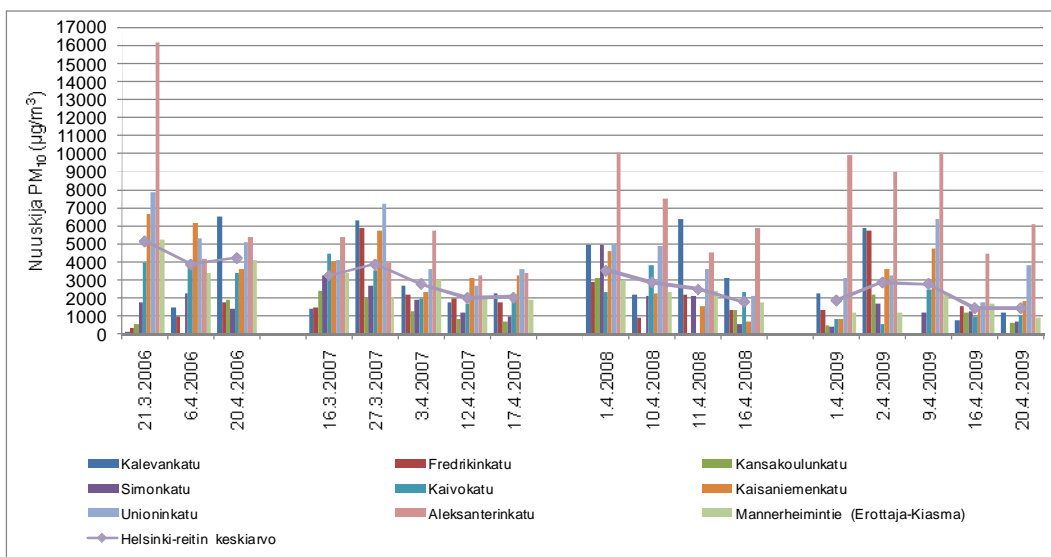
Keskustan alueella useat kadut ovat olleet Helsingin reitin keskimääräistä korkeammalla tasolla. Erityisesti keskustan katukuiluissa, kuten Aleksanterinkadulla, Kaisaniemenkadulla ja Unioninkadulla, päästöt ovat olleet koholla. Maaliskuuhuhtikuun vaihteessa, johon katujen päästöhuiput yleensä ovat ajoittuneet, katukuilujen päästötasot ovat olleet yli 5 000 µg/m³. Keskustan liikenne on varsin vilkasta ja sen seassa kulkee myös raskasta liikennettä, kuten raitiovaunuja (käyttävät jarruhiekka), mikä katu ympäristön sulkeutuneisuuden ohella vaikuttaa päästötasoihin ja pölyn kulkeutumiseen.

Aleksanterinkadulla havaittiin koko nelivuotisen tutkimusjakson ajan selvästi Helsingin reitin korkeimpia päästöjä erityisesti alkukevästä. Aleksanterinkatu on mielenkiintoinen tutkimuskohde, sillä se on lämmitetty katu. Lämmitetyillä katuo-

suuksilla ei tarvita suolausta tai hiekoitusta, joten pölynmuodostuminen on niillä pientä. Näin ollen voisi olettaa, että PM₁₀-päästötkin olisivat alhaiset. Mittaustulokset kuitenkin osoittavat toista. Koko tutkimusjakson ajan alkukevään päästöt Aleksanterinkadulla ovat olleet reitin korkeimpia, luokkaa n. 10 000 µg/m³ tai yli (vuonna 2006 n. 16 000), eli päästötasot olivat Aleksanterinkadulla keskimäärin noin kolminkertaisia verrattuna Helsingin reitin keskimääräiseen tasoon.

Joukkoliikennekäytössä olevan Aleksanterinkadun liikennemäärät ovat pienet (1 300–2 000 ajoneuvoa/vrk; huoltoliikenne ja taksit), joten nastarenkaiden kuluttava vaikutus ei selitä korkeita pölypäästöjä. 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. Aleksanterinkadun tapauksessa pölyisyyteen voi olla muitakin syitä kuin muualta kulkeutuva pöly, mm. raitiovaunujen käyttämä jarruhiekka, saattaa lisätä pölykuormaa. Tulokset osoittavat, että lämmitettyjen katuosuuksien puhtaanapitoon pitää kuitenkin kiinnittää erityistä huomiota, vaikkei katu silminnähdessä vaikuta liikaiselta.

Korkeimmat päästöt havaittiin Helsingin keskustan kaduilla keväällä 2006 ja alhaisimmat vuonna 2009. Vuoden 2006 myöhäinen kevät vaikutti päästöihin ja selittää 2006 poikkeavuutta. Kevätkaudella 2009 erityisesti Helsingin keskustassa tehostettiin pölynsidontatoimenpiteitä. Katukohtaiset pölynsidontapäivien määrät kasvoivat merkittävästi verrattuna aikaisempiin vuosiin (kts. Taulukko 1), mikä on alentanut päästöjä. Pölynsidontaa käytettiin erityisesti maaliskuussa ja huhtikuun alussa (9.4.2009 tai ennen), käytännössä kaikilla kaduilla paitsi Aleksanterinkadulla. Huhtikuun pölynsidonta on keskittynyt lähinnä Mannerheimintielle, jonka varrella tehtiin nupukivipäällysteen uusimistöitä.



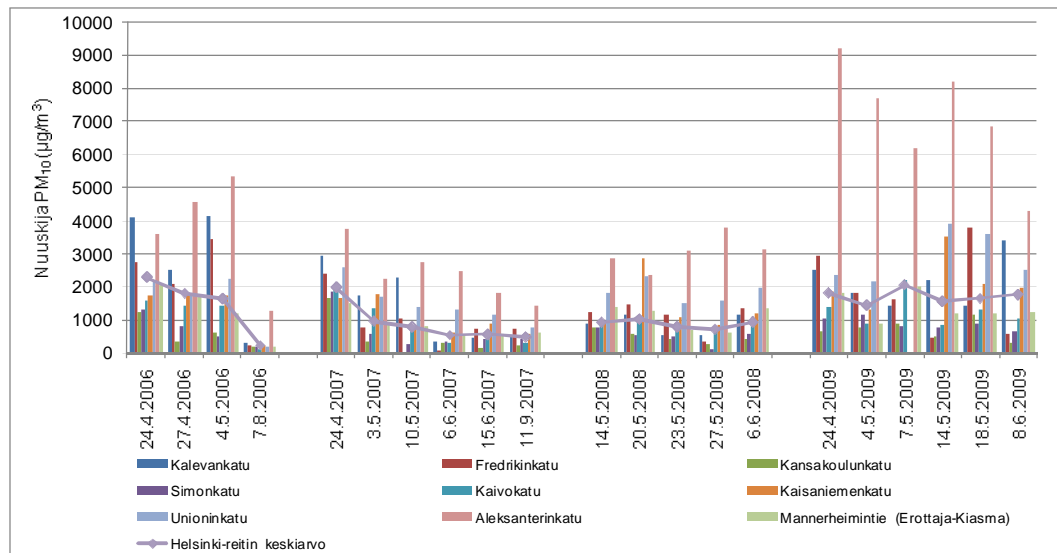
Kuva 9. Katukohtaiset keskimääräiset PM₁₀-päästöt (µg/m³) Helsingin keskustassa maaliskuusta–huhtikuuhun 2006–2009.

Keskustan katujen PM₁₀-päästöt laskivat kaikilla kaduilla huhtikuun aikana, jolloin myös kevätpuhdistukset yleisesti tehtiin. Huhtikuun aikana on jonkin verran myös tehty pölynsidontatoimenpiteitä. Keskustan KAPU-reitin katujen kevätpuhdistukset ajoittuivat tutkimusvuosina seuraavasti: huhti-toukokuun vaihteeseen 2006,

maalis-huhtikuun vaihteeseen 2007 sekä huhtikuun puolenvälin ja 24.4. väliselle ajalle vuosina 2008 ja 2009.

Osalla kaduista toimenpiteiden jälkeisenä mittauspäivänä on havaittu matalampia päästöjä, kun taas toisilla ei. Lisäksi huhtikuussa havaittu katukohtaisten päästöjen lasku ei rajoittunut ainoastaan kaduille, joilla kirjausten mukaan tehtiin puhdistustoimenpiteitä. Sademäärät eivät myöskään selitä laskevia päästötasoja, vaan pölyä kulkeutuu pois katu ympäristöstä liikenteen ja ilmavirtojen vaikutuksesta. Kevätpuhdistuksen tehokkuutta PM₁₀-pölyn vähentämisessä on käsitelty yksityiskohtaisemmin KAPU-hankkeen ensimmäisen vaiheen loppuraportissa (Tervahattu ym. 2007¹⁴) ja tämän raportin luvussa 3.4).

Toukokuun puolenvälin jälkeen päästöt ovat olleet usealla kadulla jo lähellä kesäistä tasoa, noin 1 000–1 500 µg/m³ (kuva 10). Keskimääräistä korkeampia päästöjä havaittiin Aleksanterinkadulla, Unioninkadulla ja Kaisaniemenkadulla. Vuonna 2009 keskustan katukuilujen päästötasot ovat olleet kuitenkin korkeita vielä toukokuussakin. Aleksanterinkadulla mitattiin koko toukokuun ajan jopa yli 6 000 µg/m³ päästöjä.

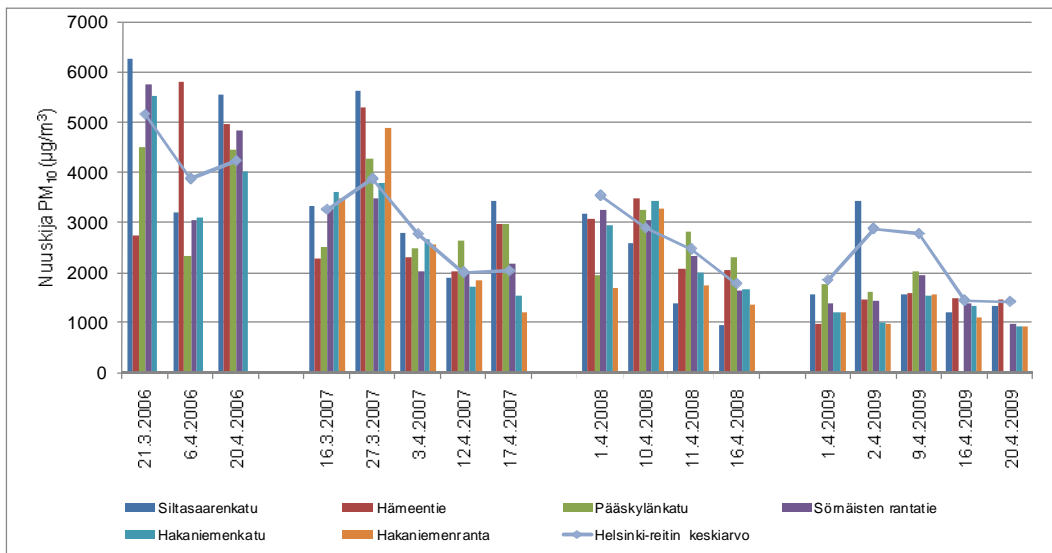


Kuva 10. Katukohtaiset keskimääräiset PM₁₀-päästöt (µg/m³) Helsingin keskustassa huhti-kesäkuussa 2006–2009.

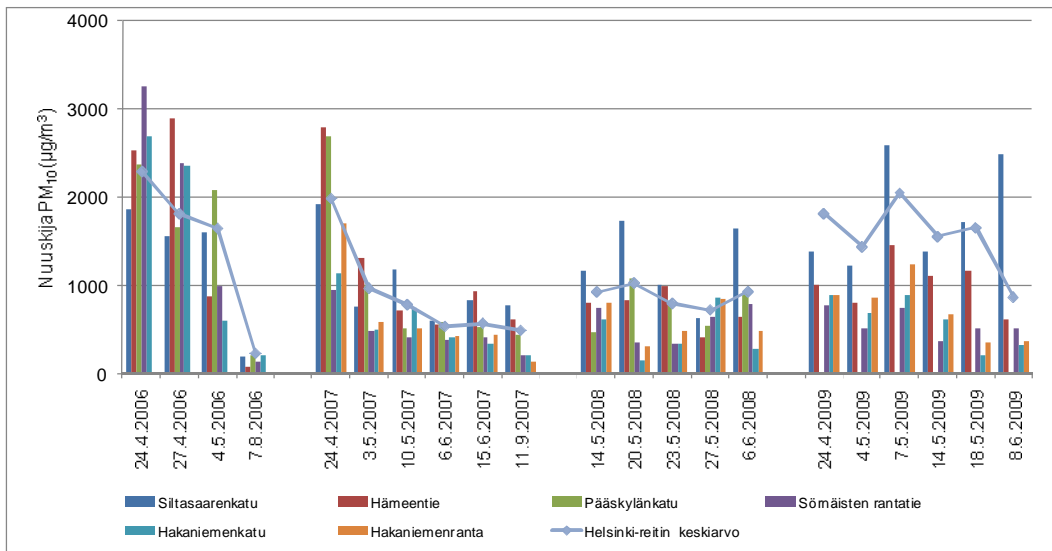
Kuvissa 11a ja b on esitetty katukohtaiset PM₁₀-päästöt Helsingin reitin itäisen alueen kaduilla. Itäisen alueen päästöt ovat olleet pääsääntöisesti Helsingin reitin keskimääräisellä tasolla tai sen alle. Alueen kaduista korkeimpia päästöjä on havaittu Siltasaarenkadulla, Hämeentiellä ja Pääskylänkadulla. Ajoittain myös Hakaniemenrannan ja Hakaniemenkadun päästöt ovat olleet koholla. Ko. katujen päästötilannetta selittää katukuilumaisuus (Hämeentie) sekä kaduilla ja niiden läheisyydessä käynnissä olleet rakennustyöt.

Itäisen alueen mittausreitin kaduilla toteutuneiden hiekoituspäivien lukumäärät ovat olleet talvina 2005–2006 ja 2006–2007 selvästi alhaisempia kuin muilla Helsingin alueilla. Talvikausina 2007–2008 ja 2008–2009 hiekoitus on ollut vähäistä myös muiden alueiden KAPU-reitin kaduilla. Pölynsidontaa on tehty on itäisellä alueella Helsingin kaupungin ilmanlaadun varautumissuunnitelman mukaisesti kaksi kertaa vuonna 2009.

Itäisen alueen KAPU-reitin katujen kevätpuhdistukset oli toimenpidekirjausten perusteella useana vuonna jo pääosin tehty huhtikuun alkuun mennessä. Tästä huolimatta korkeimmat katukohtaiset päästötasot on havaittu maalishuhtikuun vaihteessa tehdyissä mittauksissa eli siis ensimmäisten puhdistusten jälkeen. Usealla kadulla hiekanpoistot uusittiin huhtikuun mittaan. Huhtikuun aikana katukohtaiset päästöt laskivat ja olivat varsin puhtaalla tasolla (1 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tai alle) yleensä jo toukokuun alussa. Vuonna 2009 KAPU-reitin katujen päästöt olivat jo huhtikuun alussa hyvin alhaisella tasolla.



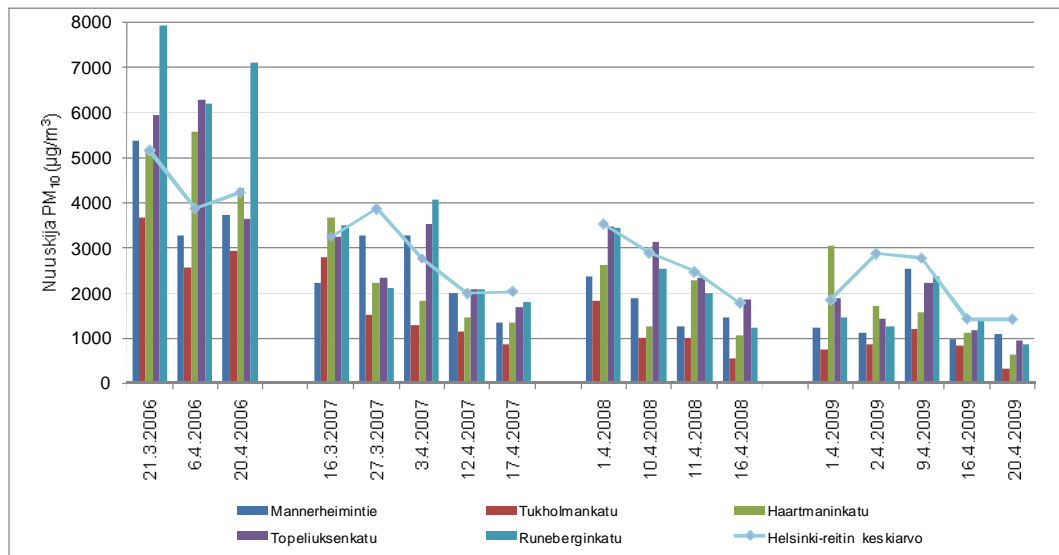
Kuva 11a. Katukohtaiset keskimääräiset PM₁₀-päästöt ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Helsingin itäisellä alueella maalishuhtikuussa 2006–2009.



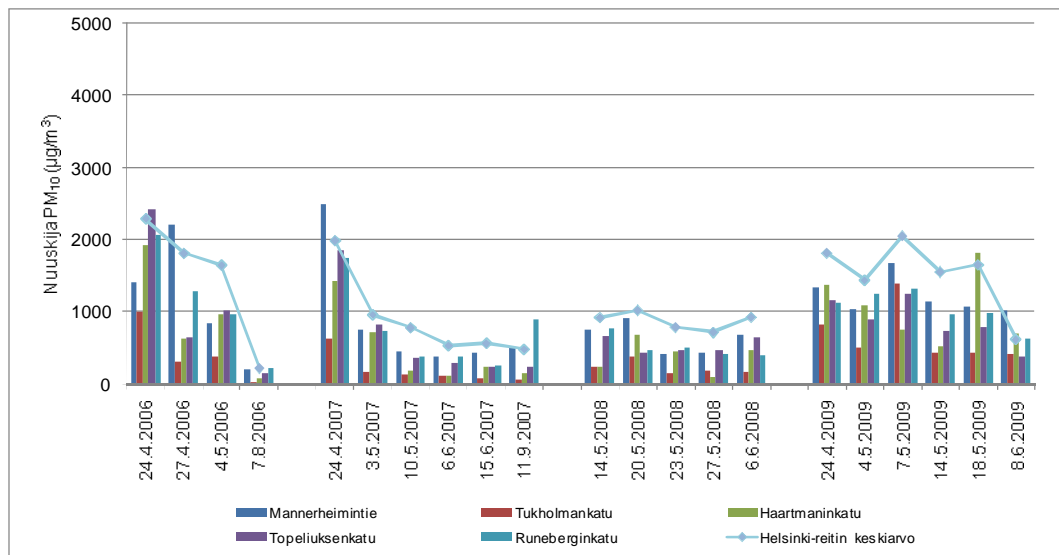
Kuva 11b. Katukohtaiset keskimääräiset PM₁₀-päästöt ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Helsingin itäisellä alueella huhti-kesäkuussa 2006–2009.

Kuvissa 12a ja b on esitetty katukohtaiset PM₁₀-päästöt Helsingin reitin läntisen alueen kaduilla. Läntisen alueen KAPU-reitin katujen päästöt ovat olleet pääsääntöisesti Helsinki-reitin keskimääräisellä tasolla tai sen alle lukuunottamat-

ta alkukevättä 2006, jolloin erityisesti Runeberginkadulla havaittiin varsin korkeita päästöjä (yli 6 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Runeberginkatu on vilkkaasti liikennöity katukuilu, jolla kulkee myös raskasta liikennettä ja raitiovaunuja. Alkukevästä korkeita päästöjä on havaittu myös Topeliuksenkadulla ja ajoittain myös Haartmaninkadulla. Katujen välisessä vertailussa merkillepantavaa on, että Mannerheimintielle (Kiasmas-ta pohjoiseen) ei ole havaittu erityisen korkeita päästöjä, vaikka se on tarkastel-luista kaduista selvästi vilkkaiten liikennöity ja sillä liikkuu myös paljon raskasta liikennettä.



Kuva 12a. Katukohtaiset keskimääräiset PM₁₀-päästöt ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Helsingin läntisellä alueel-la maalis-huhtikuussa 2006–2009.

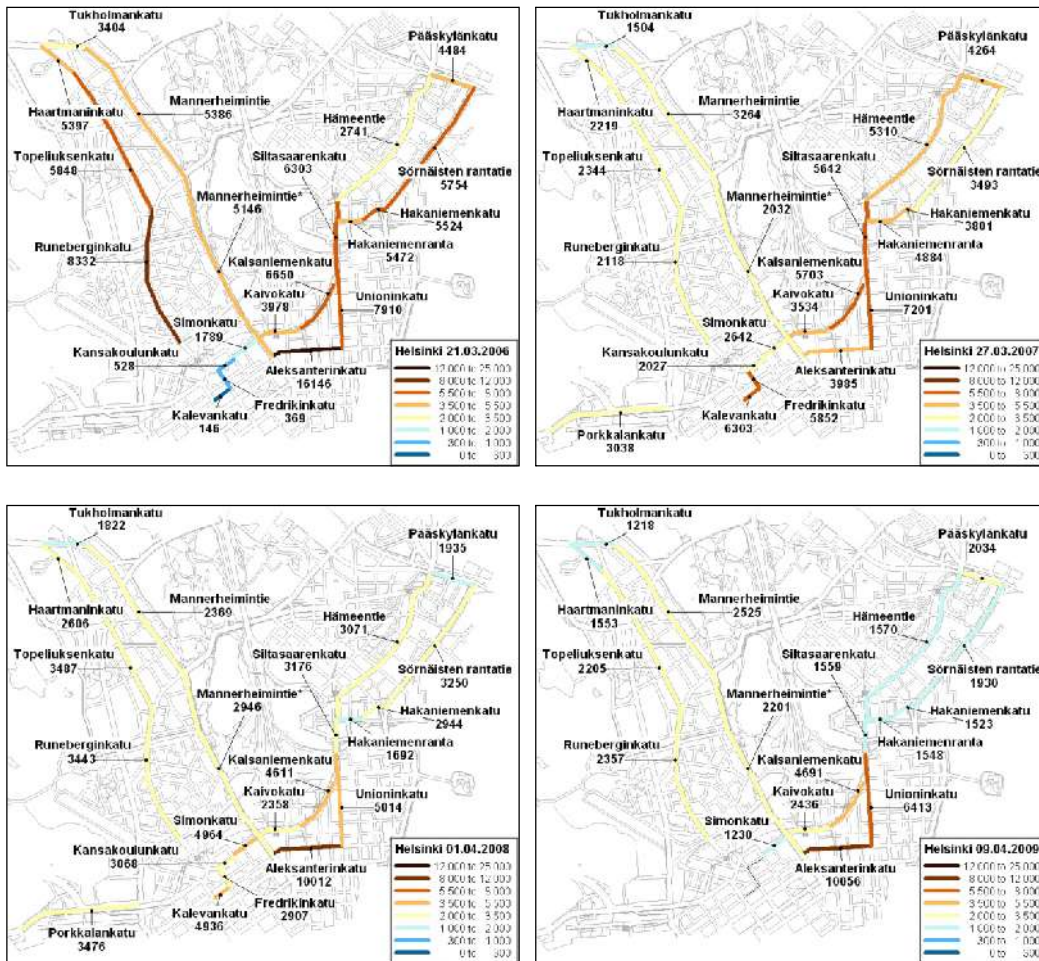


Kuva 12b. Katukohtaiset keskimääräiset PM₁₀ -päästöt ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) Helsingin läntisellä alueel-la huhti-kesäkuussa 2006–2009.

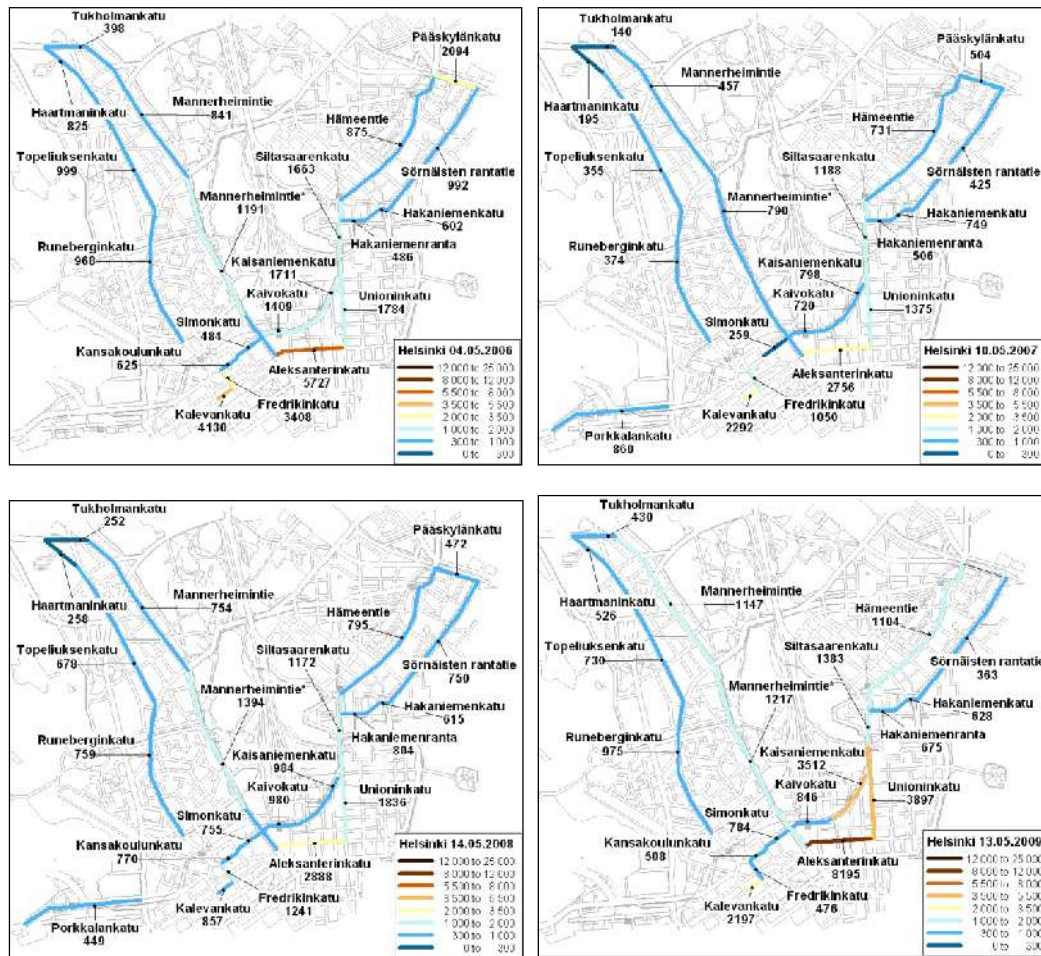
Kevätpuhdistukset ajoittuivat vuonna 2006 huhtikuun lopun ja toukokuun puolen välin väliselle ajalle. Muina vuosina puhdistukset on tehty maaliskuu-huhtikuun vaihteessa. Puhdistuksia on myös toistettu usealla kadulla. Katukohtaisten puhdistus-

ten ajoittumisella ei ole ollut aina suoraa vastetta päästötason laskuun. Läntisen reitin kaduilla on käytetty maaliskuun lopun ja huhtikuun aikana useana päivänä myös pölynsidontaa. Erityisesti tutkimusjakson alkuvuosina 2006 ja 2007 läntisen alueen pölynsidontapäiviä on ollut reitin kaduilla enemmän kuin muilla alueilla. Toukokuussa läntisen alueen katujen päästöt ovat laskeneet pääsääntöisesti tasolle 1 000 µg/m³ tai alle, mikä on ollut Helsingin reitin keskiarvoa alhaisempi.

Helsingin reitin yleinen päästötaso alkukeväästä on suhteellisen alhainen verrattuna muihin kaupunkeihin, joskin yksittäisillä kaduilla voidaan havaita korkeitakin päästöjä, kuten Aleksanterinkadulla ja muissa katukuiluissa. Kuvan 13 kartoilla on esitetty vuosien 2006–2009 alkukevään huippupäästöpäivien tilanne Helsingin reitillä kartoilla. Katukohtaisten kevätpuhdistusten ja päästöalennemien välillä ei ole havaittu suoraa yhteyttä, joskin puhdistukset etenevät samanaikaisesti yleisen päästötason laskun kanssa. Puhdistusten lomassa on käytetty pölynsidontaa erityisesti läntisen reitin kaduilla ja keskustassa (2009).



Kuva 13. Keskimääräiset katukohtaiset PM₁₀-maksimipäästöt Helsingin mittausreitillä 2006–2009.



Kuva 14. Katukohtaiset PM₁₀-päästöt Helsingin mittausreitillä loppukevästä 2006–2009.

3.2.3 Kerava

Keravan KAPU-reitin kadut ja liikennemäärät on esitetty Taulukossa 4. Kuvissa 15 ja 16 on esitetty katukohtaiset keskimääräiset PM₁₀-päästöt reitin kaduilla.

Taulukko 4. Liikennemäärät Keravan-reitillä.

Katu	KVL 1998*
Aleksis Kiven tie	5800
Alikeravantie	12400-14400-14100
Asemansilta	10000
Asemantie	9900
Kalevankatu	2800-4100-5600
Porvoonkatu	6000-6500
Sibeliuksen tie (Kalevankatu-Tuusulantie)	6000
Sibeliuksen tie (Savontie-Alikeravantie)	11400-13500
Sibeliuksen tie_Keskustankeha (Tuusulantie-Savontie)	11700-12300-15600
Tuusulantie	7300-8800-12500

* Liikennemäärän kasvuvarvioon voi käyttää 2% vuosittaista kasvua (M. Vaitinen, suullinen tieto)

Kuvassa 15 on esitetty keskimääräiset katukohtaiset PM₁₀-päästöt Keravalla huhti-toukokuussa 2006–2009. Keravan reitillä päästöt ovat olleet huipussaan huhtikuun alkupäivinä, kuten muissakin kaupungeissa (kuva 15 sekä 16a ja 16b). Korkein katukohtainen päästötaso, miltei 14 000 µg/m³ havaittiin 1. huhtikuuta 2008 tehdyissä mittauksissa Kalevankadulla. Kalevankadulla on muinakin vuosina ollut keskimääräistä korkeammat PM₁₀-päästöt. Kalevankatu on yksi reitin pääkaduista. Se on kokoojakatu, joka kulkee vanhan asutuksen keskellä ja on osin laaksomainen. Kadulla kulkee bussireitti ja sen varrella on viherkaistoja ja vanhaa puustoa. Joillakin kerrostaloilla on päällystämättömiä parkkialueita. Nopeusrajoitus 40 km/h ja Kalevankatu kuuluu kunnossapitoluokituksestaan 1. luokan katuihin.

Kalevankadun päästötilannetta on kiinnostava verrata esimerkiksi Keskustan kehään. Keskustan kehän päästöt ovat olleet Keravan reitin keskimääräistä tasoa alempia lukuunottamatta vuotta 2007, jolloin päästötasot olivat reitin keskimääräisellä tasolla. Vuonna 2007 keskustan alueella oli käynnissä useita rakennustyömaita. Kalevankatuun verrattuna päästöt ovat olleet noin puolet alhaisemmalla tasolla.

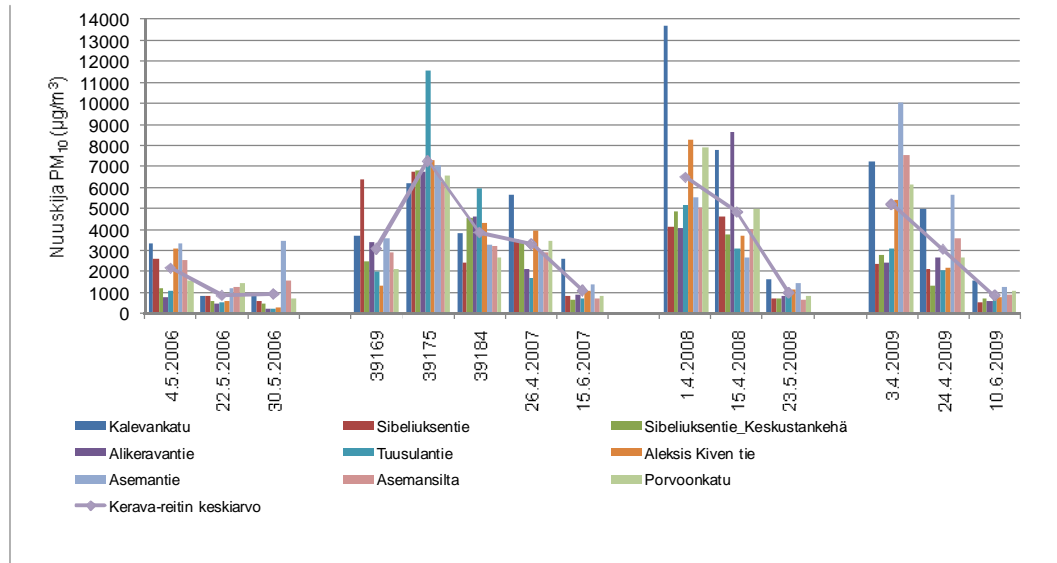
Keskustan Kehä on Kalevankadun ohella yksi reitin pääkaduista, jolla liikenne kulkee kaupungista ulos ja sisään. Keskustan kehällä on myös kauttakulkuliikennettä kaupunginosien välillä ja bussireittejä. Keskustan kehän liikennemäärät ovat noin 2–3-kertaisia verrattuna Kalevankatuun (Taulukko 4). Nopeusrajoitus on 50 km/h ja se kuuluu 1. kunnossapitoluokkaan. Reitin kaduista Keskustan kehää suolataan herkimmin. Katujen päästöjen väliseen eroon ovat todennäköisesti vaikuttaneet katu ympäristöjen erot. Esimerkiksi Kalevankadun laaksomaisuus voi heikentää pölyn kulkeutumista pois katu ympäristöstä verrattuna Keskustan kehään. Muiden katujen osalta päästötilanne on vaihdellut eri vuosina. Kalevankadun ohella päästötasot ovat olleet koholla myös Aleksis Kiven tiellä, Asemantiellä ja Porvoonkadulla.

Liukkaudentorjuntaan Keravalla käytettiin sekä hiekoitusta että suolausta. Talvikaudella 2006–2007 KAPU-reitin kaduille kertyi yli neljä kertaa enemmän hiekoituspäiviä kuin talvikausina 2007–2008 ja 2008–2009. Suurimalla osalla Keravan reitin kaduista huhtikuun alun 2006 päästötaso on selvästi ollut koholla (katukohtaiset päästötasot noin 6 500 µg/m³, koko reitti keskimäärin 7 200 µg/m³) verrattuna muiden vuosien vastaaviin ajankohtiin (päästötaso noin 5 000 µg/m³ tai alle, koko reitti keskimäärin 2008: 6 500 µg/m³ ja 2009: 5 200 µg/m³). Tosin päästötasoon voi vaikuttaa myös muita tekijöitä kuin hiekoitus. Pölynsidontaa Keravalla ei käytetä.

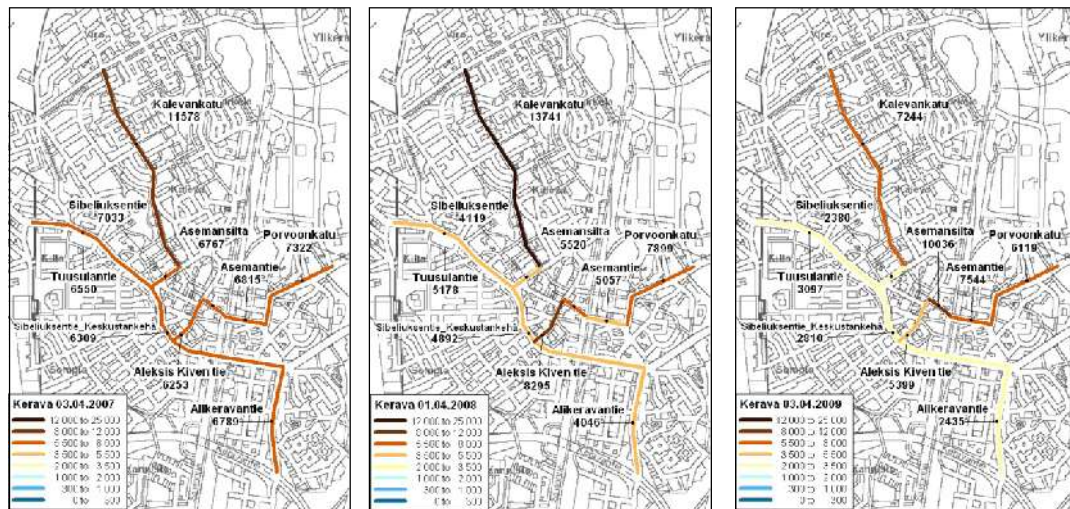
Katujen puhdistuksia tehtiin Keravan mittausreitit kaduilla yleensä jo ennen mittauksia. Vuoden 2006 myöhäisen kevään johdosta hiekanpoistot tehtiin huhtikuun puoleen väliin mennessä, muina vuosina helmi-maaliskuun aikana. Hiekanpoistoja jatkettiin huhtikuussa ja katuja lisäksi puhdistettiin painepesemällä olosuhteiden salliessa. Vuonna 2008 kuorma-autoalustaisten pesulaitteistojen käyttöä lisättiin huomattavasti suhteessa aikaisempiin vuosiin ja pesut tehtiin runsaalla vedellä ja maksimipaineilla (K. Peurala sähköposti 6.8.2008). Toukokuun puolen välin jälkeen päästötaso on suurimmalla osalla Keravan reitin kaduista alle 1 000 µg/m³. Yli 1 000 µg/m³ päästöjä esiintyi Kalevankadulla, Asemantiellä ja Aleksis Kiven tiellä (kuva 16b).

Vuonna 2007 Keravan keskustan alueella oli käynnissä useita laajoja työmaita. Ne eivät kuitenkaan näkyneet erityisesti mittaustuloksissa. Työmaiden vaikutus-

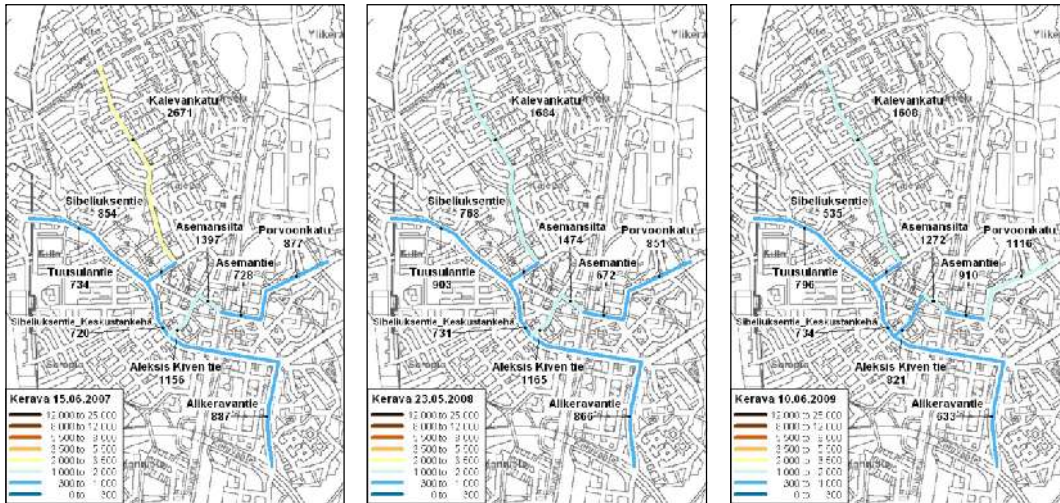
piirissä tehtiin useana päivänä viikossa puhdistustoimenpiteitä. Keravan toimintamallia rakennustyömaiden pölyn torjunnassa on esitetty luvussa 3.6.



Kuva 15. Keskimääräiset katukohtaiset PM₁₀-päästöt Keravalla huhti-toukokuussa 2006–2009.



Kuva 16a. Keskimääräiset katukohtaiset PM₁₀-päästöt Keravan mittausreitillä huhtikuun alussa 2007–2009.



Kuva 16b. Keskimääräiset katukohtaiset PM₁₀-päästöt Keravan mittausreitillä huhtikuun alussa 2007–2009.

3.2.4 Riihimäki

Riihimäen KAPU-reitin kadut, liikennemäärät ja nopeusrajoitukset on esitetty taulukossa 5. Kuvissa 17–20 on esitetty katukohtaiset keskimääräiset PM₁₀-päästöt reitin kaduilla.

Kuvassa on esitetty keskimääräiset katukohtaiset PM₁₀-päästöt Riihimäellä maaliskuun vaihteessa 2007–2009. Riihimäen reitin päästötaso on ollut KAPU-projektin aikana korkeammalla tasolla, kuin muissa kaupungeissa varsinkin alkukevästä. Vuonna 2007 yksittäisten katujen päästöt ovat olleet yli 10 000 µg/m³, Kaartokadulla yli 50 000 µg/m³.

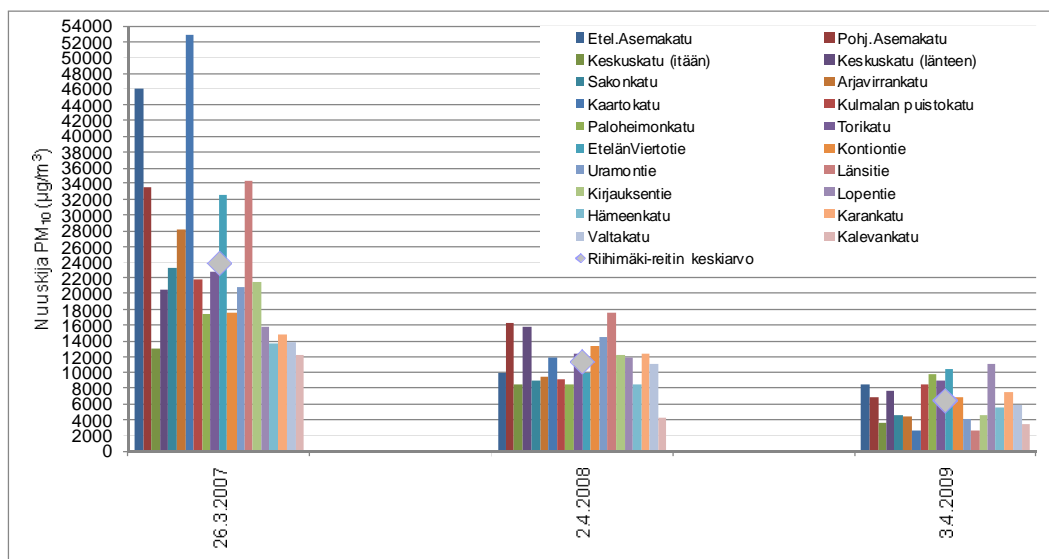
KAPU-hankkeen ensimmäisen vaiheen loppuraportissa pääasialliseksi syyksi tähän arvioitiin seuraavia tekijöitä: (1) Riihimäellä liukkaudentorjunta toteutetaan kokonaan hiekoituksella, (2) reitin varrella, kaakkoisosassa oli käynnissä mittavia työmaita ja (3) pohjoisessa reitin varrelle liittyy useita päällystämättömiä liittymiä. Näiden vaikutus korostuu erityisesti alkukevästä (maaliskuun vaihe), jolloin talven aikana varastoitunut pöly vapautuu katu ympäristöön.

Taulukko 5. Liikennemäärät ja nopeusrajoitukset Riihimäen-reitillä.

Katu	KVL 2007	Nopeusrajoitus
Etel.Asemakatu	4766	40
EtelänViertotie (Torikatu - Paloheimonkatu)	7232	40
EtelänViertotie (Paloheimonkatu-Rautatientori)	8402	40
Hämeenkatu	7614	40
Kaartokatu		
Kalevankatu	6019	40
Karankatu	6446	40
Keskuskatu (Kalevankatu - Hämeenkatu)	6019	40
Keskuskatu (Hämeenkatu - Pohj. Asemakatu)	2020	40
Kirjauksentie (Länsitie - Lasitehtaantie)	6558	50
Kontiontie (Uramontie - Petsamonkatu)	3832	40
Kontiontie (Petsamonkatu - Karankatu)	4277	40
Kulmanpuistokatu (Lopentie - Etelän Viertotie)	3923	50
Kulmanpuistokatu (Etelän Viertotie - Voimalankatu)	6165	50
Kulmanpuistokatu (Voimalankatu - Arolammintie)	5994	50
Lopentie	3842	40
Länsitie	1782	40
Paloheimonkatu		
Pohj. Asemakatu	12141	40
Sakonkatu	5894	50
Torikatu	3644	40
Uramontie	1756	40
Valtakatu (Keskuskatu - Kauppakatu)	4950	40
Valtakatu (Kauppakatu - Hämeenkatu)	5743	40
Valtakatu (Hämeenkatu - Karankatu)	6178	40

Riihimäen-reitin kaakkoisosassa alkoivat laajat rakennustyömaat vuoden 2006 lopussa ja 2007 alussa. Jokikylän korttelin työmaat saatiin pääasiassa päätökseen 2007 lopussa ja viimeiset 2008 lopussa. Matkakeskus ja sen kupeessa oleva pysäköintitalo avattiin 1.4.2009, ja viimeistelytyöt saatiin päätökseen kesän 2009 aikana.

Kyseessä olivat valtakunnallisestikin mittavat työmaat ja ne ovat vaikuttaneet Riihimäen reitillä mitattuihin päästötasoihin erityisesti vuonna 2007, mutta jossain määrin myös myöhempinä vuosina. Erityisesti Riihimäen KAPU-reitin kaakkoisosan kadut (Eteläinen ja Pohjoinen Asemankatu, Kulmalan puistotie, Etelän Viertotie) (kuvat 17 ja 18) ovat olleet työmaiden vaikutuspiirissä, mutta niiltä on kulkeutunut pölyä myös laajemmallekin alueelle. Näiden työmaiden lisäksi reitillä on ollut tutkimusten aikaan käynnissä pienempiä katutöitä.



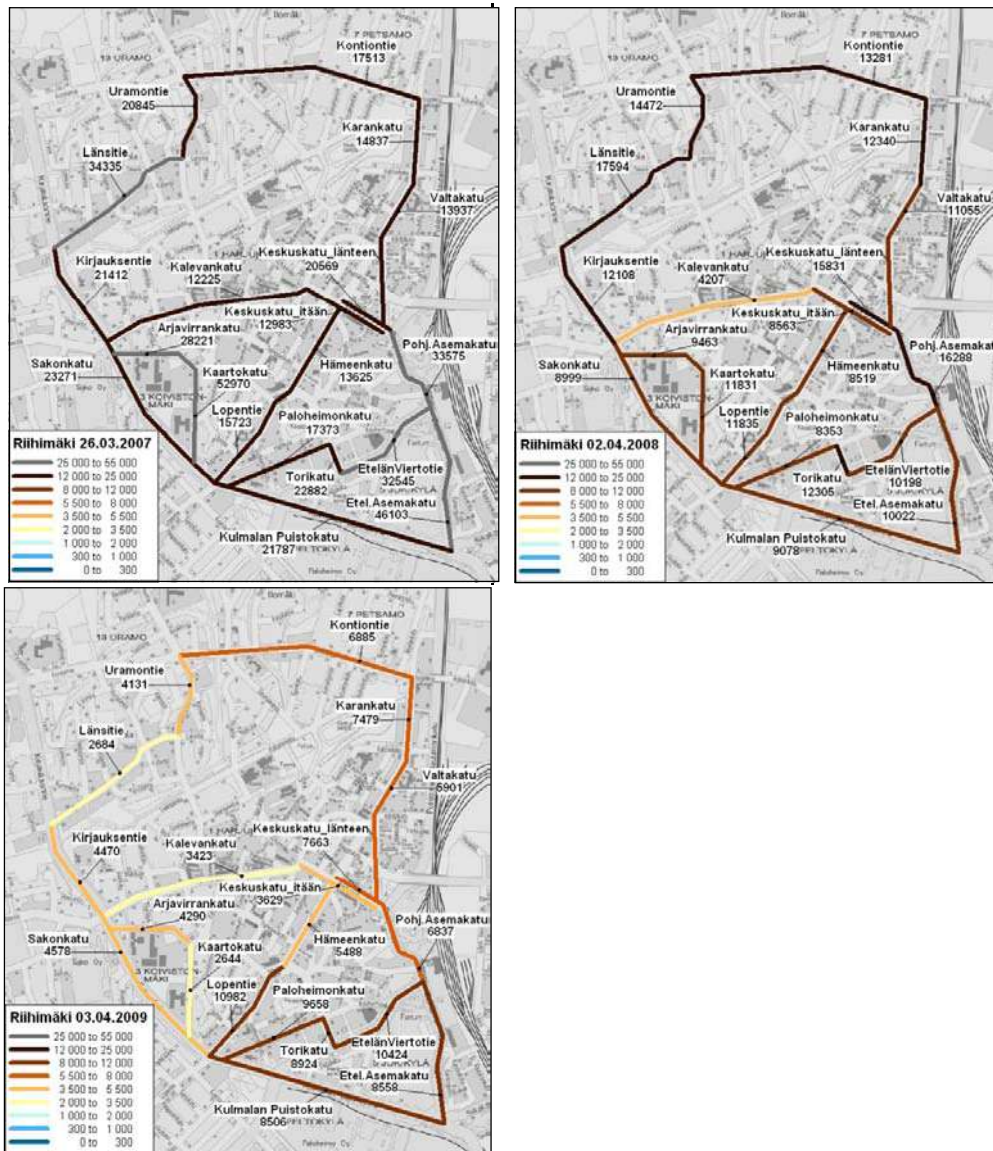
Kuva 17. Katukohtaiset keskimääräiset PM₁₀-päästöt (µg/m³) Riihimäen reitillä maaliskuuhun vaihteessa 2007–2009.

Hiekoituksesta aiheutuvan pölyn torjumiseksi on tutkimuksen aikana Riihimäellä alettu käyttää pesuseulottua hiekoitusmateriaalia ja siirrytty hiekoitushiekasta karkeamman raekoon sepeliin. Aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu, että karkeampi hiekoitusmateriaali (pesuseulottu) vähentää pölynmuodostusta (Mustonen 1997²², Kupiainen 2007²²). Hiekoituksen kokonaismäärät ovat talvikausina 2006–2007, 2007–2008 ja 2008–2009 pysyneet Riihimäellä jotakuinkin samoina (Taulukko 6). Tosin vuonna 2008–2009 koko määrää ei ole käytetty kaduilla.

Taulukko 6. Hiekoitusmateriaaleja ja niiden määriä Riihimäellä 2006–2009.

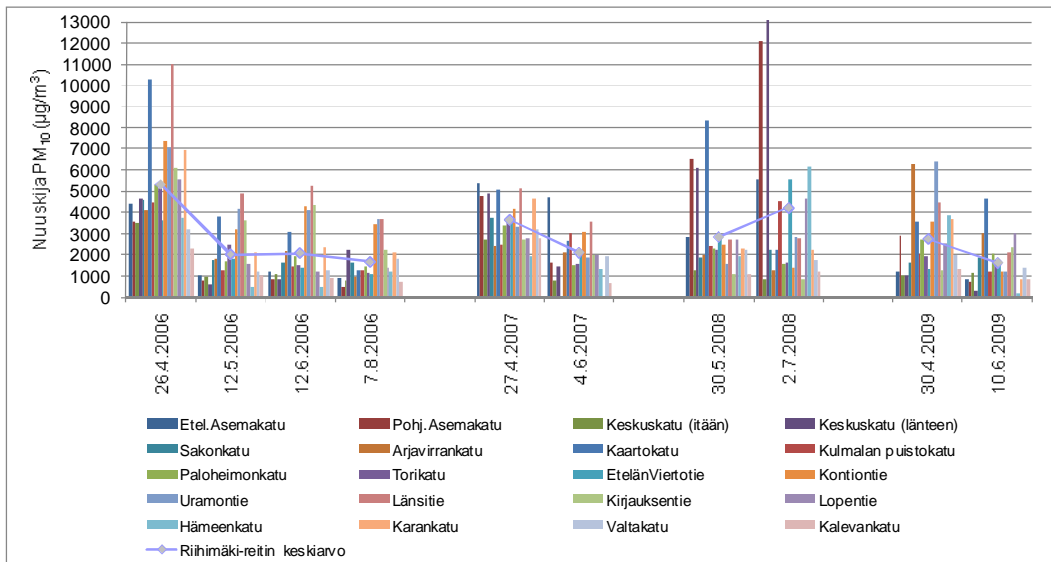
	Talvi 2006–2007	Talvi 2007–2008	Talvi 2008–2009
Hiekoitushiekka 0–6 mm	1 353	812	192
Hiekoitussepele, pesuseulottu 1–5 mm	0	1 037	80
Hiekoitussepele 0,7–7 mm	345	0	0
Sepeli 3–6 mm	983	1 068	2 758
Yhteensä	2 681	2 918	3 030

²² Kupiainen, K. 2007. Road Dust from Pavement Wear and Traction Sanding. Monographs of the Boreal Environment Research No. 26. Helsinki.

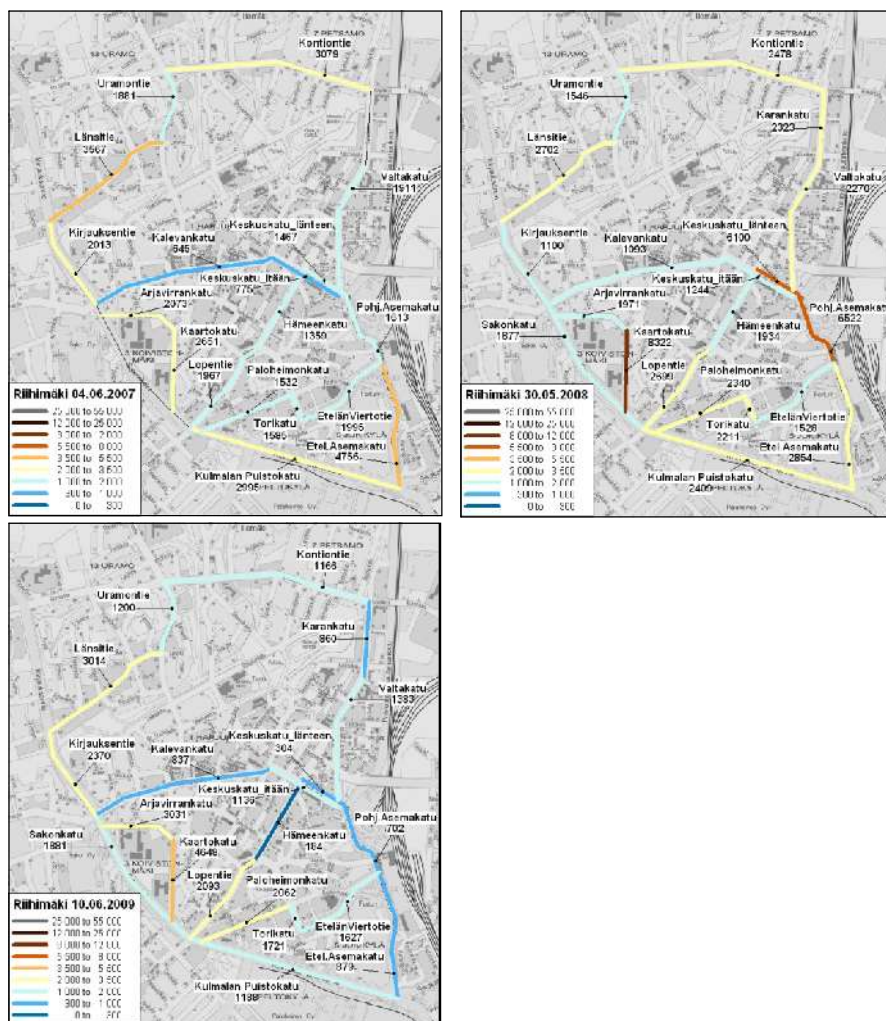


Kuva 18. Katukohtaiset keskimääräiset PM₁₀-päästöt (µg/m³) Riihimäen reitillä maaliskuuhun vaihteessa 2007–2009 karttakuvina.

Kuvissa 19 ja 20 on esitetty katukohtaiset keskimääräiset PM₁₀-Nuuskija-päästöt Riihimäen-reitillä loppukevästä ja kesällä 2006–2009. Huhtikuun lopussa Riihimäen-reitin kadut ovat yleensä olleet mekaanisesti harjattu ja imulakaistu (26.4.2006 vain osin). Vuosina 2006, 2007 ja 2009 katuja lisäksi painepestiin toukokuun aikana. Myös loppukevästä ja kesällä Riihimäen-reitin pölypäästöihin ovat vaikuttaneet edellä mainitut tekijät, ml. rakennustyömaat. Erityisesti reitin kaduilla olleet katutyöt ovat selittäneet loppukevään ja kesän katukohtaisia korkeita päästötasoja (esim. 2.7.2008). Päästöt ovat kuitenkin selvästi laskeneet alkukevään tilanteesta: reitin keskiarvot ovat olleet noin 2 000–3 000 µg/m³. Mikäli tarkasteluun otetaan pelkästään ne kadut, joilla ei ole ollut katutöitä ja joiden ei ole arvioitu olleen rakennustöiden vaikutuspiirissä, katujen keskiarvo on 1 500–2 000 µg/m³.



Kuva 19. Katukohtaiset keskimääräiset PM₁₀-päästöt (µg/m³) Riihimäen reitillä loppukeväästä ja kesällä 2006–2009.



Kuva 20. Katukohtaiset keskimääräiset PM₁₀-päästöt (µg/m³) Riihimäen reitillä toukokuun ja kesäkuun vaihteessa 2006–2009 karttakuvina.

3.2.5 Tampere

Tampereen tulosten tarkastelua varten reitin kadut jaettiin kolmeen ryhmään. Ryhmien kadut, liikennemäärät ja katujen luonnehdinnat on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Ryhmien kadut, liikennemäärät ja katujen luonnehdinnat.

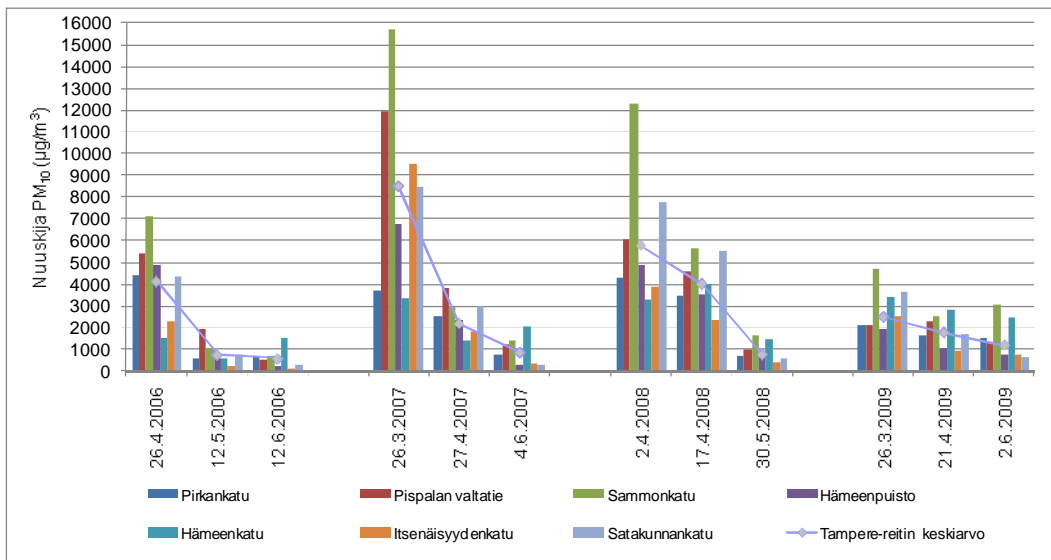
Nuuskijareitin katuosuus	Ajon/vrk	Kadun luonne
Ryhmä 1		
Pirkankatu	15 000	leveä pääkatu, paljon bussiliikennettä
Pispalan vt	17 000	osittain katukuilumainen, paljon bussiliikennettä
Sammonkatu	11 500	leveä puistokatu
Hämeenpuisto pohjoiseen	8 100	leveä puistokatu
Hämeenpuisto etelään	6 300	leveä puistokatu
Hämeenkatu	10 500	leveä pääkatu, paljon bussiliikennettä
Itsenäisyydenkatu	16 000	leveä pääkatu, paljon bussiliikennettä
Satakunnankatu	16 000	osittain katukuilumainen
Ryhmä 2		
Rautatienkatu	13 500	osittain katukuilumainen
Erkkilänkatu	4 700	osittain katukuilumainen
Kullervonkatu	5 500	osittain katukuilumainen
Kalevan puistotie	11 800	leveä puistokatu
Teiskontie	26 000	leveä puistokatu, paljon bussi- ja raskasta liikennettä
Sarvijaakonkatu	1 900	osittain katukuilumainen
Sepänkatu	14 900	osittain katukuilumainen
Ryhmä 3		
Hervannan vv. (Kekkosentie)	22 400	avoin, paljon bussi- ja raskasta liikennettä
Paasikiventie	40 500	avoin
Nokian moottoritien pätkä	10 000	avoin

Kuvissa 21a-c on esitetty Tampereen-reitillä mitatut päästötasot vuosina 2006–2009, ryhmiteltynä taulukossa 6 esitetyllä tavalla. Keväällä 2006 ensimmäiset mittaukset tehtiin huhtikuun lopussa, 2007–2008 maaliskuun vaihteessa. Päästöhuiput on havaittu KAPU-kaupungeissa yleensä maaliskuun vaihteessa. 2007–2009 Tampereen aineistot osaltaan tukevat tätä havaintoa. Tampereella korkeimmat päästöt havaittiin maaliskuun lopulla 2007. Tampere-reitin keskiarvo oli tuolloin 8 500 µg/m³.

Toimenpidekirjaukset aloitettiin Tampereella keväällä 2008. Toimenpiteiden lukumääriä on koottu taulukkoon 1 (2009 vain osa kaduista). Kirjausten mukaan viimeiset liukkaudentorjuntatoimenpiteet Tampereen reitillä tehtiin maaliskuun lopussa 2008 ja maaliskuun puolella välissä 2009. Liukkaudentorjunnan osalta talvi 2007–2008 oli olosuhteiltaan helpompi kuin vuonna 2006–2007²³. Syynä tähän mainitaan etenkin sataneen lumen hyvin vähäinen määrä. Ainoat kirjaukset pölynsidonnasta Tampereella ovat Hämeenkadulta vuodelta 2008, jolloin kolmena päivänä huhtikuussa (3.4. ja 4.4. sekä 18.4.) käytettiin pölynsidontaa. Pölynsidontatoimenpiteet tehtiin mittauspäivien jälkeisinä päivinä, joten niiden tehokkuudesta ei ole mittausaineistoa.

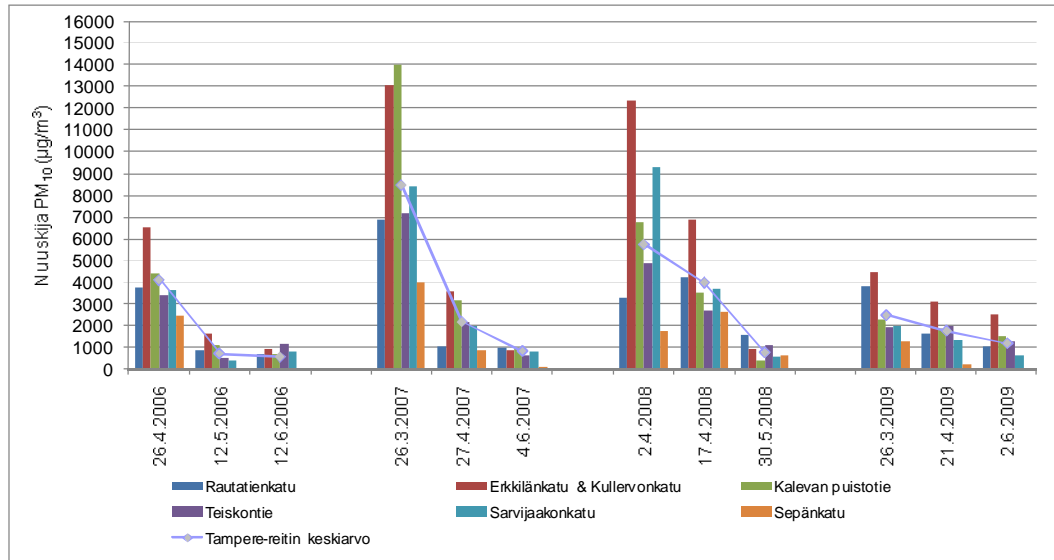
²³ Ramboll Finland Oy 2008. Tampereen kaupunki Kaupunkiympäristön kehittäminen. Talvikunnossapito 2008. Talven vaikeusaste ja saavutettu laatutaso.

Ryhmä 1:n kaduista (Kuva 21a) alkukevään korkeimpia päästöjä mitattiin Sammonkadulla (15 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ja Pispalan valtatiellä (noin 12 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Yli 5 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pitoisuuksia mitattiin näiden lisäksi Hämeenpuistossa, Itsenäisyydenkadulla ja Satakunnankadulla. Muina vuosina päästömäärät ovat olleet alhaisempia (2008 huhtikuun alussa reitin keskiarvo n. 6 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ja 2009 maaliskuun lopussa noin 2 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Sammonkadun, Satakunnankadun ja Pispalan valtatie päästötasot ovat myös 2008 ja 2009 olleet Tampereen reitin keskiarvoa korkeammalla tasolla.



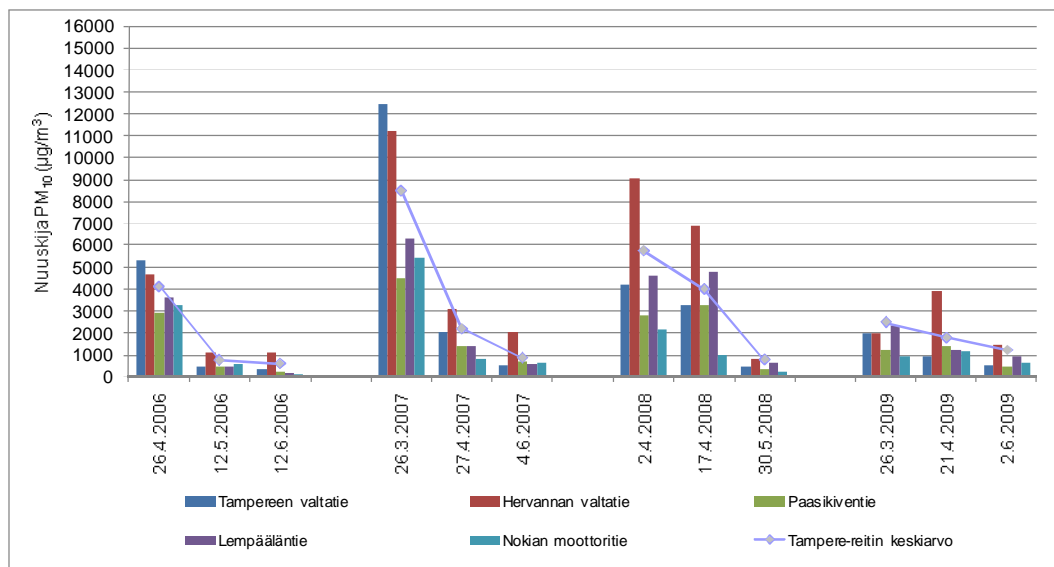
Kuva 21a. Tampereen reitillä mitatut päästötasot vuosina 2006–2009 (ryhmän 1 kadut).

Ryhmä 2:n kaduista (Kuva 21b) korkeimpia päästöjä vuonna 2007 mitattiin huhtikuun alussa Erkkilänkadulla ja Kullervonkadulla (yhdistetty keskiarvo 13 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ja Kalevanpuistotiellä (noin 12 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Yli 5 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pitoisuuksia mitattiin näiden lisäksi Rautatienkadulla, Teiskontiellä ja Sarvijaakonkadulla. Vuonna 2008 Erkkilänkadulla ja Kullervonkadulla ja Sarvijaakonkadulla alkukevään päästömäärät ovat olleet suurinpiirtein samalla tasolla kuin 2007, muilla kaduilla alhaisempia.



Kuva 21b. Tampereen reitillä mitatut päästötasot vuosina 2006–2009 (ryhmän 2 kadut).

Ryhmän 3 kaduista (Kuva 21c) Tampereen valtatiellä ja Hervannan valtatiellä on havaittu keskimääräistä korkeampia päästöjä. Muilla kaduilla päästöt ovat olleet keskimääräistä alhaisempia. Moni ryhmän 3 kaduista on paljon liikennöity, mutta katu ympäristöt ovat avoimia, joten niiden tuulettuminen on tehokasta, mikä vaikuttaa pölyn kulkeutumiseen pois kadulta. Liikennemäärä on suurin Paasikiven-tiellä (KVL 40500, taulukko), mutta sen päästötaso on ollut keskimääräinen.



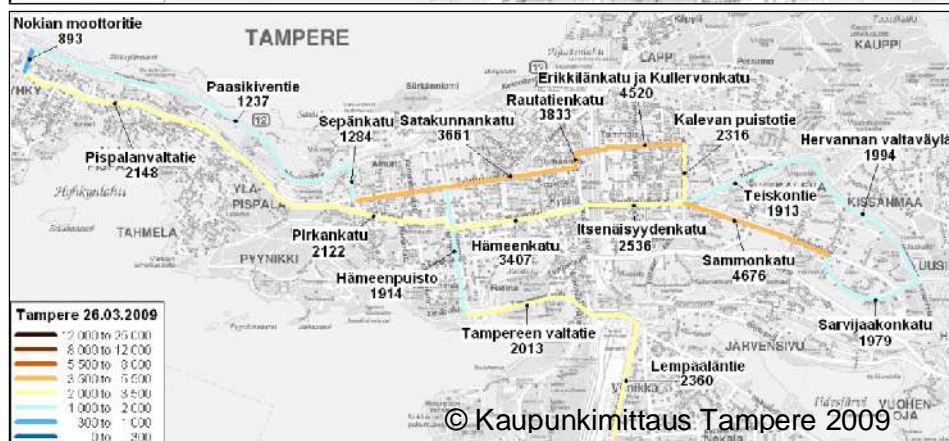
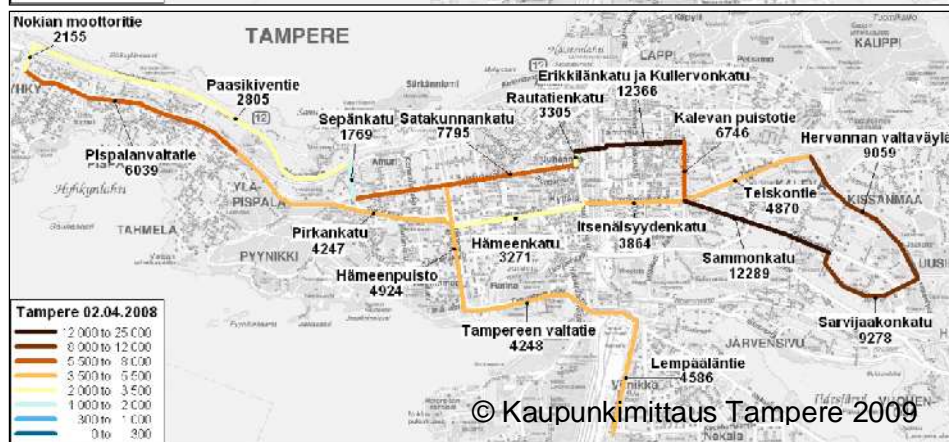
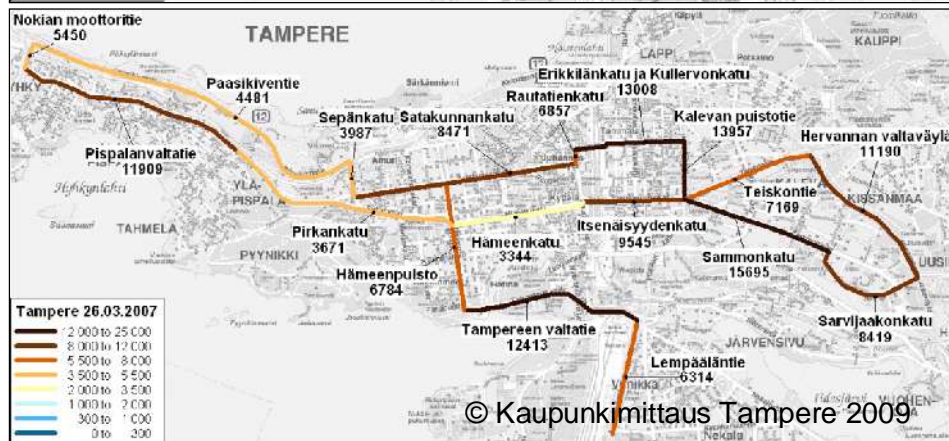
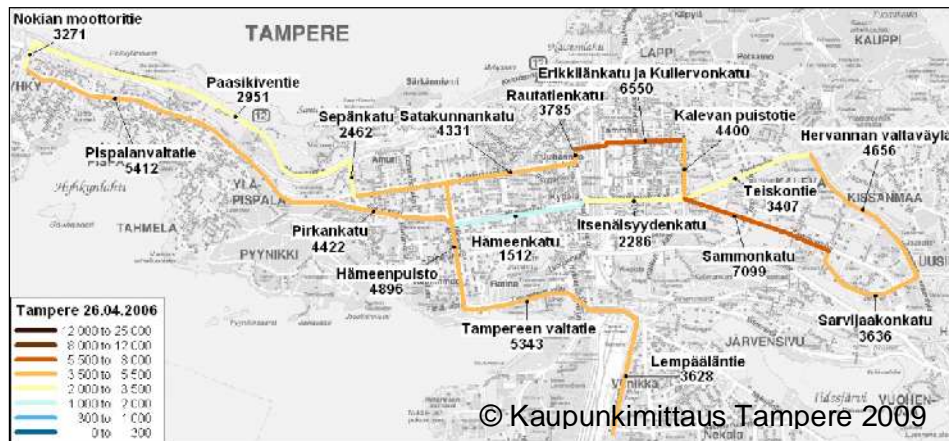
Kuva 21c. Tampereen reitillä mitatut päästötasot vuosina 2006–2009 (ryhmän 3 kadut).

Aineisto osoittaa, että suuri liikennemäärä ei suoraan aiheuta korkeita päästöjä, vaikka pölyn muodostumisen esimerkiksi nastarenkaiden vaikutuksesta voi olettaa olevan runsaampaa kuin vähemmän liikennöidyillä kaduilla. Erityisen hyvin tämä ilmenee myös ryhmässä 2 Erkkiänkadun, Kullervonkadun ja Sarvijaakonkadun osalta, joilla liikennemäärät ovat pienimmät, mutta päästöt korkeimmasta päästä verrattuna muihin Tampereen katuihin.

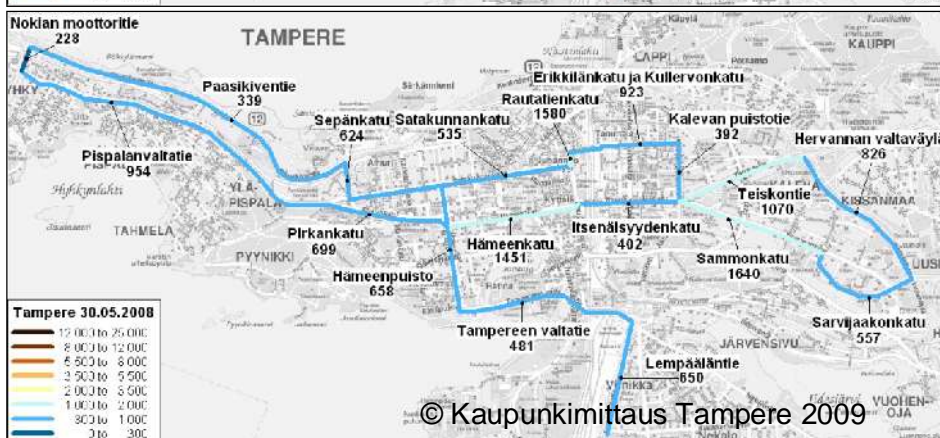
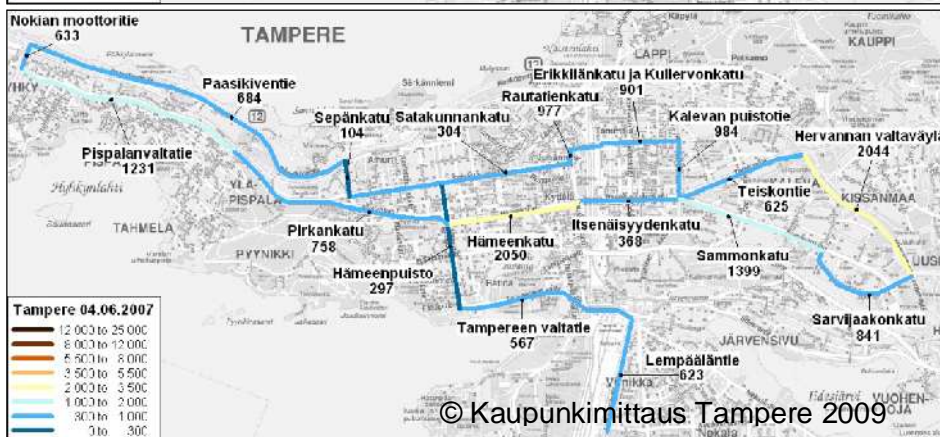
KAPU-tulosten perusteella näyttäisi siltä, että katukohtaiseen päästötasoon vaikuttaa moni tekijä, kuten katu ympäristön avoimuus, liikennemäärä, raskaan liikenteen määrä, talvikunnossapidon toimenpiteet, eikä yksittäisen tekijän avulla pystytä suoraan selittämään päästötasojen vaihtelua. Kevään edetessä myös ryhmä 3:n katujen päästöt ovat laskeneet touko-kesäkuussa yksittäisiä katuja lukuunottamatta tasolle $1\ 000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ tai alle.

Vuonna 2008 huhtikuun puolessa välin mittaukseen mennessä kaikilla reitin kaduilla lukuunottamatta Nokian moottoritietä ja Paasikiventietä (ryhmä 3) tehty hiekanpoisto ainakin kerran. Vuonna 2009 mittaukseen mennessä oli tehty hiekanpoistokirjaukset ainoastaan Hämeenkadulla, Hämeenpuistossa, Pirkankadulla ja Pispalan valtatiellä. Tosin osalta Tampereen reitin kaduista toimenpidekirjaukset puuttuvat kokonaan. Ko. katujen päästötaso oli 21.4. mittauksessa joko hiukan alentunut (Hämeenkatu, Hämeenpuisto, Pirkankatu) tai suurin piirtein samalla tasolla (Pispalan valtatie) verrattuna maaliskuun 2009 mittaukseen. Keskimäärin koko Tampereen reitin päästötaso oli kuitenkin laskenut huhtikuun puolenväliin mennessä sekä 2008 että 2009.

Touko-kesäkuussa Tampereen päästötaso on ollut suurimmalla osalla kaduista noin $1\ 500\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ tai alle, eli tyyppillisellä alkukesän jo varsin alhaisella päästötasolla. Yli $2\ 000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ päästötasoja havaittiin vuonna 2009 Hämeenkadulla, Erkkiläkadulla ja Kullervonkadulla, Sammonkadulla sekä Hervannan valtatiellä.



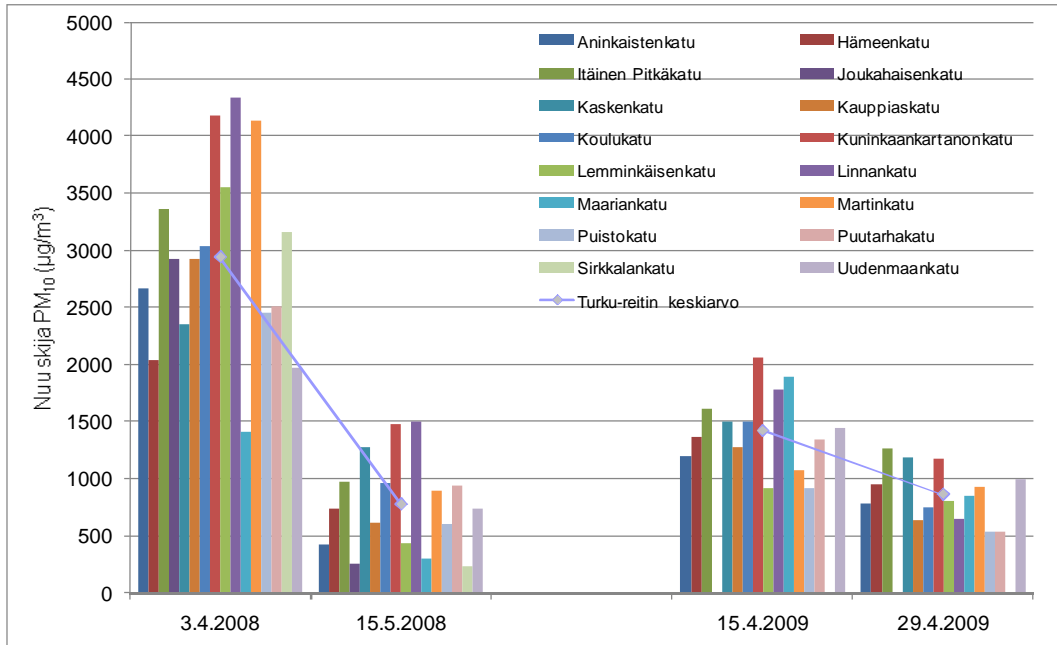
Kuva 22. Keskimääräiset katukohtaiset PM₁₀-päästöt Tampereen mittausreitillä alkukevällä 2006–2009 karttakuvina.



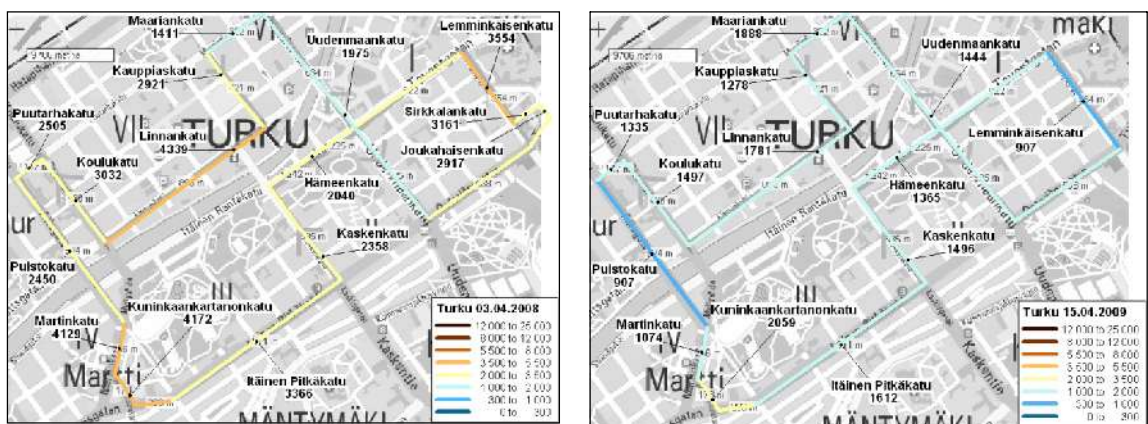
Kuva 23. Keskimääräiset katukohtaiset PM₁₀-päästöt Tampereen mittausreitillä loppukeväästä vuosina 2006–2009.

3.2.6 Turku

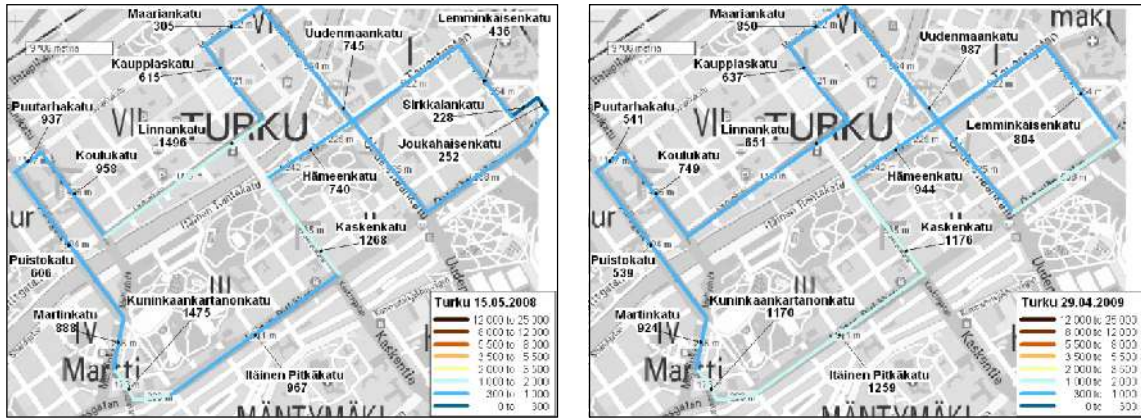
Turussa tehtiin KAPU-mittauksia vuosina 2008 ja 2009. Turussa ei pidetty kirjaa talvikunnossapidon toimenpiteistä. Kuvissa 24–26 on esitetty katukohtaiset keskimääräiset PM₁₀-päästöt Turun reitillä 2008 ja 2009. Merkillepantavaa on, että alkukevästä millään reitin kaduista ei ole havaittu yli 4 500 µg/m³ PM₁₀-päästöjä. Korkeimmat päästöt (>3 500 µg/m³) alkukevästä 2008 havaittiin Kuninkaankartanonkadulla, Lemminkäisenkadulla, Linnankadulla ja Martinkadulla. Huhtikuun lopussa ja toukokuussa katukohtaiset päästötasot ovat olleet alle 1 500 µg/m³.



Kuva 24. Katukohtaiset keskimääräiset PM₁₀-päästöt Turun reitillä 2008 ja 2009.



Kuva 25. PM₁₀-mittausarvot Turun reitillä 3. huhtikuuta 2008 ja 15. huhtikuuta 2009. Pohjakartta © Turun kaupungin Kiinteistöliikelaitos.



Kuva 26. Katukohtaiset PM₁₀-keskiarvot Turun reitillä 15. toukokuuta 2008 ja 29. huhtikuuta 2009. Pohjakartta © Turun kaupungin Kiinteistöliikelaitos.

3.2.7 Vantaa

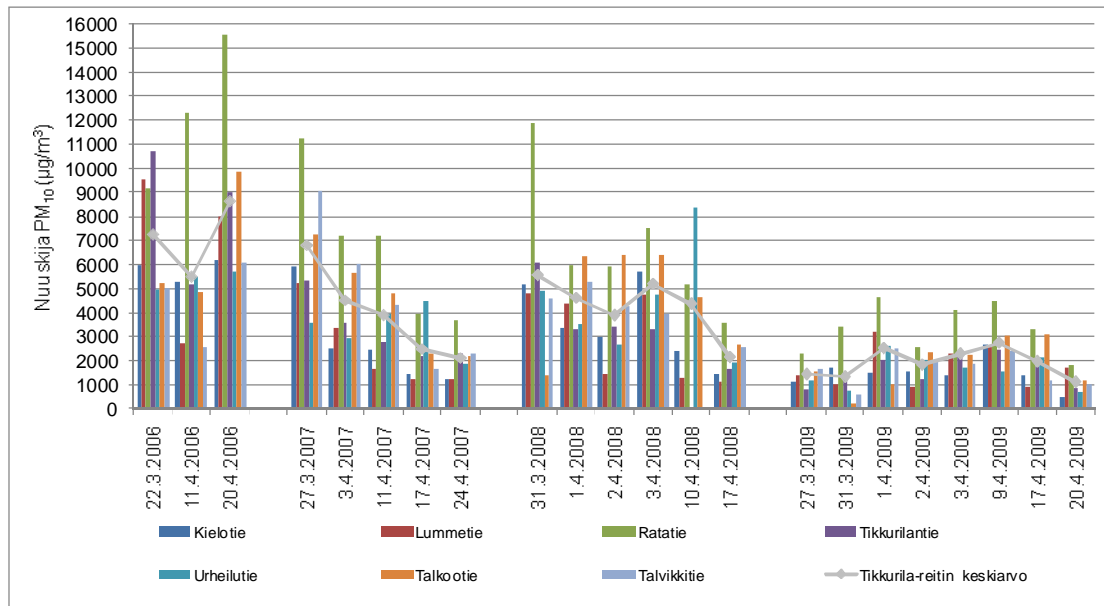
Vantaan KAPU-reitin kadut ja liikennemäärät on esitetty Taulukossa 8.

Taulukko 8. Vantaan KAPU-reitin kadut liikennemäärät ja katujen luonnehdinnat.

Nuuskiareitin katuosuus	Ajoneuvoja/vrk	Kadun luonne
Ratatie (Bussiteminaali ja rautatieasema reitillä)	12 000	Puoliavoin
Lummetie	9 000	Puoliavoin
Kielotie	11 000	Puoliavoin
Talvikkitie	11 000	Avoin
Talkootie	7 000	Avoin
Urheilutie	7 000	Avoin, tuulettuva
Tikkurilantie	12 000	Avoin, tuulettuva

Kuvissa 27 ja 28 on esitetty katukohtaiset keskimääräiset PM₁₀-päästöt Vantaan Tikkurilan reitillä alkukeväällä 2006–2009. Vuosien välillä oli merkittäviä eroja ja Tikkurilan reitin alkukevään keskimääräiset päästötasot ovat vaihdelleet noin 3 000 µg/m³:n (vuonna 2009) ja 9 000 µg/m³:n (vuonna 2006) välillä.

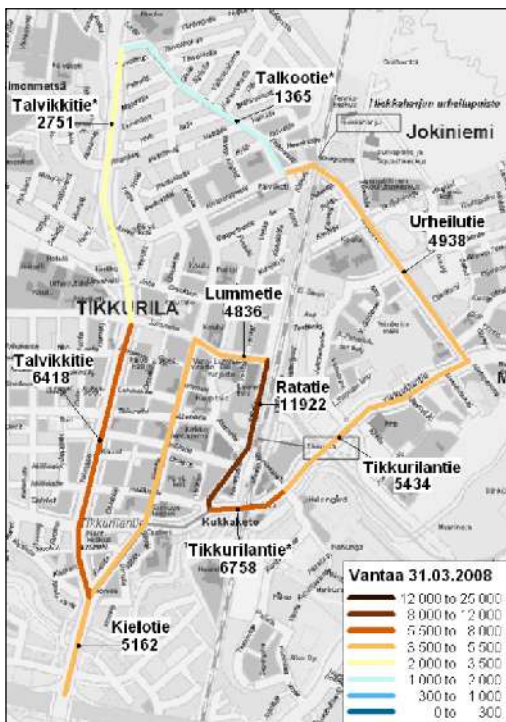
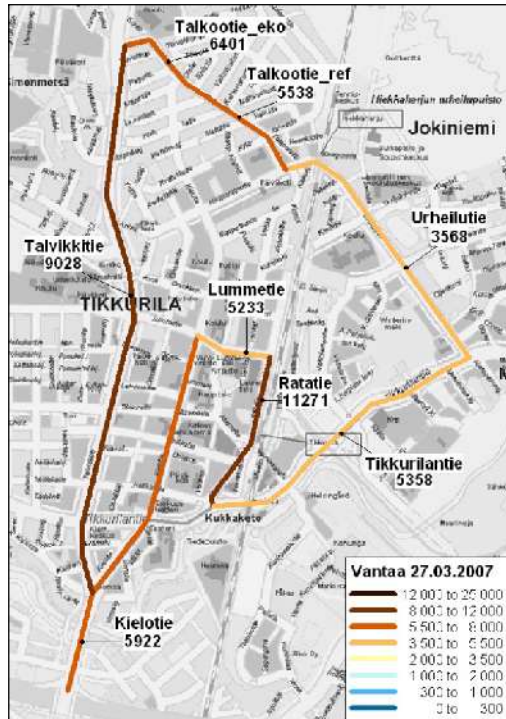
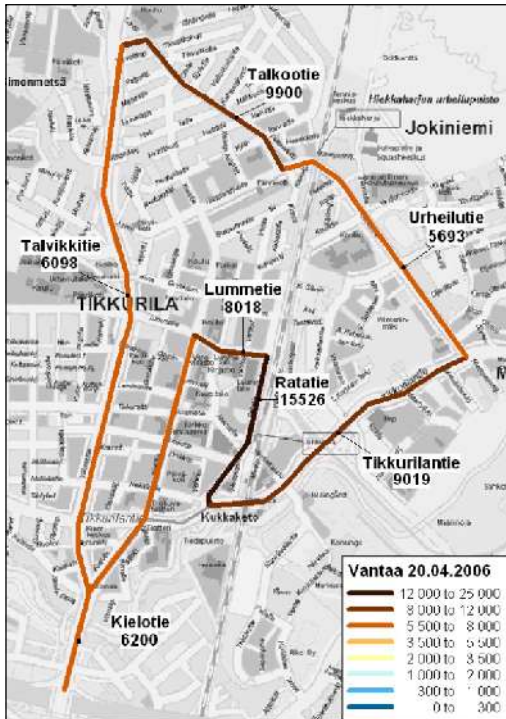
Huippupäästöt havaittiin yleensä maaliskuun vaihteessa lukuunottamatta vuotta 2006, jolloin huippu havaittiin usealla kadulla ja keskimääräisessä päästötasossa vasta 20. huhtikuuta. Tämä johtui vuoden 2006 poikkeuksellisista kevätolosuhteista (kts. luku 3.2.1). Tikkurilan kaduista Ratatiellä havaittiin useana vuonna alkukeväällä keskimääräistä korkeampia päästöjä. Huippupäästöt Ratiellä havaittiin vuonna 2006, maksimissaan yli 15 000 µg/m³.



Kuva 27. Katukohtaiset keskimääräiset PM₁₀-päästöt Vantaan Tikkurilan reitillä alkukeväällä 2006–2009.

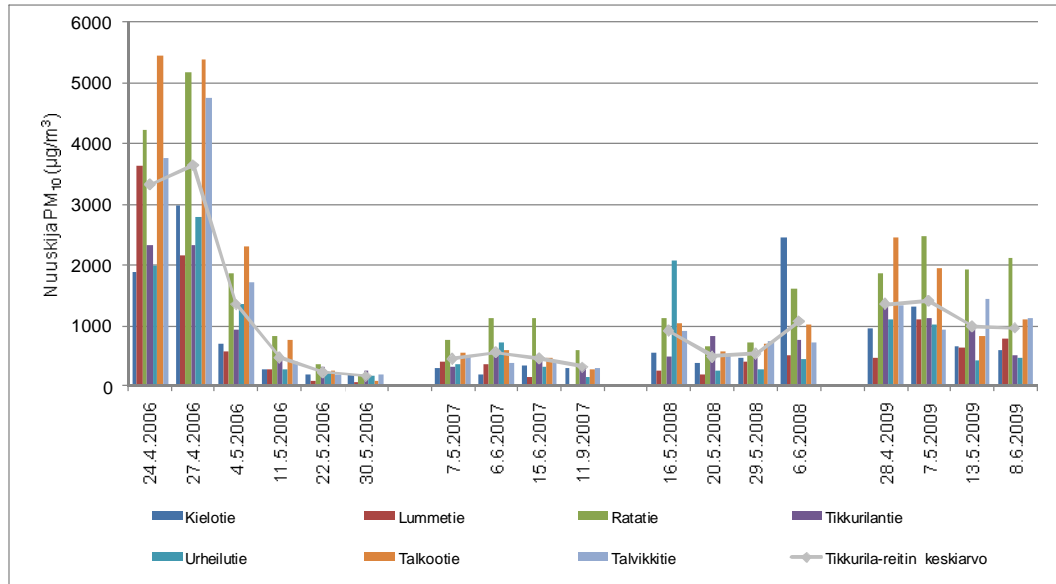
Liukkaudentorjunnassa Vantaan Tikkurilan reitillä käytettiin pääasiassa suolausta, mutta myös hiekoituspäiviä kertyi. Pölynsidontaa Tikkurilassa tehtiin muutama päivänä.

Tikkurilan reitti toimi KAPU-hankkeessa tehostettujen kevätpuhdistusten koalueena, erityisesti hankkeen toisen vaiheen aikana vuosina 2008 ja 2009. Tuolloin alueella käytettiin pesevällä imusuulakkeella varustettuja puhdistuslaitteistoja normaalin harja- ja imulakaisukaluston ohella. Kevätpuhdistuksen etenemistä ja sen tuloksia on yksityiskohtaisemmin käsitelty luvussa 3.4. Puhdistukset ajoittuivat molempina vuosina huhtikuun alkupuoliskolle.



Kuva 28. Katukohtaiset keskimääräiset PM₁₀-päästöt (kevään maksimi) Vantaan Tikkurilan reitillä alkukeväällä 2006–2009.

Päästöt ovat Vantaalla, kuten muissakin kaupungeissa, laskeneet voimakkaasti huhtikuun puolen välin jälkeen. Loppukeväästä ja alkukesästä (touko-kesäkuu, kuvat 29–30) Tikkurila-reitin kadut ovat olleet yksittäisiä katuja lukuunottamatta noin 1 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ päästötasolla (Kuva 29). Vuonna 2007 Tikkurilan reitti mitattiin myös syyskuun alussa, jolloin päästöt olivat loppukevääisellä, puhtaalla tasolla.



Kuva 29. Katukohtaiset keskimääräiset PM_{10} -päästöt Vantaan Tikkurilan reitillä loppukeväällä ja kesällä 2006–2009.



Kuva 30. Katukohtaiset keskimääräiset PM_{10} -päästöt (toukokuun minimi) Vantaan Tikkurilan reitillä toukokuussa 2006–2009.

3.2.8 Pölynsidonnan vaikuttavuus

Kosteus sitoo pölyhiukkasia toisiinsa sekä päällysteen pintaan, jolloin ne eivät nouse ilmaan. Kuivina aikoina katujen pölypäästöt ovat moninkertaiset verrattuna kosteisiin pintoihin. Pölyä on mahdollista sitoa esimerkiksi kadun pinnoille kostuttamalla niitä vedellä. Vesi kuitenkin haihtuu suhteellisen nopeasti katujen pinnoilta. Haihtumista voidaan hidastaa lisäämällä veteen lisäaineita eli käyttää pölynsidontaa. Pohjoismaissa on pölynsidonnassa käytetty erilaisia aineita, kuten kalsiumkloridia (CaCl_2), magnesiumkloridia (MgCl_2) ja kalsiummagnesiumasettaattia (CMA). Pölynsidonta-aineet myös alentavat liuoksen jäätymispistettä.

Ulkomaisissa tutkimuksissa pölynsidonnan on havaittu alentamavan hengitettävien hiukkasten pitoisuuksia. Ruotsissa saavutettiin sekä CMA:lla että MgCl_2 :lla 20–40 prosentin alenema PM_{10} -pitoisuuksissa (esim. Johansson ym. 2005²⁴). Norjassa tutkittiin magnesiumkloridin vaikutusta tunnelin PM_{10} -pitoisuuksiin (Aldrin, M. 2006²⁵), jotka laskivat keskimäärin 45 prosenttia ja vaikutus kesti 5–9 päivää. Itävallassa saatiin katuolosuhteissa CMA:lla 30 prosentin alenema PM_{10} -pitoisuuden vuorokausikeskiarvoissa (Öttl ja Hafner 2005²⁶) ja CMA:lla arvioitiin voitavan vähentää hengitettävien hiukkasten raja-arvotason ylityspäiviä 80:stä 14 vuorokaudella.

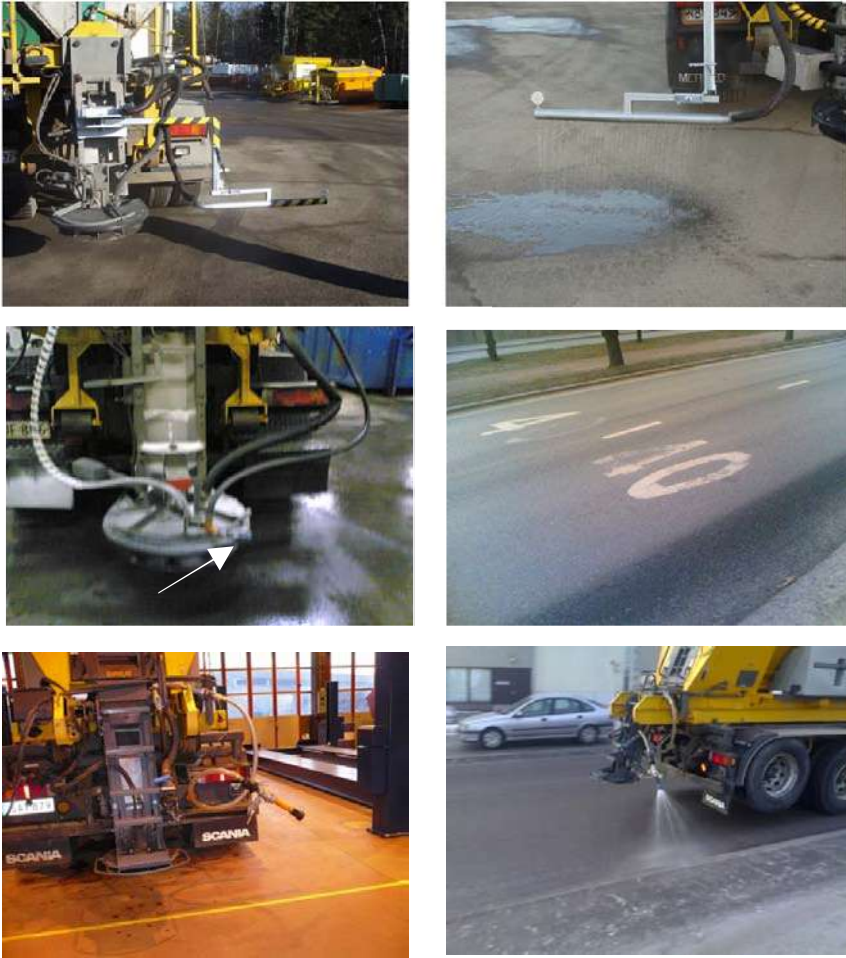
Pohjoismaisissa tutkimuksissa on havaittu, että pölynsidonnan tehokas käyttö vaatii tarvittaessa toistoja ja laajojen alueiden käsittelyjä. Gustafsson (suullinen tieto) vertaili tieolosuhteissa CMA:n (25 % väkevyys), CaCl_2 :n (10 % väkevyys), MgCl_2 :n (25 % väkevyys) ja sokerin (25 % väkevyys) vaikuttavuutta tienvarren PM_{10} -pitoisuuksiin Ruotsissa. Tienvarressa mitattujen PM_{10} -pitoisuuksien alenema oli kaikilla pölynsidonta-aineilla noin 30–40 prosenttia heti levityksen jälkeen. Pitoisuudet alkoivat kuitenkin hiljalleen nousta ja olisivat palanneet käsittelyä edeltävälle tasolle noin 4–5 päivän jälkeen. Eri sidonta-aineiden tehossa ja tehon kestossa ei ollut eroja. Pölynsidontakyvyn säilyminen riippuu liuoksen väkevyydestä. Väkevempi liuos on kestoaltaan tehokkaampi sitomaan pölyä, mutta on toisaalta kalliimpaa ja voi aiheuttaa liukkausergelmiä. Pölynsidonta ei ratkaise lopullisesti koko katupölyongelmaa, sillä pöly jää katu ympäristöön, ja on riski, että se ennen pitkää saattaa päästä uudelleen ilmaan.

KAPU-hankkeessa CaCl_2 -pölynsidonnan vaikuttavuutta tarkkailtiin koko hankkeen keston ajan (2006–2009). Erillisiä testejä pölynsidonnan vaikuttavuuden tutkimiseksi ei KAPU-hankkeen aikana tehty. Mittaustulokset on saatu reitin kaduilta, kun normaalin talvikunnossapidon puitteissa on tehty pölynsidontatoimenpiteitä. KAPU-hankkeen aikana Espoossa, Helsingissä ja Vantaalla on otettu käyttöön pölynsidonta-aineen täsmälevittimiä, jotka kohdistavat aineen potentiaalisiiin ongelmakohtiin, kuten ajoradan reunaan, katuojaan tai kaistojen väliin (kuva 31).

²⁴ Johansson, C., Norman, M., Westerlund, K.-G., 2005. Försök med dammbindning längs E4-Vallstanäs och Norrmalm i Stockholms innerstad. SLB 10:2005.

²⁵ Aldrin, M., 2006. Effekt av vaskning, feiling ok salting i Strømsås-tunnelen vinteren 04/05. Norsk Regnesentral. 71 s.

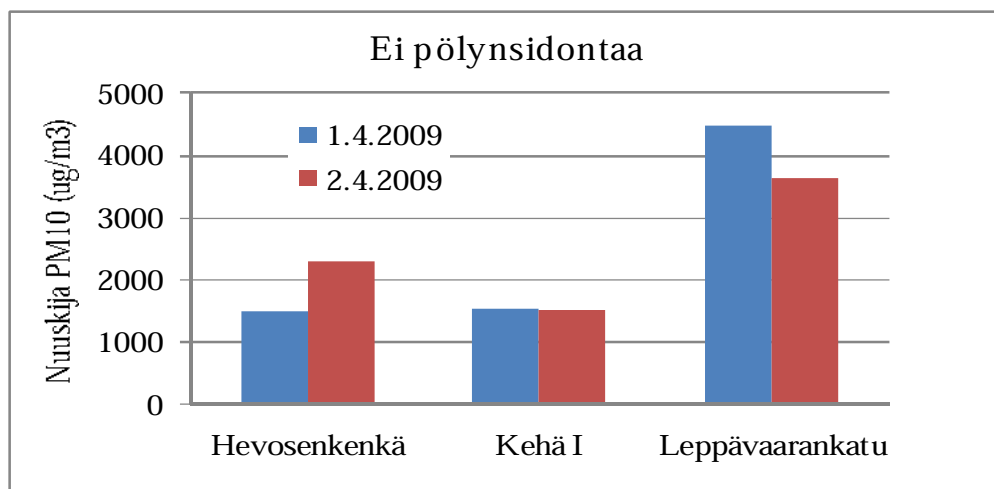
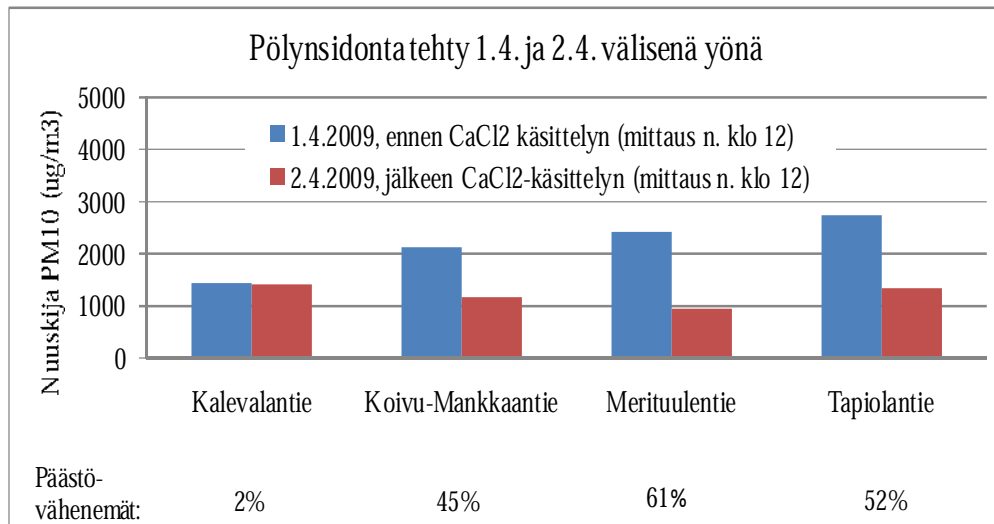
²⁶ Öttl, D. ja Hafner, W., 2005. Ergebnisse der Wirksamkeit von Calcium-Magnesium-Acetat (CMA) im Winterdienst in Klagenfurt. EU-LIFE Project.



Kuva 31. Pääkaupunkiseudulla käytössä olevia pölynsidonta-aineiden täsmälevittimiä. Yläkuva Espoo, keskellä Helsinki, alla Vantaa.

Vantaa testasi keväällä 2009 kehittämäänsä täsmälevitintä ja kokemukset olivat hyviä. Levitin on edullinen ja nopea ottaa käyttöön, koska se on kehitetty suolanlevittimen lisälaitteeksi. Levitys tehdään säätösuuttimella eli tilanteen mukaan levityskuviota voidaan säätää (max n. metrin levyinen suihku) ja sitä voidaan käyttää oikealle tai vasemmalle puolelle levittämiseen. Kokeilujen mukaan toimivin väkevyys on 10 prosenttia (E. Tammisto kirjallinen tiedonanto).

Hankkeen ensimmäisen vaiheen aikana havaittiin Helsingissä, että Nuuskijalla mitatut katukohtaiset keskimääräiset päästötasot laskivat keskimäärin 69 prosenttia heti käsittelyn jälkeen, kun taas käsittelemättömillä kaduilla systemaattista päästölaskua ei tapahtunut (Tervahattu ym. 2007¹⁴). Vaikutus oli nähtävissä myös Helsingin ilmanlaatuaineistossa (Tervahattu ym. 2007¹⁴). Vastaava havainto tehtiin Espoon aineistossa huhtikuun alussa vuonna 2009 (kuva 32). Päästötaso käsitellyillä kaduilla väheni keskimäärin 40 prosenttia, kun taas käsittelemättömillä kaduilla ei selvää trendiä esiintynyt.



Kuva 32. CaCl₂-pölynsidonnän vaikutus päästötasoihin Espoon reitin kaduilla huhtikuun alussa 2009.

KAPU-hankkeessa pölynsidonnalla havaittiin selvä vaste päästötasoihin ja myös ilmanlaadun kanssa. Tutkimuksia on hyvä kuitenkin jatkaa erityisesti koskien täsmälevittimien tehokkuutta pölynsidonnassa ja pölynsidonnän vaikutusta ilmanlaatuun. Jatkossa voisi myös suunnitella tarkempia testauskampanjoita vastaavasti kuin KAPU:ssa on tehty puhdistuskalustolle. Kun KAPU:n puitteissa kerättyjä aineistoja täydennetään ulkomaisilla kokemuksilla, näyttäisi siltä että pölynsidonnalla on mahdollista vaikuttaa katupölystä johtuviin korkeisiin PM₁₀-pitoisuuksiin. Oikein käytettynä pölynsidonta on tällä hetkellä kenties ainoa tapa jolla voidaan akuutisti torjua katupölyepisodeja.

3.3 Katujen puhdistuskalusto

Kadun puhdistukseen käytettävät laitteistot voidaan jakaa imulakaisukalustoon sekä pesu- ja harjauskalustoon (Mustonen 1997²⁷). Hinnaltaan puhdistuskoneet ovat 140 000–200 000 €, kuorma-auton päälle laitettavat kontit 120 000 € ja pienet koneet alkaen 15 000 € (verottomat hinnat) (A. Forsberg suullinen tieto).

Perinteisten imulakaisulaitteiden toimintaperiaatteena on kostuttaa kadunpinnassa oleva materiaali lietteeksi, jonka harjakoneisto ohjaa imusuuttimille. Puhaltimella aikaansaataavan 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 kostutusta²⁷. 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 kuorma-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 (2003²⁸) havaitsi, että tienpinnan 0,5–2 mm:n irtoainespitoisuus väheni imulakaisun vaikutuksesta yli 80 prosenttia, mutta alle 0,063 mm:n hienoaines enää 49 prosenttia (vrt. kokonaisleijuman, eli nk. TSP-hiukkasten yläraja on noin 0,030 mm, US EPA, 2003²⁹). Kadunpinnan irtoaineksen massasta noin 10–15 % on arvioitu olevan alle 0,1 mm:n

²⁷ Schilling J.G. 2005. Street Sweeping – Report No.1, State of Practice. Prepared for Ramsey-Washington Metro Watershed District (<http://www.rwmwd.org>). North St.Paul, Minnesota. June 2005.

²⁸ Sutherland R.A. 2003. Lead in Grain Size Fractions of Road-Deposited Sediment. Environmental Pollution 121, 229–237.

²⁹ US EPA 2003. AP-42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 13: Miscellaneous Sources.

kokoluokassa (Vaze & Chiew 2002³⁰). Bris ym. (1999³¹) mukaan irtoainespitoisuudet olivat korkeimmillaan kadun reunassa, reunakiven vieressä, sitten kadulla ja alhaisimmillaan jalkakäytävällä. Suomen katuolosuhteissa kuitenkin esimerkiksi hiekoitus vaikuttaa irtoaineksen ja pölyn jakautumiseen kadun poikkisuunnassa.

Tutkimuksia laitteiston tehokkuuksista hengitettävien hiukkasten poistossa

Kaluston suunnitteluperiaatteena on ollut lähinnä näkyvän lian ja irtoaineksen poisto ja vasta viime aikoina pienemmät, hengitettävän kokoluokan hiukkaset ovat tulleet ajankohtaiseksi. Tähän ovat vaikuttaneet 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. 2007³² on esittänyt, että harjauksella ei pystytä 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 (2006³³) 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 kustuttavasta vaikutuksesta pikemminkin kuin pölyn poistumisesta kaduilta.

Düring ym. (2004³⁴) 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. (2007³⁵) 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).

³⁰ Vaze J. & Chiew H.S. 2002. Experimental Study of Pollutant Accumulation on an Urban Road Surface. *Urban Water* 4, 379–389.

³¹ Bris ym. 1999. A street deposit sampling method for metal and hydrocarbon contamination assessment. *The Science of the Total Environment* 235, 211–220.

³² Gustafsson ym. 2007. Åtgärder mot partiklar – underlag till regeringsuppdrag. VTI PM, Version 8.0. Skapat 22.3.2007.

³³ Norman M. & Johansson C. 2006. Studies of some measures to reduce road dust emissions from paved roads in Scandinavia. *Atmospheric Environment* 40, 6154–6164.

³⁴ Düring I. ym. 2004. Auswertungen der Messungen der Blume während der Abspülmassnahme am Abschnitt Frankfurter Allee 86. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Dezember 2004.

³⁵ John, A.C. ym. 2007. Effectiveness of Street Cleaning for Reducing Ambient PM₁₀ Concentrations. European Aerosol Conference 2007, Salzburg, Abstract T19A047.

Chow ym. (1990³⁶), Kuhns ym. (2003³⁷) ja Fitz (1998³⁸) 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, etteivät 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 2000³⁹). 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 paineestiin.

Käytännön puhdistustyössä eri kalustotyyppiä käytetään usein samanaikaisesti. Esimerkiksi Helsingin keväisessä hiekanpoistossa käytetään harjausta, imulakaisua ja painepesua samassa yhteydessä. Lisäksi puhdistuksen ohella voidaan käyttää myös pölynsidontaa. KAPU-projektin ensimmäisessä vaiheessa (Tervahattu ym. 2007¹⁴) havaittiin Helsingin toimenpiteiden vähentävän kadun pinnan PM₁₀-päästötasoa, 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 vaikutusaika piteni.

Päästötasojen alenemisen syinä eriteltiin pintojen kostumisen ja pölynsidonnan päästöjä alentava vaikutus sekä pölyn ja irtoaineksen poistuminen katuympäristöstä. 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 nopeastikin likaantua puhdistusta edeltävälle tasolle tai sen yli. Huomioitavaa on kuitenkin, että KAPU-projektissa tutkituilla menetelmillä kertapuhdistuksella ei saatu katujen pölyisyyttä alennettua kesäiselle puhtaustasolle. Taiwanissa Chang ym. (2005⁴⁰) 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 vai-

³⁶ 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.

³⁷ Kuhns 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.

³⁸ Fitz D.R. 1998. Evaluation of Street Sweeping as a PM₁₀ Control Method. Final Report January 29, 1998. Prepared for the MSRC, SCAQMD.

³⁹ Fitz D.R. & Bumiller K. 2000. Determination of PM₁₀ Emission from street sweepers. Journal of the Air & Waste Management Association 50, 181–187.

⁴⁰ Chang Y. ym. 2005. Effectiveness of street sweeping and washing for controlling ambient TSP. Atmospheric Environment 39, 1891–1902.

kutus kesti 3–4 tuntia. Trondheimissä⁴¹ 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 % 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 ilmapuirran ja poistoilman puhdistaminen on toteutettu poistamalla pölyä ilmapuirrasta perustuen esimerkiksi puhaltimen yhteydessä olevaan syklonipyörteeseen, jonka vaikutuksesta suurempi pöly poistuu ilmapuirrasta. Poistoilman puhdistuminen voi perustua myös ilmapvirtauksen hidastumiseen jätekontissa, jolloin suurikokoinen pöly voi ehtiä laskeutua pois ilmapuirrasta. 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 ilmapuirrasta.

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 (2005²⁷) mukaan tuloksena on hyvin puhdas pinta. Laitteisto on kehitetty lentokenttien kiitoratojen päällystysten yhteydessä tehtäviin puhdistustoimenpiteisiin ja teollisuustilojen puhtaanapitoon, mutta kokemukset katujen puhdistuksessa toistaiseksi puuttuvat.

Hengitettävän pölyn määrän minimoimiseksi puhdistuslaitteistojen poistoilmassa on kehitteillä puhdistuslaitteistoihin asennettavia aerosolisuodattimia (esimerkiksi sykloni-, kuitu- ja sähkösuodattimia). Tällaisilla laitteistoilla on teoriassa mahdollista saavuttaa massana mitattuna jopa yli 90 % 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.

KAPU-hankkeen toisessa vaiheessa mitattiin kaupungeissa käyttöönotettavien uusien tekniikoiden (pesevä imusuulake, PIMU-kalusto) puhdistustehoa kadunpinnan pölylle sekä lisäksi poistoilman pölyn suodatustehokkuuksia eri suodatus-tekniikoille (Dulevon suodatustekniikat). PIMU-kaluston mittaukset toteutettiin ennen ja jälkeen puhdistustoimenpiteiden siten että tehokkuudesta ja sen kestosta on saatiin yksityiskohtaista tietoa. Poistoilman suodatuksen mittaukset toteutettiin mittaamalla ja vertaamalla eri suodattimella varustettuja laitteistoja.

⁴¹ Trondheim kommune & Statens vegvesen 2005. Bedre lufkvalitet i Trondheim. Utredning av tiltak og forslag til tiltakspakker for bedre lokal luftkvalitet. Oktober 2005.

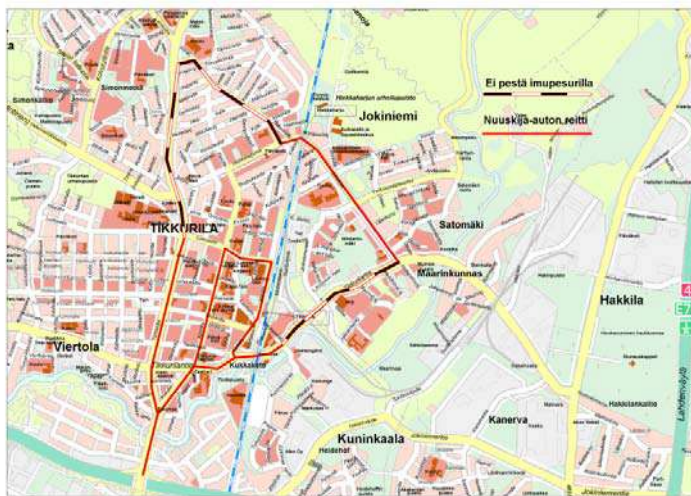
3.3.1 Pesevä imusuulake kadunpinnan puhdistamisessa – mittaukset Vantaan Tikkurilassa

Pesevän imusuulakkeen toimintaperiaate on, että painepesulla irrotetaan ja lieitetään irtoaines ja pöly päällysteen pinnasta. Syntynyt liete imetään sitten kadunpinnasta laitteen säiliöön. Kuvassa 33 on esitetty Vantaan kaupungin ja Lakaisutekniikan laitteistojen toiminta sivusta katsottuna. Laitteen keskellä on lisäksi leveä imusuulake, joten laitteen puhdistusleveys on hiukan suurempi kuin alustauton leveys.



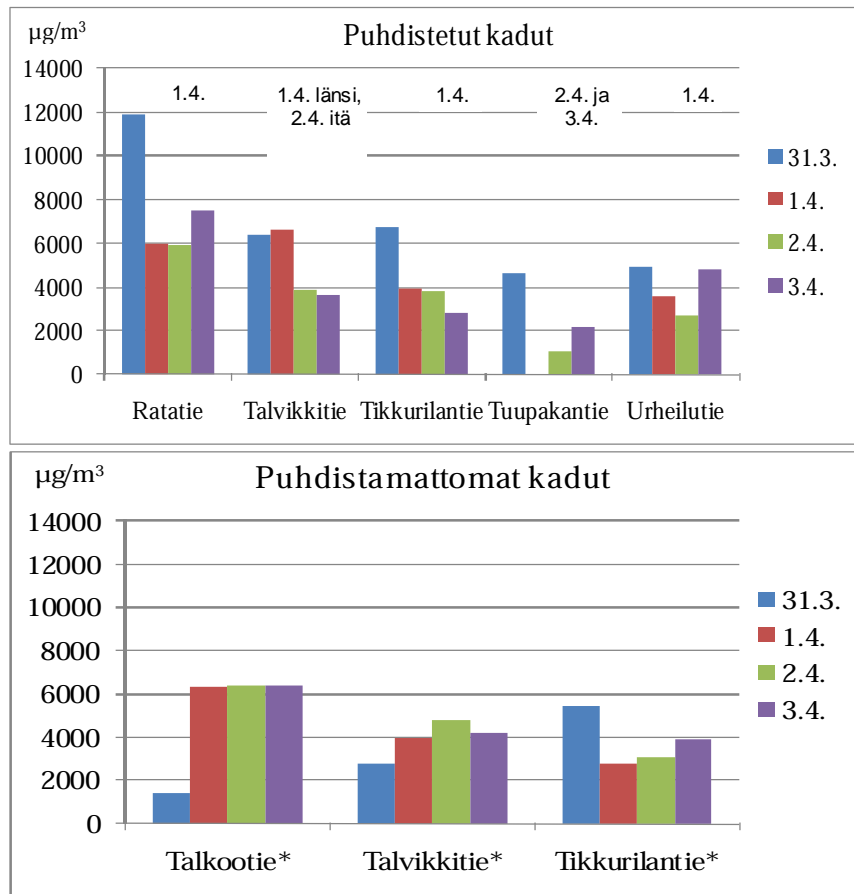
Kuva 33. Vantaan kaupungin (vasen kuva) ja Lakaisutekniikan (oikea kuva) pesevällä imusuulakkeella varustettujen imulakaisulaitteistojen toiminta. Lakaisutekniikan laitteessa on lisäosana pesutanko kanttikivien läheisyydessä olevan aineksen puhdistamiseen.

Alkukeväällä 2008 ja 2009 tehtiin tutkimuksia pesevällä imusuulakkeella (PIMU) varustetulle kalustolle kevätpuhdistuksen yhteydessä Vantaan Tikkurilassa. Mittaukset toteutettiin maaliskuuhun vaihteessa. Kuvassa 34 on esitetty PIMU-kalustolla puhdistettujen ja puhdistamattomien katuosuuksien sijainti mittausreitillä. Keväällä 2008 Tikkurilan reitti mitattiin neljänä päivänä kerran ennen puhdistustoimenpiteitä ja kolmena päivänä niiden jälkeen. Keväällä 2009 mittaukset jakautuivat pitemmälle ajalle puhdistusten ajoittumisen mukaan. Tutkimuksen jälkeen mittauksia Tikkurilassa jatkettiin normaalien KAPU-kierrosten tapaan.



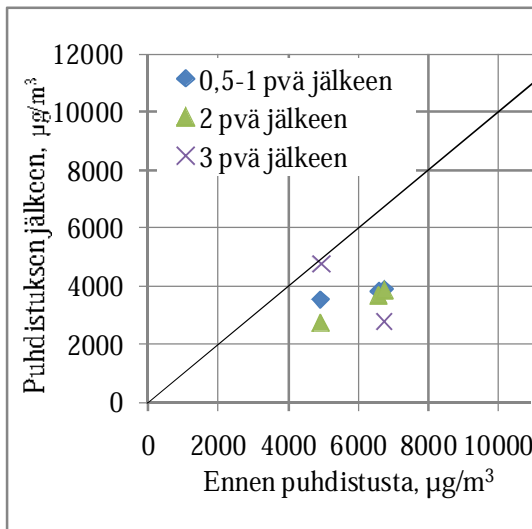
Kuva 34. Nuuskija-auton mittausreitti ja pesevällä imusuulakkeella varustettujen imulakaisulaitteistoilla puhdistetut osuudet. Puhdistamattomat osuudet on merkitty tummalla katkoviivalla.

Kuvassa 35 on esitetty keskimääräiset PM₁₀-päästötasot puhdistetuilla ja puhdistamattomilla kaduilla Tikkurilassa vuonna 2008. Puhdistettujen katujen osalta on esitetty myös puhdistuksen ajankohdat. Toimenpidekirjausten mukaan 31.3. puolen yön jälkeen oli katuverkolle levitetty suolaa yöpakkasen takia, mikä on voinut vaikuttaa 31.3. mitattuun päästötasoon. Tuloksien perusteella päästöt ovat laskeneet puhdistuksen jälkeen kaikilla puhdistetuilla kaduilla, mutta puhdistamattomilla Talkootiellä ja Talvikkitiellä päästöt ovat nousseet. 31.3. havaittu alhaisempi päästötaso puhdistamattomilla kaduilla on saattanut johtua suolauksen pölyä sitovasta vaikutuksesta.



Kuva 35. Keskimääräiset katuosuuskohtaiset PM₁₀-päästöt puhdistetuilla ja puhdistamattomilla kaduilla Vantaan Tikkurilassa 2008.

PM₁₀-päästötaso on puhdistustoimien seurauksena noin puolittunut verrattuna puhdistusta edeltävään tilanteeseen ja taso on säilynyt suurin piirtein samana usean päivän (Kuva 36). Tämän vuoksi voidaan olettaa että päästötason alenema ei johdu kadunpinnan kostumisesta vaan sen puhdistumisesta. Kesäiselle puhtaustasolle päästöt eivät kuitenkaan laskeneet.

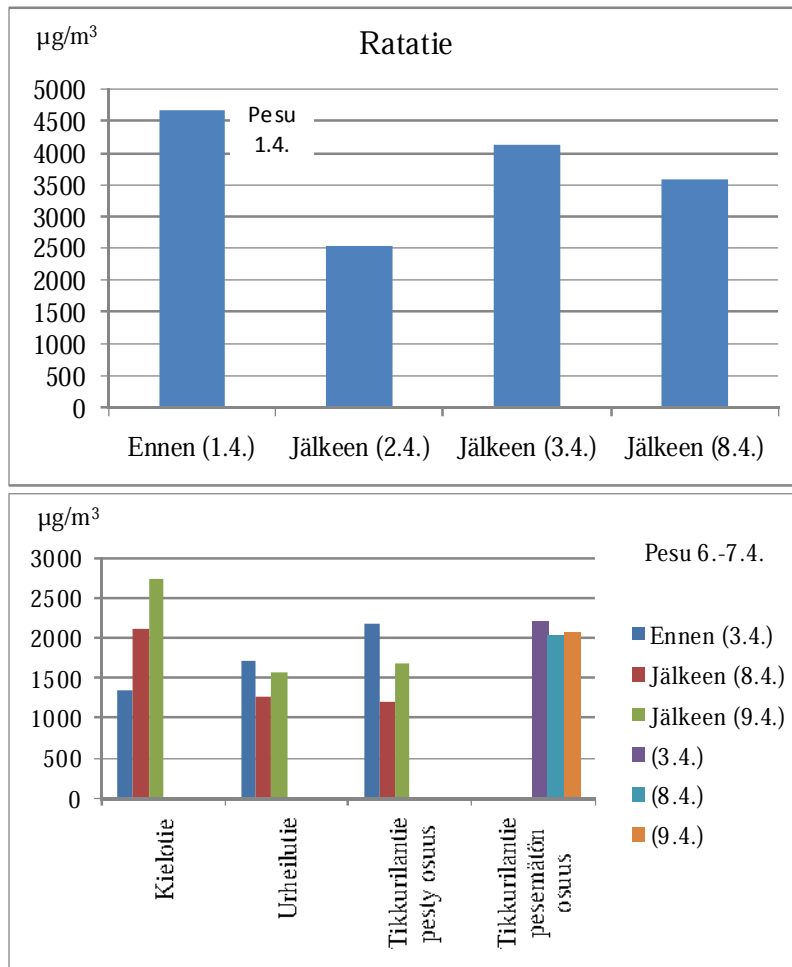


	Pitoisuuksien alenemat		
	1pvä	2 pvä	3 pvä
Ratatie	50 %	51 %	37 %
Talvikkitie	42 %	45 %	
Tikkurilantie	42 %	43 %	59 %
Urheilutie	28 %	45 %	4 %

Kuva 36. Keskimääräiset PM₁₀-päästötasot keväällä 2008 ennen ja jälkeen puhdistuksen x-y-kuvaajassa sekä vastaavat Nuuskija-pitoisuuksien suhteelliset muutokset (%).

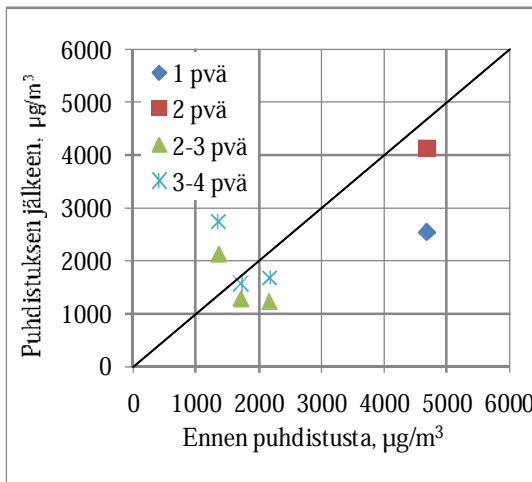
Keväällä 2009 Tikkurilassa tehdyt testit muodostuivat luonteeltaan erilaisiksi kuin vuonna 2008. Joillakin kaduilla oli tehty puhdistuksia mekaanisilla harja- ja imulakaisukalustolla jo maaliskuun alussa ennen tutkimusajankohtaa, ja lisäksi varsinaisen tutkimuksen osana tehty katukohtaiset puhdistukset ja mittaukset ajoituivat pitemmälle ajalle (1.4.–8.4.2009) kuin vuonna 2008. PM₁₀-päästötaso oli vuonna 2009 Tikkurilan kaduilla yleisesti ottaen alhaisempi kuin 2008. Tutkimuksen tavoitteiden kannalta mittaukset onnistuivat kuitenkin hyvin. Keväällä 2009 PIMU-kaluston puhdistustehokkuuksia mitattiin myös Vantaan Tuupakantiellä.

Kuvassa 37 on esitetty keskimääräiset PM₁₀-päästötasot mitatuilla kaduilla Tikkurilassa vuonna 2009. Puhdistettujen katujen osalta on esitetty myös puhdistuksen ajankohdat. Ratatie puhdistettiin ennen muita, joten sen tulokset on esitetty omassa kuvaajassa (Kuva 37, ylhäällä). Kaikilla puhdistetuilla kaduilla paitsi Kielotiellä päästöt ovat vähentyneet pesutoimenpiteiden vaikutuksesta. Samaan aikaan puhdistamattomalla Tikkurilantien osuudella päästötasossa ei ole tapahtunut merkittävää alenemaa.



Kuva 37. Keskimääräiset katuosuuskohtaiset PM₁₀-päästöt puhdistetuilla ja puhdistamattomilla kaduilla Vantaan Tikkurilassa 2009.

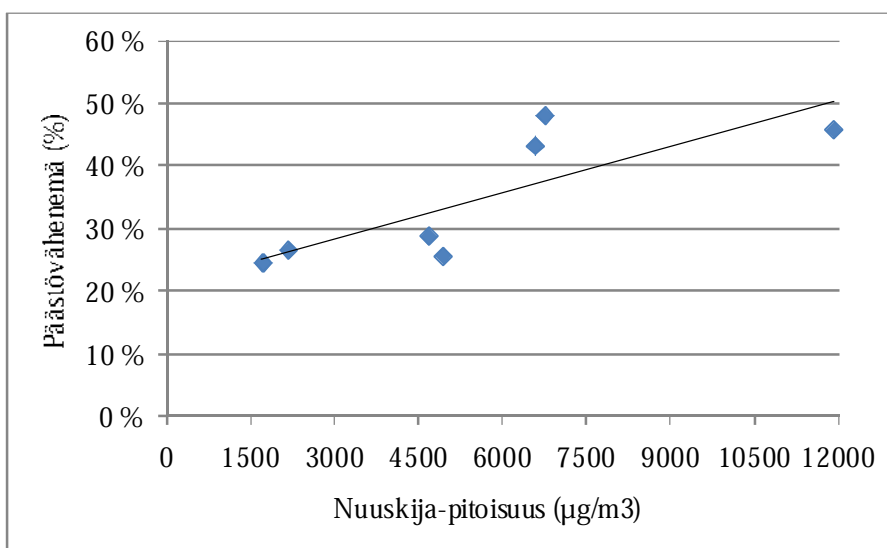
Päästövähennemät PIMU-kalustolla puhdistetuilla kaduilla eivät olleet yhtä selviä kuin vuonna 2008 (kuva 38). Kielotieellä PM₁₀-päästötaso jopa nousi puhdistuksen jälkeen. Tärkeimpänä selittäväenä tekijänä vuosien väliselle erolle on todennäköisesti se, että keväällä 2009 yleinen päästötaso oli selvästi alhaisempi kuin vuonna 2008. Esimerkiksi Ratatien PM₁₀-päästötaso ennen puhdistuksia oli vuonna 2009 jopa 60 prosenttia alhaisempi kuin vuonna 2008. Muilla tutkituilla kaduilla vallitsi mittausajankohtina päästötaso 2 000 µg/m³ tai alle, joka yleensä havaitaan vasta loppukeväästä kevätpuhdistusten jälkeen. Näin ollen yleinen päästötaso vuoden 2009 alkukeväästä on ollut hyvin alhainen.



	Pitoisuuksien muutokset			
	1 päivä	2 päivää	2-3 päivää	3-4 päivää
Ratatie	46 %	12 %		
Kielotie			-56 %	-101 %
Tikkurilantie			45 %	9 %
Urheilutie			26 %	23 %

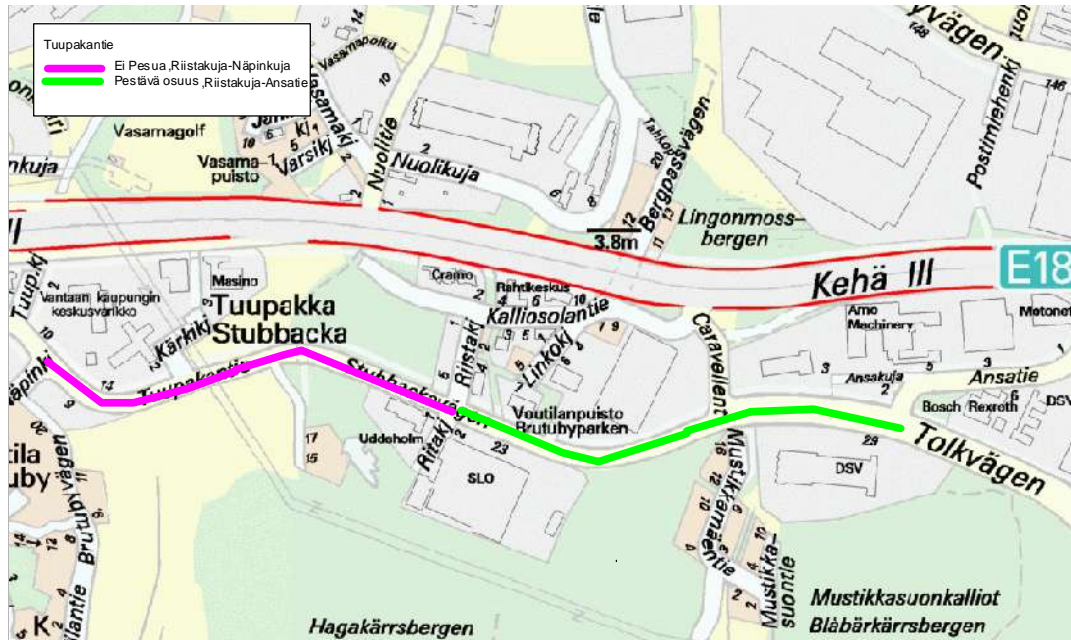
Kuva 38. Keskimääräiset PM₁₀-päästötasot keväällä 2009 ennen ja jälkeen puhdistuksen x-y-kuvaajassa sekä vastaavat Nuuskija-päästöjen suhteelliset muutokset (%). Negatiivinen prosentti tarkoittaa että päästö on noussut.

Näyttäisi siltä, että alhaisilla päästötasoilla saavutettavat päästövähennykset eivät ole suhteellisesti ottaen niin suuria kuin korkeammilla päästötasoilla. Kuvassa 39 asiaa on tarkasteltu esittämällä katukohtaiset keskimääräiset päästöt (Nuuskija-päästö) ennen puhdistusta yhdessä saavutettujen puhdistustulosten (keskimääräinen päästövähennys 1–4 päivää puhdistuksen jälkeen) kanssa samassa kuvaajassa. Kuvaajan arvot sisältävät myös heti puhdistusten jälkeisen päivän päästötason, johon on vielä voinut vaikuttaa tienpinnan kosteus, joka voi lisätä päästövähennystä. Kielotien vuoden 2009 tuloksia ei ole sisällytetty kuvaajaan. Kuvaajan perusteella alle 5 000 µg/m³ päästötasoilla, keskimääräinen päästövähennys oli 30 prosenttia tai alle ja sitä korkeammilla päästötasoilla yli 40 prosenttia. Tulokset viittaavat siihen, että PIMU-kalustolla pystyttiin alentamaan PM₁₀-päästötasoja, vaikka päästöjen lähtötaso oli alhainenkin. Tosin alle 1 500–2 000 µg/m³ päästötasoilla (loppukevään päästötaso) ei ole tuloksia.



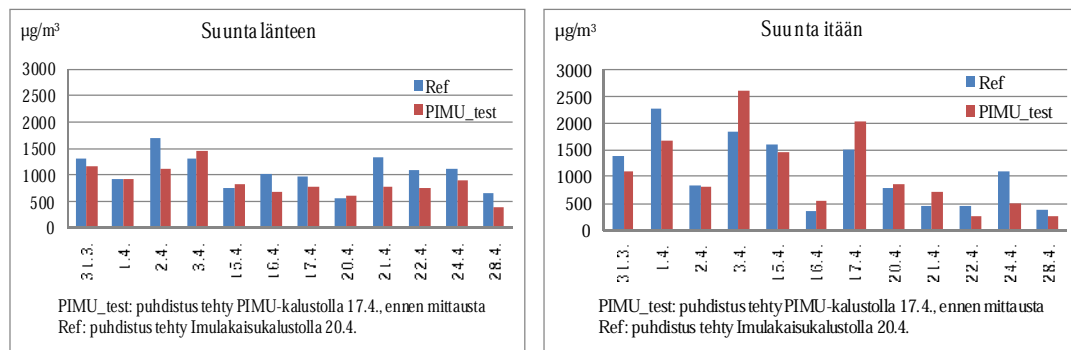
Kuva 39. Katukohtaiset Nuuskija-pitoisuudet vuosina 2008 ja 2009 ennen puhdistusta ja vastaavat puhdistuksen jälkeiset keskimääräiset päästövähennykset (usean päivän keskiarvo).

Tuupakantiellä vuonna 2009 tehdyissä kalustotesteissä mitattava tieosuus jaettiin kahteen osaan, joista toinen puhdistettiin PIMU-kalustolla. Vertailukohteena toiminut tieosuus puhdistettiin perinteisellä imulakaisukalustolla. Kuvassa 40 osuudet on esitetty kartalla.



Kuva 40. Tuupakantien PIMU-kalustolla (vihreä) ja imulakaisukalustolla (vaaleanpunainen) puhdistetut tieosuudet.

PM₁₀-päästötasoa Tuupakantiellä oli hyvin alhainen, pääsääntöisesti 2 000 µg/m³ tai alle, ja päiväkohtaiset vaihtelut olivat suuria (kuva 41). Myös kaistojen päästöjen välillä oli eroja, siten että päästöt itään ajettaessa olivat keskimäärin korkeampia ja vaihtelevampia kuin länteen (kts. myös kuva 42). Lähinnä päästöjen alhaisuuden takia, pitkälle meneviä johtopäätöksiä ei vuoden 2009 aineiston perusteella voi tehdä. Tulokset olivat kuitenkin mielenkiintoisia ja ne lisäävät kokonaiskuvaa puhdistuskaluston tehokkuuksista PM₁₀-pölylle eri päästötasolla.

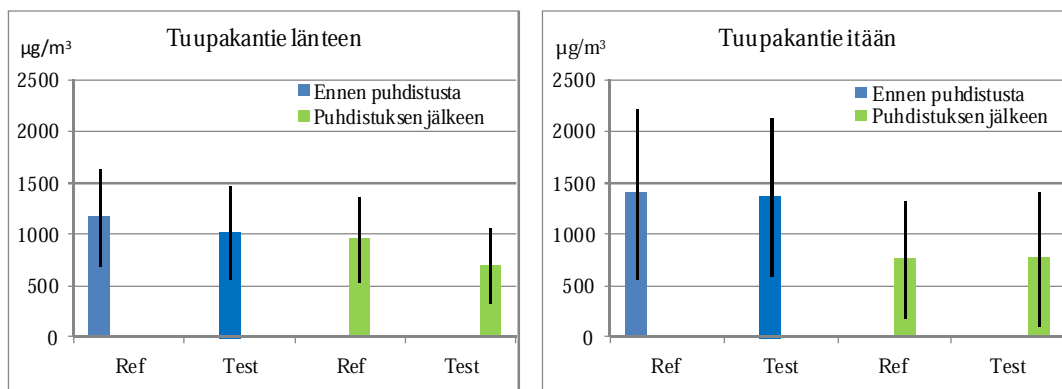


Kuva 41. PM₁₀-päästöt kevään 2009 tutkimusajankohtana Tuupakantiellä.

Kuvassa 42 on esitetty usean päivän keskimääräiset PM₁₀-päästöt tutkituilla tieosuuksilla jaoteltuina tilanteeseen ennen ja jälkeen puhdistusten. Aineistoja vertailtiin tilastollisesti t-testillä. Tarkastelun tarkoituksena oli tutkia: (1) voitiinko puhdistuskalustolla alentaa PM₁₀-päästöjä ja (2) oliko referenssitieosuudella (puhdistettu imulakaisukoneella) ja PIMU-kalustolla puhdistetulla tieosuudella eroja puhdistumisessa. Ennen puhdistustoimenpiteitä molemmat tieosuudet olivat keskimääräisiltä päästöiltään samalla tasolla.

Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen tehtiin seuraavia havaintoja: länteen menevällä kaistalla keskimääräinen päästö oli PIMU-kalustolla puhdistetulla tieosuudella alhaisempi kuin perinteisellä imulakaisukalustolla puhdistetulla osuudella, mutta itään menevällä kaistalla molemmilla kalustoilla havaittiin päästön alenema (kuva 42). Tuupakantien PM₁₀-päästötaso on ollut tutkimusajankohtana erittäin alhainen. Tulokset eivät ainakaan sulje pois sitä, että myös alhaisilla päästötasoilla voitaisiin saavuttaa PM₁₀-päästöjen alenemia, mutta päästötasojen vaihtelut voivat liittyä myös muihin tekijöihin kuin pelkästään puhdistuksen tehokkuuksiin.

Aineiston perusteella ei voi tehdä selvää johtopäätöstä PIMU-kaluston tehokkuuksista verrattuna perinteiseen imulakaisukalustoon, sillä länteen menevällä kaistalla havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero siten, että PM₁₀-päästö oli PIMU-kalustolla puhdistetulla tieosuudella alhaisempi pesujen jälkeen kuin vertailutieosuudella, mutta itään päin menevällä kaistalla osuuksien välillä ei havaittu eroja.



Kuva 42. Keskimääräiset PM₁₀-päästöt tutkituilla tieosuuksilla ennen puhdistusta (kuuden päivän keskiarvo jaksolla 31.3.–16.4.2009) ja jälkeen puhdistusten (kuuden päivän keskiarvo jaksolla 17.4.–28.4.2009). (Ref: puhdistus imulakaisukalustolla, Test: puhdistus PIMU-kalustolla)

Esitetyn kaltaisia mittauksia kannattaa jatkaa, jotta kadun PM₁₀-päästöjen ja puhdistusten välinen dynamiikasta saataisiin lisätietoa. Normaalien puhdistustoimenpiteiden ohella tehtävien seurantamittauksien ohella kannattaa tehdä lisäksi tarkempia testejä kontrolloidummissa olosuhteissa.

3.3.2 Poistoilman suodatus – Dulevo 5000 -kalustomittaukset

Poistoilman suodatuksen tehostamisen vaikutusta puhdistuskoneiden poistoilman pölyisyyteen on mitattu Dulevo 5000 -laitteistoilla (yhteystahoina Dulevon maahantuoja Berner Oy ja HKR). Dulevo 5000 on nk. nostava harjakone, jossa on jonkin verran imua. Imuteho ei kuitenkaan ole yhtä suuri kuin perinteisissä imula-

kaisukoneissa. Tutkitut suodattimet olivat Dulevon vakioasennussuodatin ja tätä tehokkaampi Gore-suodatin. Näiden suodatustehoa on tutkittu aikaisemmin Det Norske Veritasin (DNV) valvomissa testeissä Italiassa. Tutkitut laitteet ja poistoilman hiukkaspitoisuuden mittaussjärjestely on esitetty kuvassa 43.

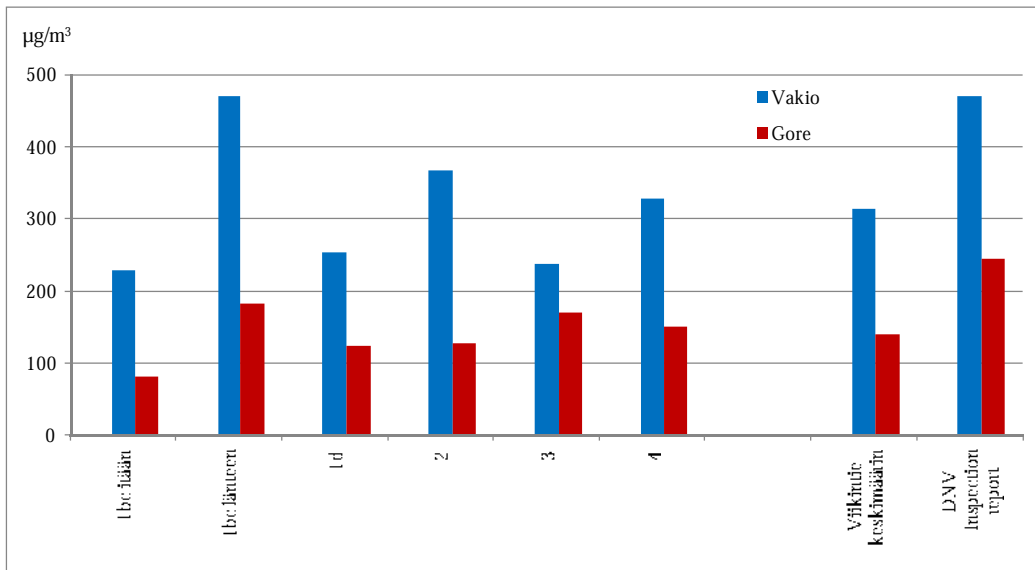


Kuva 43. Tutkitut laitteet ja poistoilman hiukkaspitoisuuden mittaussjärjestely.

Elokuun 2008 mittaukset Viikintiellä

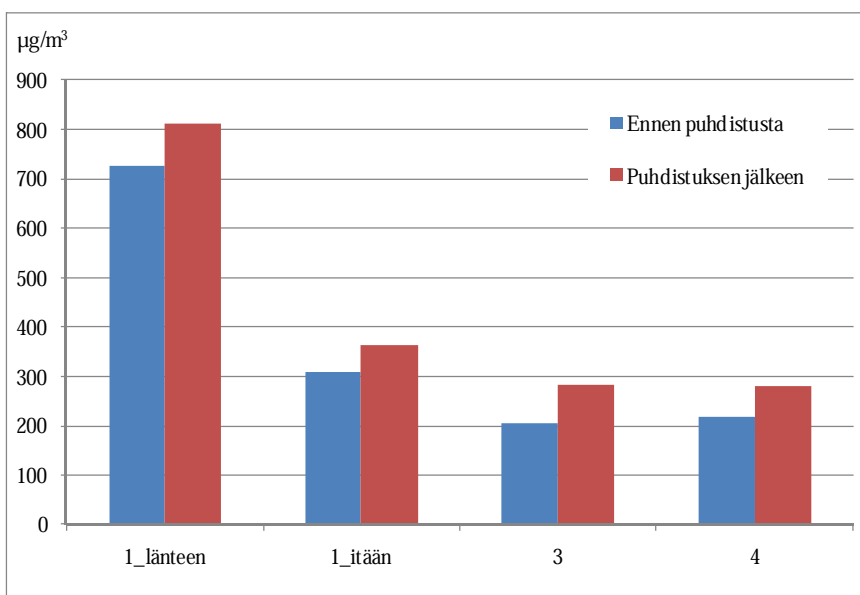
Ensimmäinen mittausjakso toteutettiin elokuussa 2008, jolloin katujen pinnat olivat suhteellisen puhtaalla, kesäaikaisella tasolla. Osalle Viikintietä levitettiin HKR:n toimesta hiekkaa tienreunaan (1bc länteen), jotta saataisiin tietoa myös suodatustehosta pölyisemmissä olosuhteissa. Hiekoitus nosti päästötason noin kaksinkertaiseksi verrattuna muihin Viikintien katuosuuksiin (kts. kuva 45).

Kuvassa 44 on esitetty poistoilman pölyisyyden mittaustulokset katuosuuskohtaisina. Gore-suodattimella saavutettiin kaikilla katuosuuksilla alhaisemmat poistoilman hiukkaspitoisuudet. Keskimääräinen vähenemä vakiosuodattimeen verrattuna poistoilman PM₁₀-pitoisuuksissa oli 56 prosenttia. Viikintiellä mitattu pitoisuusvähenemä on hiukan korkeampi kuin mitä Italiassa DNV:n valvomissa mittauksissa saavutettiin (48 prosenttia), mutta samaa suuruusluokkaa.



Kuva 44. Keskimääräiset poistoilman PM₁₀-päästötasot elokuussa 2008 Viikintiellä (katusuudet 1–4) vakio- ja Gore-suodattimilla.

Viikintiellä mitattiin myös kadun pinnan pölyisyyttä ennen ja jälkeen puhdistustoimenpiteiden. Päästötaso oli Viikintiellä kesäisellä tasolla, eli hyvin alhainen, keskimäärin alle 500 µg/m³ (lukuunottamatta hiekoitettua osuutta, kuva 45, katusuus 1_länteen), joten varsinaista puhdistamistarvetta ei testien ulkopuolella Viikintiellä ollut. Elokuun 2008 mittauksissa kadun pinnan puhdistumisessa ei havaittu eroja ennen ja jälkeen puhdistuksen (kuva 45). Keskimääräinen päästö oli hiukan koholla puhdistuksen jälkeen, mikä voi selittyä sillä, että puhdistuksen vaikutuksesta on levinnyt pölyä tienreunasta ajoradalle. Tosin hiekoitettuun osuuteen (1_länteen) sisältynyttä n. 3 000 µg/m³ päästöhuippua ei esiintynyt enää puhdistusten jälkeen.

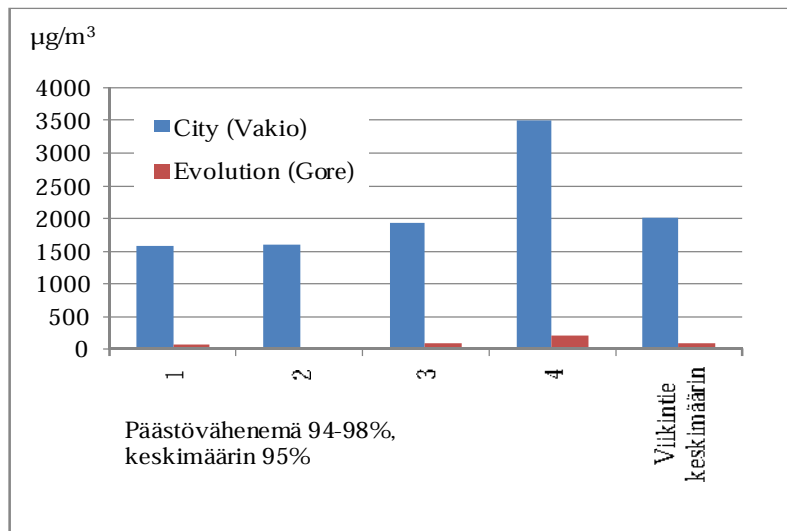


Kuva 45. Kadun pinnan PM₁₀-päästöt (Nuuskija-päästö) samana päivänä elokuussa 2008 ennen ja jälkeen puhdistuksen.

Huhtikuun 2009 mittaukset Viikintiellä

Toinen mittausjakso toteutettiin huhtikuun alussa 2009. Tavoitteena oli toistaa vuoden 2008 mittaukset kevätpölykaudella. Vuoden 2009 testien aikainen PM₁₀-päästötaso olikin noin viisinkertainen verrattuna elokuun 2008 tilanteeseen (Kuva 47).

Kuvassa 46 on esitetty poistoilman pölyisyyden mittauksien tulokset katuosuuskohtaisina huhtikuussa 2009. Poistoilman PM₁₀-pitoisuustasot olivat 2009 vakiosuodattimella keskimäärin noin 7-kertaiset verrattuna vuoden 2008 mittauksiin. Vastavasti kuin vuonna 2008, myös vuonna 2009 Gore-suodattimella saavutettiin kaikilla katuosuuksilla selvästi alhaisemmat poistoilman hiukkaspitoisuudet (30–200 µg/m³) kuin vakiosuodattimella. Gore-suodattimen poistoilman pitoisuustasot olivat suurin piirtein samalla tasolla molempien vuosien testeissä. Huhtikuun 2009 mittauksissa keskimääräinen vähenemä poistoilman PM₁₀-pitoisuuksissa oli 95 prosenttia (vrt. 56 prosenttia elokuussa 2008).

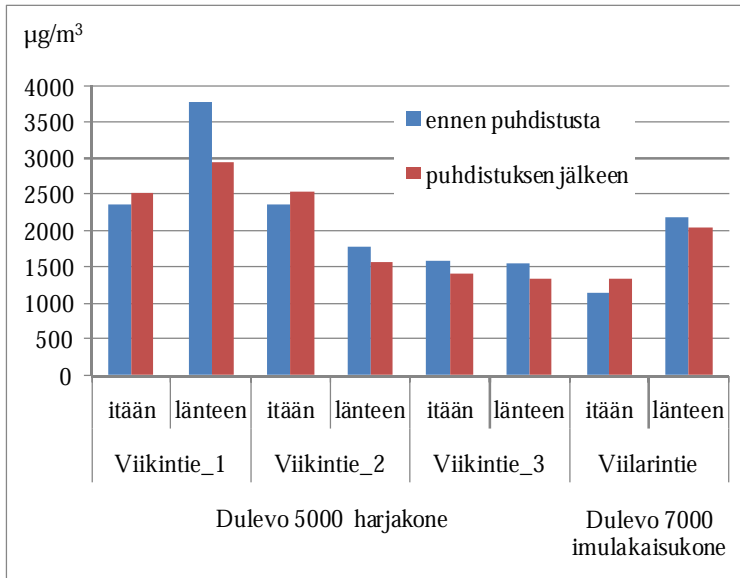


Kuva 46. Keskimääräiset poistoilman PM₁₀-päästötasot samana päivänä huhtikuussa 2009 Viikintien katuosuuksilla (1–4) vakio- ja Gore-suodattimilla.

Molempien vuosien testitulosten perusteella näyttäisi siltä, että Gore-suodattimella on mahdollista saada aikaan merkittäviä vähenemisiä Dulevo 5000 -laitteiston poistoilman PM₁₀-pitoisuuksissa ja sen avulla pystytään vähentämään töiden aikaista ilmanlaatuvaikutusta. Gore-suodattimen hankintakustannus on tällä hetkellä noin 3 500 € ja vakiosuodattimen noin 2 000 € (A. Forsberg suullinen tieto). Koko laitteiston hankintakustannus voi olla satoja tuhansia, joten siihen suhteutettuna lisäinvestointi ei ole kovin merkittävä. Lisäksi A. Forsbergin mukaan Gore-suodattimen ei tukkeudu yhtä nopeasti kuin vakioasennussuodattimen, joten säästöjä puolestaan voi katsoa tulevan pidettyneen huoltovälin kautta.

Myös vuonna 2009 mitattiin kadun pinnan pölyisyyttä ennen ja jälkeen puhdistustoimenpiteiden. Viikintiellä mitattiin Dulevo 5000 -mekaanisen harjakoneen tehokkuutta kadun pinnan PM₁₀-pölynpoistossa ja Viikintien Viikintien vertailun vuoksi perinteisen imulakaisukoneen (Dulevo 7000) tehokkuutta. Päästötasot ennen puhdistuksia vaihtelivat Viikintiellä 1 500 ja 4 000 µg/m³:n välillä ja Viikintien Viikintien 1 000 ja 2 000 µg/m³:n välillä riippuen katuosuudesta ja kaistasta (kuva 47). Huhtikuun

2009 mittauksissa kadun pinnan puhdistumisessa ei havaittu systemaattisia eroja ennen ja jälkeen puhdistuksen kummallakaan kalustolla (kuva 45). Molempien vuosien tulosten perusteella näyttäisi siltä, että mekaaninen harjakalusto ja perinteinen imulakaisukalusto eivät sovellu akuuttiin PM₁₀-pölyntorjuntaan havaituilla päästötasoilla. Tutkimuksia tulisi kuitenkin jatkaa olosuhteissa, joissa päästötasot ovat korkeampia.



Kuva 47. Kadun pinnan PM₁₀-päästöt (Nuuskija-päästö) samana päivänä huhtikuussa 2009 ennen ja jälkeen puhdistuksen.

3.3.3 KAPU-hankkeen havainnot ja johtopäätöksiä kaluston ja kevätpuhdistuksen toimivuudesta

Perinteinen kalusto

KAPU-hankkeen tavoitteena oli tutkia puhdistuslaitteiston vaikutusta PM₁₀-katupölyn poistamiseen katujen pinnalta. Lisäksi mitattiin Dulevo-kaluston käytönaikaisia poistoilman päästöjä.

Perinteisellä puhdistuskalustolla (mekaaninen harjakalusto ja imulakaisukalusto) yksittäin käytettynä ei ollut tämän tutkimuksen tulosten perusteella nähtävissä välitöntä vastetta kadun pinnan PM₁₀-päästöihin. Näin ollen ne eivät suoraan sovi akuuttiin pölyntorjuntaan, kuten katupölyepisodien torjuntaan päivien vasteella, vaan pikemminkin pitkän aikavälin toimenpiteiksi. Vastaava johtopäätös tehtiin myös KAPU-hankkeen aikaisemmassa vaiheessa (Tervahattu ym. 2007¹⁴). Perinteisellä kalustolla tosin pystytään poistamaan karkeampi hiekka ja pöly kadun pinnalta ja näin vähennetään PM₁₀-pölyn muodostumista karkeamman materiaalin murskaantumisen ja ”hiekkapaperiefektin” vaikutuksesta.

PIMU-kalusto

PIMU-kalusto edusti KAPU-hankkessa nk. uusia kadunpuhdistusteknologioita. Niiden osalta tulokset kadunpintojen PM₁₀-päästöjen torjuntaan olivatkin lupaavia, joskaan kesäaikaisia päästötasoja ei ainakaan yhdellä puhdistuskerralla saavutettu. Päästötasojen vähenemisiä havaittiin myös kaikilla tutkituilla päästötasoilla,

mutta korkeilla kadunpinnan päästötasoilla (esim. Nuuskija-signaalina noin 3 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tai yli) PIMU-kaluston tehokkuus tuli selvemmin esiin kuin alhaisemmillä päästötasoilla (noin 1 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, jo lähellä kesäaikaisia päästöjä). Alhaisemmillä päästötasoilla PIMU-puhdistuksella ei aina havaittu selvää vastetta päästöihin (havainto voi liittyä myös tienpinnan jälkilikaantumiseen). PIMU-kaluston tehokkuus liittyy todennäköisesti tehokkaaseen painepesuun (vrt. myös Suutarilan ja Mannerheimintien testit KAPU1:ssä) ja syntyneen ”lietteen” tehokkaaseen imuun.

Kaluston käytön aikaiset päästöt – poistoilman pölyisyys

Puhdistuskaluston käytön aikaisia päästöjä mitattiin hankkeessa Dulevo 5000 -kalustolle. Dulevo 5000 -kaluston puhdistuksen poistoilman suodatuksessa on tarjolla tehokkaita suodatustekniikoita, joita verrattiin vakioasennuksena tulevaan suodattimeen. Dulevo 5000 on nk. nostava harjakone, jossa on jonkin verran imua. Imuteho ei kuitenkaan ole yhtä suuri kuin perinteisissä imulakaisukoneissa. Tuloksia ei tule yleistää koskemaan kaikenlaista kalustoa, ja mittauksia olisikin hyvä jatkaa muunlaisen kaluston osalta.

Mittaustulosten perusteella tehostetulla poistoilman suodatuksella saatiin aikaan merkittäviä vähenemisiä Dulevo 5000 -laitteiston poistoilman PM_{10} -pitoisuuksissa ja näin ollen sen avulla pystytään vähentämään töiden aikaista ilmanlaatuvaikutusta. Poistoilman pölyisyyteen ja sen suodatustekniikoihin kannattaa siis kiinnittää huomiota, mikäli halutaan vähentää käytön aikaisia päästöjä. Tämä pätee todennäköisesti myös muunlaiseen kalustoon kuin mitä tässä hankkeessa mitattiin. Poistoilman ohella kannattaa myös kiinnittää huomiota laitteiston pakokaasupäästöihin. Uudella kalustolla pakokaasupäästöt laskevat yleiseurooppalaisten Euro-päästöraja-arvojen mukaan.

Kevätpuhdistuksen (mekaaninen harjaus, imulakaisu ja painepesun yhdistelmä) vaikutuksia pölypäästöihin käsiteltiin hankkeen ensimmäisen vaiheen loppuraportissa (Tervahattu ym. 2007¹⁴). Päästötasojen havaittiin jossain määrin laskeneen toimenpiteiden seurauksena ja raportissa esitettiin päästötasojen alenemisen syinä:

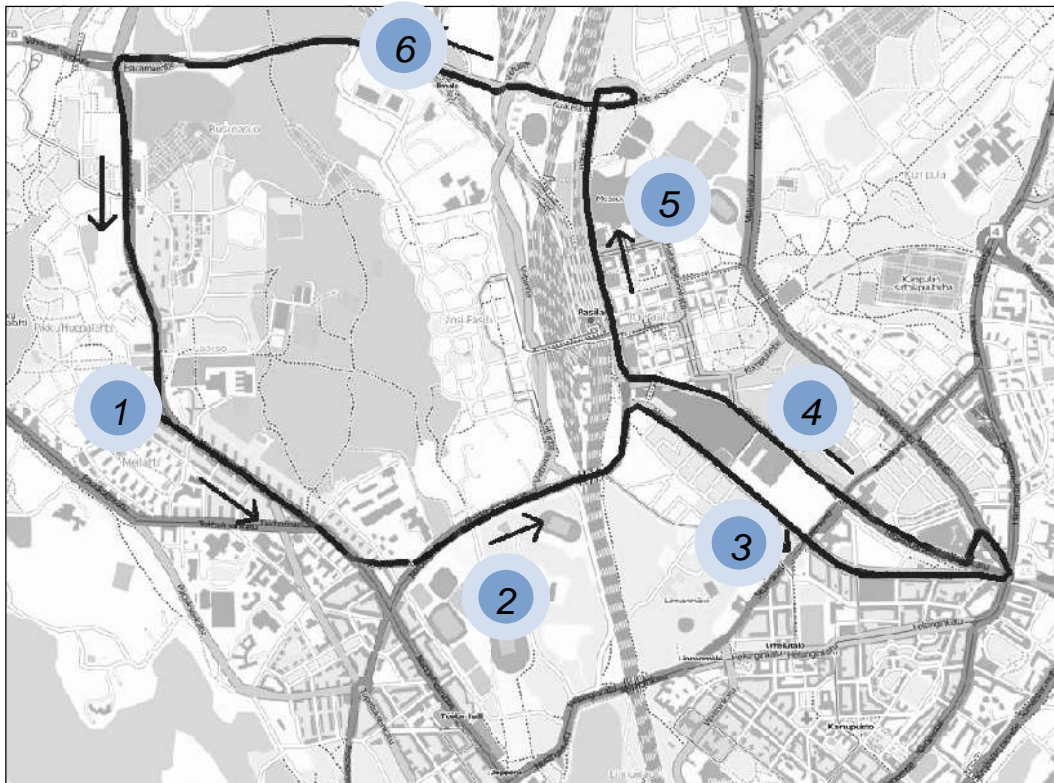
- 1) Puhdistustoimet kostuttavat kadunpintoja ja kosteus sitoo pölyä.
- 2) Puhdistuksen yhteydessä tai lähipäivinä on mahdollisesti käytetty myös kalsiumkloridi-pölynsidontaa.
- 3) Puhdistustoimet poistavat irtoainesta ja pölyä kadunpinnasta. Näin ollen toimet vähentävät pölyn muodostumista ja jo muodostuneen pölyn suspensiota, ne myös poistavat jossain määrin suspensioherkkää pölyä kadun pinnoilta.

Tehokas kevätpuhdistus vaatii kuitenkin laajojen alueiden puhdistusta ja puhdistusten toistoja, eikä kerralla saada aikaan ”kesäpuhdasta” kadun pintaa. Tutkimusvuosina tutkimusalueiden katujen kevätpuhdistukset ovat kestäneet noin kuukauden ja ne ovat ajoittuneet samanaikaisesti nastarenkaiden käytön vähenemisen ja katu ympäristöjen pölyvarastojen vapautumisen kanssa. Näin ollen päästöjen vähenemä voi olla monen tekijän tulosta. Kevätpuhdistuksen lopputulosta voidaan todennäköisesti parantaa ottamalla käyttöön uutta kalustoa, joka tehostaisi pölynpoistoa jossain puhdistuksen vaiheessa. Tämän tutkimuksen perusteella näyttäisi siltä, että PIMU-kalustolla voidaan tehostaa imulakaisun tehokkuutta.

3.4 Rakentamisen pölyvaikutukset

3.4.1 Helsingin rakennustyömaareitti

Yksityiskohtaisempaan tarkasteluun varten suunniteltiin Helsinkiin kesäksi 2008 mittausreitti Nuuskija-autolla tapahtuvia mittauksia varten (Kuva 48). Reitti kulki useamman rakennustyömaan vaikutuspiirissä. Rakennustyömaat olivat katurakentamista (raitiolinja 9 rakennustyöt Aleksis Kiven kadulla ja tietyt Teollisuuskadulla ja Hakamäentiellä) sekä asuinalueen rakentaminen Pasilan konepajan alueella Teollisuuskadun ja Aleksis Kiven kadun välillä.

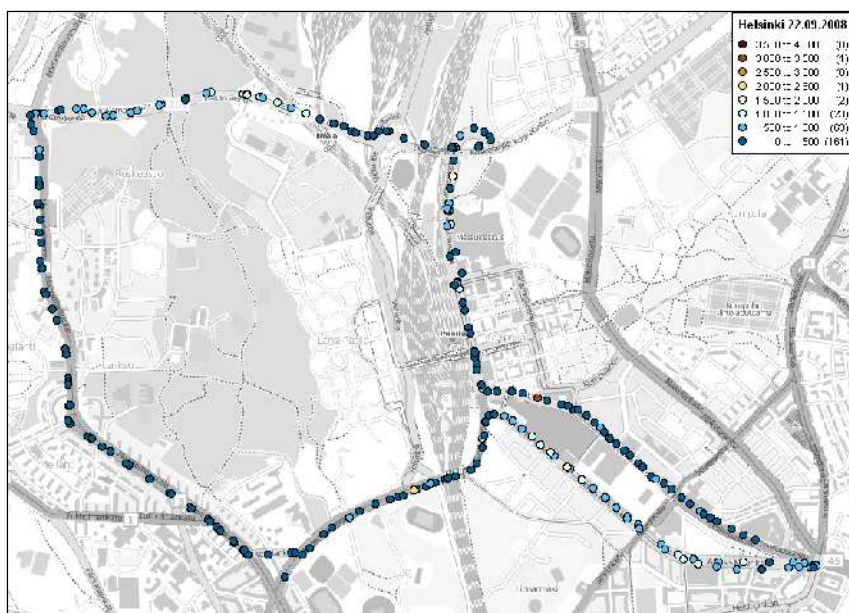
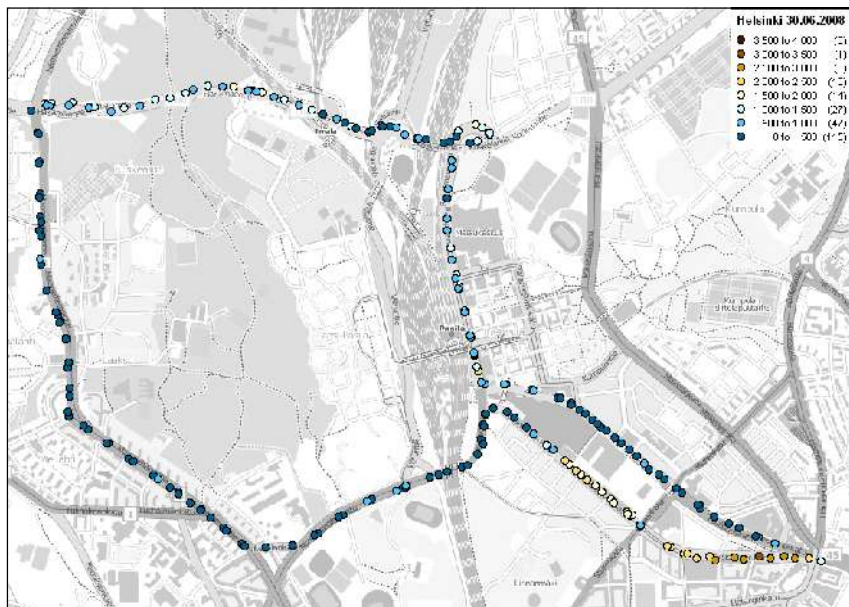


Kuva 48. Helsinkiin kesäksi 2008 suunniteltu Nuuskija-auton mittausreitti rakennustyömaiden pölyvaikutustutkimuksia varten (1. Mannerheimintie–2. Nordenskiöldinkatu–3. Aleksis Kiven katu–4. Teollisuuskatu–5. Ratapihantie–6. Hakamäentie).

Keskimääräiset katukohtaiset päästötasot reitillä on koottu Taulukkoon 10. Kuvassa 49 on esitetty korkeimpien mittausarvojen esiintymispaikat kartalla. Taulukosta nähdään, että Aleksis Kiven katu, Hakamäentie ja Ratapihantie ovat olleet PM_{10} -päästöiltään noin 3–5-kertaisella tasolla, kuin muut mitatut katuosuudet joilla ei ole ollut rakennustöitä (Mannerheimintie, Nordenskiöldinkatu, Reijolankatu) ja joiden päästöt olivat kesäisellä päästötasolla. Sen sijaan Teollisuuskatu ei ole erottunut näistä. Kuitenkaan tutkitut rakennustyömaat eivät ole nostaneet päästötasoja alkukevään päästölukemiin. Hakamäentiellä ja Ratapihantiellä töitä tehtiin laajemmalla alueella kuin vain kadulla, ja näin ollen siellä operoi paljon päälystämättömillä alueilla liikkuvaa raskasta liikennettä.

Taulukko 10. Keskimääräiset katukohtaiset PM₁₀-päästötasot (µg/m³) Helsingin rakennustyömaareilla.

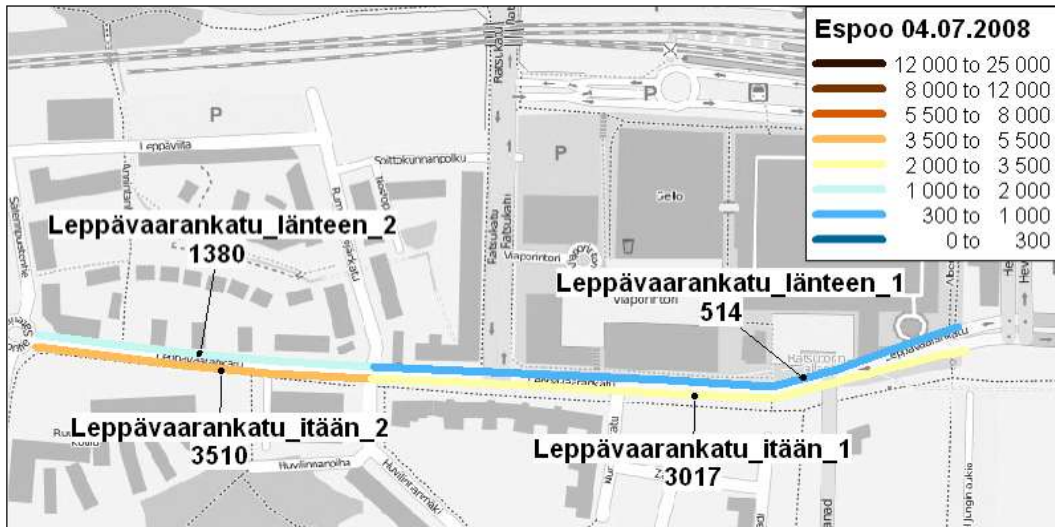
	30.6.2008	15.8.2008	21.8.2008	22.9.2008
Aleksis Kiven katu	1372	430	995	746
Hakamäentie	643	629	647	575
Mannerheimintie	216	130	114	192
Nordenskjöldinkatu	263	166	180	225
Ratapihantie	1044	422	734	401
Reijolankatu	286	326	183	188
Teollisuuskatu	361	155	334	299



Kuva 49. Nuuskijalla mitatut päästötasot (µg/m³) 30.6.2008 (yläkuva) ja 22.9.2008 (alakuva).

3.4.2 Leppävaarankatu, Espoo kesäaikaan

Espoossa mitattiin normaaliin KAPU-mittausreittiin kuuluvaa Leppävaarankatua myös kesällä. Korkeita päästöjä mitattiin Leppävaarankadulla kesäaikaan (4.7.2008) erityisesti itään päin ajettaessa (Kuva 50). Päästöt ovat olleet jopa yli viisinkertaisia verrattuna puhtaimpiin katuosuuksiin Espoon reitillä ja noin 3,5-kertaiset verrattuna länteen päin menevään ajosuuntaan. Elokuussa päästötaso on jonkin verran laskenut ja on ollut 15. ja 21.8. tehdyissä mittauksissa keskimäärin suuruusluokkaa 2 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Länteen päin suuntautuva kaista näyttää elokuussa olleen puhtaalla tasolla.



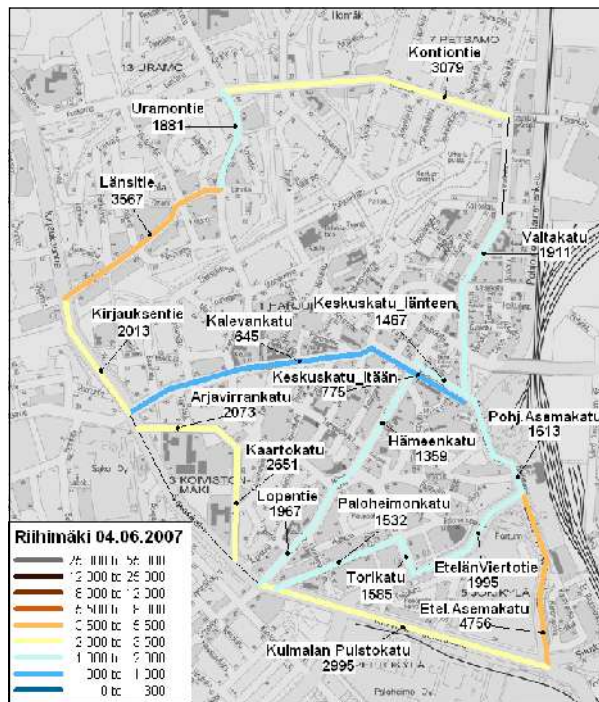
Kuva 50. Leppävaarankadun PM_{10} -päästöt Nuuskijan ajaessa itään (yläkuva) ja länteen (alakuva).

3.4.3 Riihimäki

Riihimäen reitin kaakkoisosassa oli käynnissä valtakunnallisestikin mittavat rakennustyömaat. Työt alkoivat vuosien 2006 loppupuolella ja 2007 alussa. Jokikylän korttelin (Eteläisen Asemakadun länsipuolella) työmaat saatiin pääasiassa päätökseen 2007 lopussa ja viimeiset 2008 lopussa. Matkakeskus ja sen kupeessa oleva pysäköintitalo (Eteläisen Asemakadun itäpuolella) saatiin valmiiksi 2009. Työmaat ovat vaikuttaneet Riihimäen reitillä mitattuihin päästötasoihin erityisesti vuosina 2007 ja myös vuonna 2008 (kts. luku 3.2.4). Riihimäen KAPU-reitin kaakkoisosan kadut (Eteläinen ja Pohjoinen Asemankatu, Kulmalan puistotie, Etelän Viertotie) ovat olleet työmaiden vaikutuspiirissä, mutta niiltä on kulkeutunut pölyä myös laajemmalle alueelle. Näiden työmaiden lisäksi reitillä on ollut tutkimusten aikaan käynnissä pienempiä katutöitä.

Rakennustyöt ovat vaikuttaneet Riihimäellä mitattuihin päästötasoihin. Esimerkiksi alkukevällä 2007 havaittiin erittäin korkeita Nuuskija-päästöjä työmaiden vaikutuspiirissä. Alkukevään päästötasoon vaikuttaa koko talven aikana kertynyt pöly, joka lumen ja jään sulaessa ja pintojen kuivuessa nousee ilmaan. Alkukevään päästötasoon on Riihimäellä vaikuttanut rakennustyömaiden lisäksi talvihiekkoitus. Näin ollen rakennustyömaiden vaikutusta tutkittiin erikseen kesien 2007 ja 2008 mittausaineistossa.

Kesällä 2007 Riihimäen reitti mitattiin 4. kesäkuuta. Jokikylän korttelin työmaat olivat käynnistyneet noin puoli vuotta aikaisemmin, Matkakeskuksen työmaa käynnistyi maaliskuussa 2007. Kesäkuun mittauksissa Nuuskija-päästöt olivat koholla erityisesti reitin kaakkoisosassa, Eteläisellä Asemakadulla ja Kulmalan Puistokadulla. Nämä kadut ovat rakennustyömaiden välittömässä läheisyydessä. Rakennustyömaiden vaiheesta ja toiminnoista mittausten aikaan ei ole tarkempaa tietoa, mutta on oletettavaa, että sillä on merkittävä vaikutus mitattuihin päästötasoihin. Laajat päällystämättömät pinnat ja samanaikainen työmaaliikenne sekä pölyvät toimenpiteet voivat lisätä päästötasoa myös lähikaduilla.



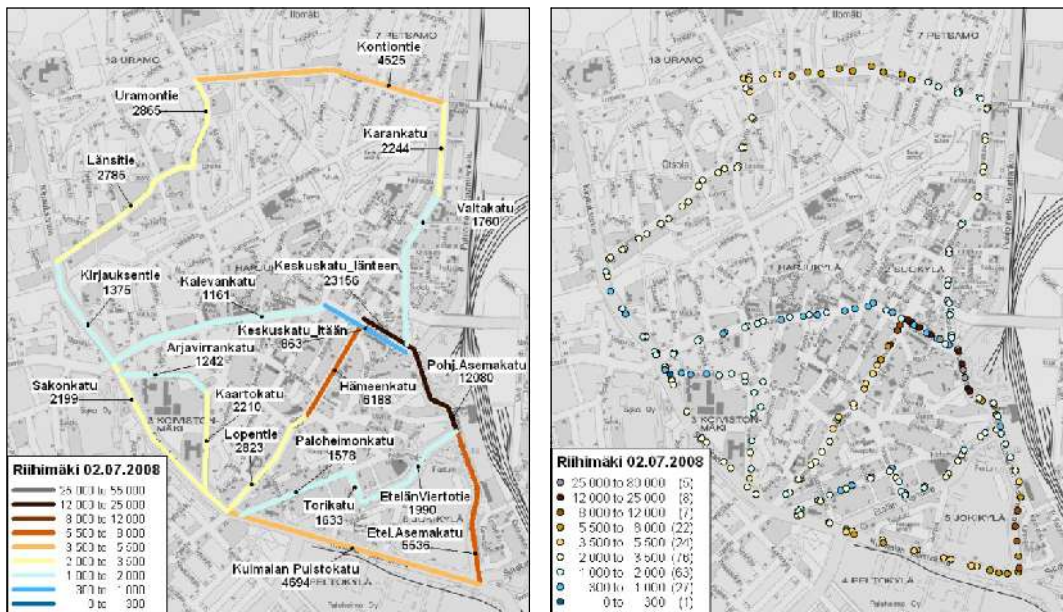
Kuva 51. Katukohtaisia PM₁₀-päästöjä Riihimäen mittausreitillä 4. kesäkuuta 2007.

Kesällä 2008 Riihimäen reitti mitattiin 2. heinäkuuta, jolloin reitin varrella oli edelleen useita laajoja työmaita käynnissä. Tarkastelu rajoitettiin heinäkuussa tehtyyn mittaukseen. Nuuskija-päästöt olivat heinäkuun 2008 mittauksessa koholla, erityisesti Keskuskadulla (länteen), Pohjoisella Asemakadulla, Hämeenkadulla, Kulmalan puistokadulla ja Eteläisellä Asemakadulla (kuva 51). Päästöt ovat olleet hyvin korkealla tasolla ja vaihdelleet noin 5 000 ja 23 000 µg/m³ välillä. Nämä kadut sijaitsevat reitin kaakkoisosan laajojen työmaiden ympäristössä. Vertailtaessa eri ajosuuntia Keskuskadulla ja myös Hämeentien päästötasoa, havaitaan selvästi miten pölyä on kulkeutunut työmaiden välittömästä läheisyydestä myös lähikaduille ohiajavan liikenteen ja työmaaliikenteen vaikutuksesta. Reitin kaakkoisosan ulkopuolella päästötasot olivat koholla myös Kontiontiellä (noin 4 000 µg/m³).

Havaintojen mukaan (M. Kyöstilän, Riihimäen kaupunki, sähköposti 2.7.2008) Pohjoinen Asemakatu oli hiekkainen viemäriyömaan vuoksi. Etelän Viertotie oli jyrskitty alkavan päällystetyön johdosta. Eteläisen Asemakadun itäpuolella sijaitsevan Matkakeskuksen työmaan kohdalla kadulla oli hiekkaa ja käynnissä oli betonin murskaustyö, josta leijui pölyä. Edempänä osa asfaltista on uusittu ja katua oli jyrskitty ennen Kulmalan puistokadun risteystä. Kulmalan puistokadulla

(ennen Saranpäättä) oli kadulle kulkeutunut hiekkaa ja hienoainesta viereiseltä rakennustyömaalta, ja työmaalla tehtiin parhaillaan maa-ainesten ajoa.

Reitin kaakkoisosan työmaiden lisäksi oli käynnissä myös muita rakennustöitä. M. Kyöstilän havaintojen mukaan Karakadun varrella oli käynnissä päiväkodin rakennustyömaa ja Kaartokadun rakennustyömaalta oli kulkeutunut hiekkaa kadulle. Nuuskija-päätöt näissä kohteissa ovat kuitenkin olleet suhteellisen alhaiset, noin $2\ 000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, verrattuna reitin kaakkoisosalla mitattuihin päästöihin. Kontiontien alkupäässä oli uusi viemäryömaa, joka on nostanut päästöä.



Kuva 51. Katukohtaisia PM₁₀-päästöjä Riihimäen mittausreitillä 2. heinäkuuta 2008. Vasemmalla on esitetty katukohtaiset keskiarvot ja oikealla mittausarvot.

3.4.4 Espoon Suurpellon työmaan pölymittaukset syksyllä 2009

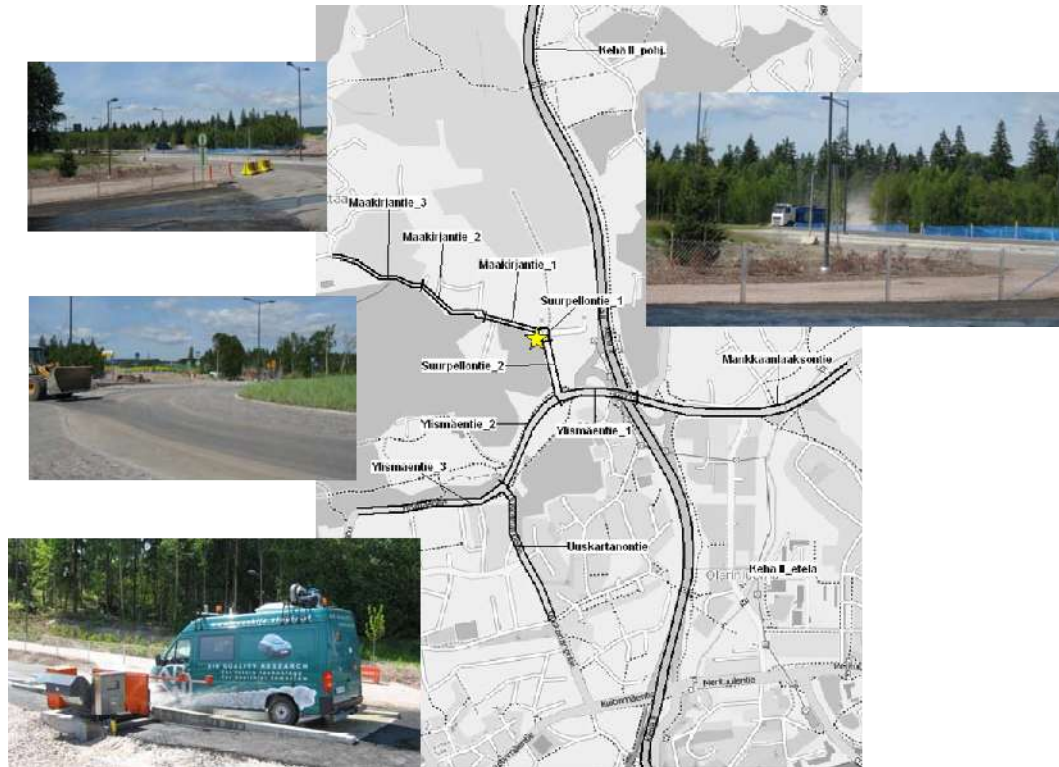
Espoon Suurpellossa tehtiin pölymittauksia Nuuskija-autolla syyskuussa 2009. Suurpellon alueelle on rakentumassa kokonainen uusi noin 7000 asukkaan asuinalue. Alue on suurelta osin savikkoa, ja näin ollen irtoainesta ja pölyä voi kulkeutua lähikaduille rakennustyömaaliikenteen mukana. Työmaaliikenteen ulostuloalueelle asennettiin raskaan kaluston alustan- ja renkaidenpesulaitteisto.

Suurpellon tutkimusten tavoitteina oli:

- Selvittää pölyn leviämisalueen laajuutta lähikaduille työmaaliikenteen vaikutuksesta
- Selvittää Suurpellon pyörien- ja alustanpesulaitteen tehokkuutta vähentää pölyn kulkeutumista lähikaduille

Pölypäästöjä mitattiin lähikatujen pinnoilta Nuuskija-autolla. Mittaukset tehtiin vertailukelpoisina ajankohtina alustan- ja renkaidenpesulaitteen ollessa pois päältä (syyskuun kaksi ensimmäistä viikkoa) ja päällä (syyskuun kolmas ja neljäs viikko). Kadut puhdistettiin keskisuurella imulakaisukoneella joka viikon perjantaina. Mittauksissa käytettiin sekä TEOM- että DustTrak-laitteiden antamia tietoja.

Kuvassa 52 on esitetty Suurpellon mittausreitit katuosuudet ja kesällä 2009 otettuja kuvia.



Kuva 52. Suurpellon mittausreitit ja kesällä 2009 otettuja kuvia.

Tulosten perusteella (kuvat 53–55) Suurpellon työmaa on vaikuttanut lähikatujen päästötasoihin syyskuussa 2009. Korkeimmat Nuuskija-päästöt mitattiin Suurpellontieellä, etelään menevällä kaistalla. Myös Maakirjantien päästöt olivat koholla liikenneympyröiden välillä sekä katuosuuksilla, joilla kulki työmaaliikennettä tai joille kulkeutui katupinnoilta pölyä Henttaan asuinalueelle suuntautuvan bussi- ja henkilöautoliikenteen vaikutuksesta. Näyttäisi siltä, että rakennustyömaalta kulkeutuvasta pölystä ei tutkimusajankohtana ole kuitenkaan ollut merkittävää haittaa läheisille asuinalueille tai kaduille.

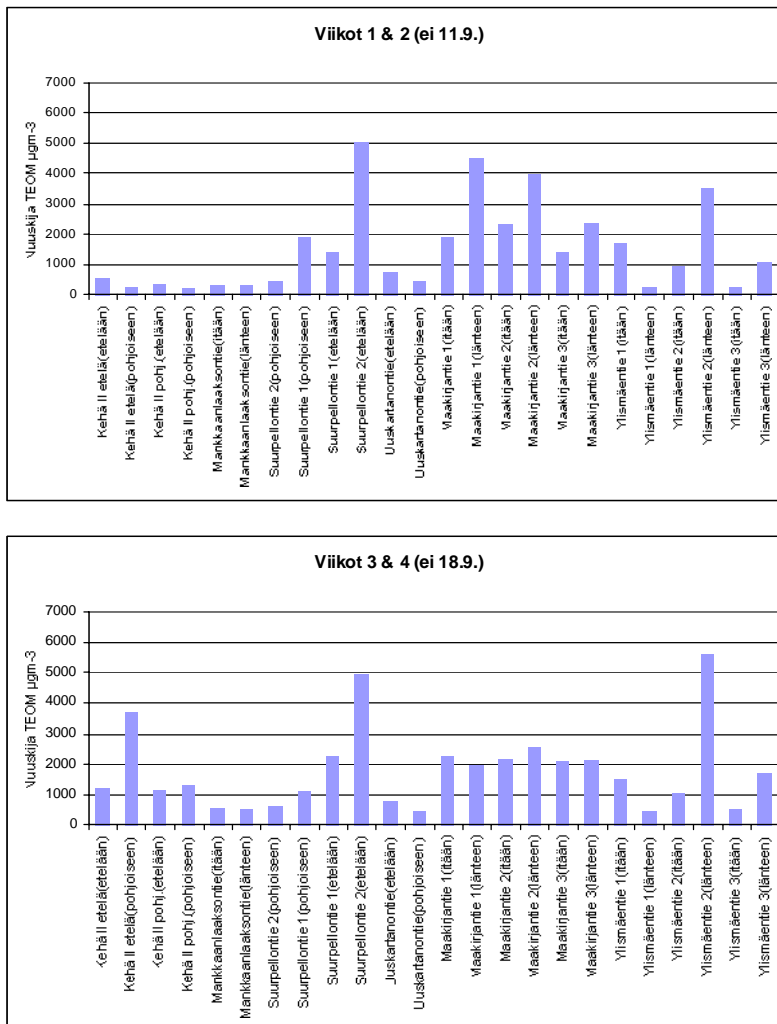
Ensimmäisen kahden viikon jakson ja jälkimmäisen kahden viikon jakson välillä ei havaittu selkeitä eroja päästötasoissa. Nuuskijalla mitatut päästöt olivat tosin sanoen samalla tasolla ennen ja jälkeen pyörien- ja alustanpesulaitteen käyttöönoton. Kuvassa havaittavat erot Maakirjantien joidenkin katuosuuksien päästöjen välillä johtuivat ensimmäisellä mittausviikolla havaituista korkeista päästötasoista, eikä siis renkaiden- ja alustanpesulaitteen käyttöönotosta. Ensimmäisen viikon perjantaina tehdyllä katujen puhdistuksella voi olla ollut vaikutusta päästöihin.

Silmämääräisesti arvioiden suuria irtoainespaakkuja ei pyörien- ja alustanpesulaitteen käyttöönoton jälkeen enää esiintynyt (Aleksi Malinen, suullinen tiedonanto). Päästötasojen säilymiseen arvioitiin olevan monia syitä. Katualueiden puhdistukset tehtiin imulakaisukoneella, joka ei ole poistanut PM₁₀-pölyä tehokkaasti kadun pinnoilta (vrt. KAPU-kalustomittaukset). Lisäksi arviolta jopa puolet työmaaliikenteestä ajoi pesulaitteiston ohitse. On myös mahdollista, että ajoneu-

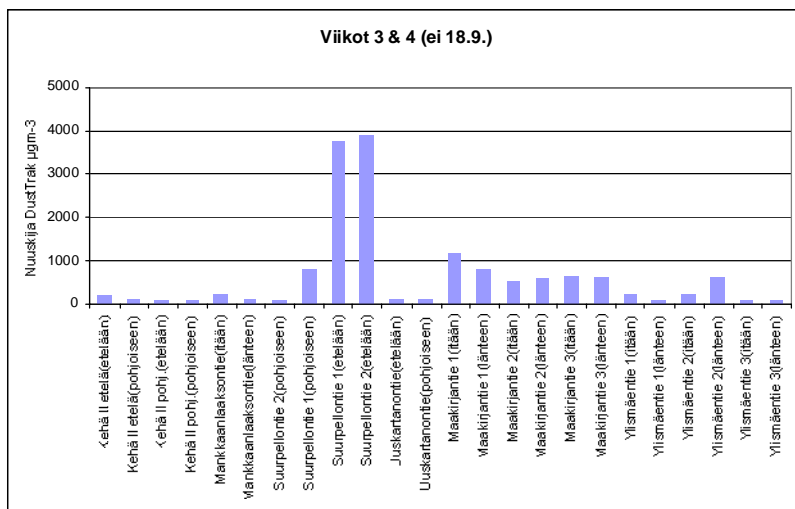
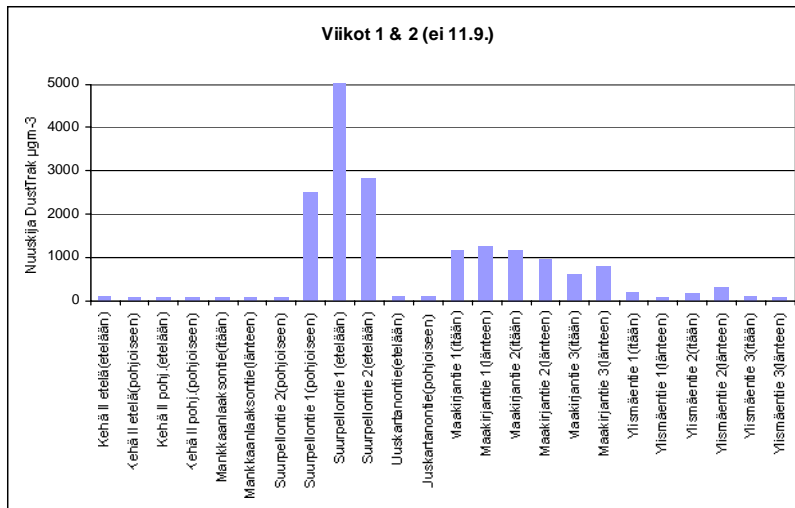
vojen viipymä laitteessa on ollut liian lyhyt. Tällaisessa tapauksessa pesu kostuttaa ajoneuvon kiinnittyneen irtoaineksen, joka esimerkiksi katukivetystä ylittäessä voi pudota kadulle. On mahdollista, että vähäinenkin ajoneuvomäärä voi tällaisissa tapauksissa liata kadun.

Toisaalta on mahdollista, että pesulaitteisto ei ole onnistunut poistamaan hienoaainesta ajoneuvojen pinnoilta ja renkaista vaan ajoneuvojen mukana sitä on levinnyt edelleen kaduille. Syinä tähän on voinut olla se, että ajoneuvot eivät ole ajaneet laitteiston läpi ja/tai niiden viipymä laitteessa on ollut liian lyhyt (valmistajan suositus 1 minuutti). Lisäksi ajoneuvosta valuvien pesuvesien mukana voi irtoainesta kulkeutua kaduille pesun jälkeenkin.

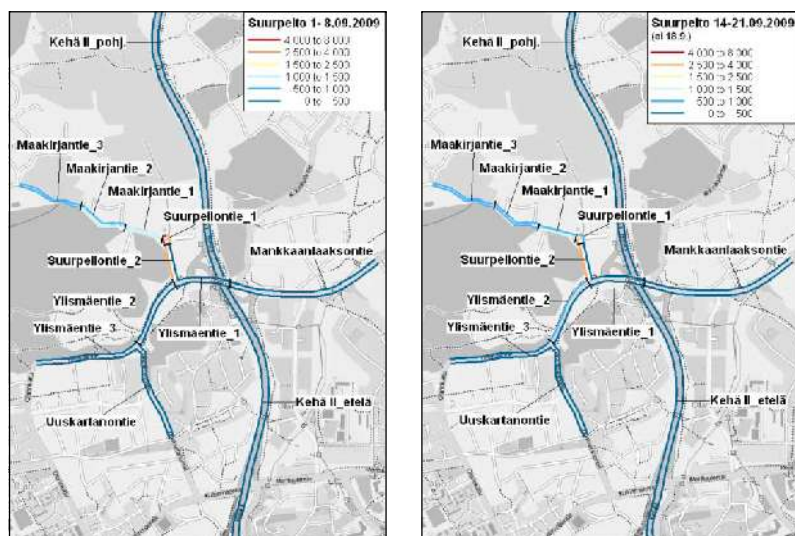
Nyt tehtyjä tutkimuksia kannattaa jatkaa, jotta voidaan tehdä lopullisia johtopäätöksiä alustan ja renkaiden pesulaitteiston tehokkuudesta pölyntorjunnassa. Jatkotutkimuksissa kadunpuhdistukseen kannattaa kiinnittää huomiota ja esimerkiksi käyttää painepesua ja/tai tehokkaampaa puhdistuskalustoa. Työmaaliikenne tulee tehokkaammin ohjata pesulaitteistoon ja ajoneuvojen viipymä laitteistossa tulee optimoida esimerkiksi valo-ohjauksella.



Kuva 53. Nuuskija-päästöt TEOM-laitteistolla mitattuna ennen (yläkuva) ja jälkeen (alakuva) renkaiden ja alustanpesulaitteiston käyttöönoton.



Kuva 54. Nuuskija-päästöt DustTrak-laitteistolla mitattuna ennen (yläkuva) ja jälkeen (alakuva) renkaiden ja alustanpesulaitteiston käyttöönoton.



Kuva 55. Nuuskija-päästöt DustTrak-laitteistolla mitattuna ennen (vasen kuva) ja jälkeen (oikea kuva) renkaiden ja alustanpesulaitteiston käyttöönoton.

Johtopäätöksiä

Rakennustyömaat vaikuttavat lähialueiden/lähialueiden katujen pölypäästöihin ja vaikutus tulee esille erityisesti kesäaikaan, kun katupölypäästöt ovat alentuneet. Tästä on mittausnäyttöä jo useasta kaupungista. Työmaiden pölyvaikutus vaihtelee ja se riippuu työmaan luonteesta (miten pölyvää toimintaa tehdään, kuinka paljon työmaaliikenteen mukana kulkeutuu pölyvää ainesta päälylystämättömiltä pinnoilta) ja siitä millaisia puhdistustoimenpiteitä työmailta vaaditaan.

3.5 Talviaikaisen kunnossapidon ja liukkaudentorjunnan toimet pölyn vähentämisessä

Työpaketti 4:n tarkoituksena on selvittää talvikunnossapidon (auraus ja lumen poisvienti, liukkaudentorjuntamenetelmät) mahdollisuuksia kevätpölykauden ennaltaehkäisemisessä. Auraukseen ja lumen poisvientiä on selvitetty katupölyongelman kannalta Helsingin kaupungin ilmansuojeluohjelman vaikutusarvioiden yhteydessä^{42 43}. Selvityksessä koottiin lähinnä lumen kiintoainespitoisuustietoja kotimaiseen laajakhon tutkimushankkeeseen perustuen^{44 45} ja otettiin kantaa kysymykseen, voisiko aurauksella ja lumen poisviennillä saada hyötyjä katupölykauden torjunnassa. Selvityksen päätuloksia:

- Kaupunkialueiden lumen ja jään sekaan varastoituvan pölyn tarkka määrä ei ole tällä hetkellä tiedossa, etenään hengitettävien hiukkasten kokoluokassa.
- Keskusta-alueilla kadunvarren luminäytteissä voi olla jopa 15–20-kertaisia kiintoainespitoisuuksia (1 000–1 900 mg/l) verrattuna kaupunki-alueiden koskemattomaan lumeen (66–90 mg/l)^{44 45}. Kaupunki-alueen ulkopuolella kiintoainespitoisuudet ovat alhaisempia.
- Liikennetiheys vaikuttaa kiintoaineen määrään. Luulajassa tehdyssä tutkimuksessa on havaittu, että vilkkaasti liikennöidyn kadun (KVL 20 000) varrelta otetun luminäytteen kiintoainespitoisuus (1972 mg/l) oli noin kaksinkertainen verrattuna hiljaisempaan katuun (876 mg/l) (KVL 4 500)⁴⁴.
- Kaupunkialueilla lumen sulamisen aiheuttama kevätvalunta voi aiheuttaa huomattavan osan vuotuisesta huleveden ainehuuhtoumasta^{44 45}.
- Aurauksella ja lumenkuljetuksella voidaan siirtää varastoitunutta kiintoainesta pois pölyämislle herkemmltä alueilta.
- Lumen mukana poistetaan potentiaalisesti merkittävä määrä likaista pölyvää materiaalia.

Hankkeen aikana koottiin laaja aineisto liukkaudentorjunnan (suolaus ja hiekotus) toimenpidemääristä osallistuja kaupungeissa. Toimenpiteiden jälkeistä väli-töntä vaikutusta pölyn muodostumiseen ja päästöihin mittausta ei tässä hankkees-

⁴² Kupiainen K. & Tervahattu H. 2007. Asiantuntijalausunto: Helsingin ilmansuojelun toimintaohjelmassa esitettävien katupölyä torjuvien toimenpiteiden vaikutusarviointi. Nordic Envicon Oy, 23.11.2007.

⁴³ Viinanen J. & Pitkänen E. (toim.) 2008. Helsingin kaupungin ilmansuojeluohjelma 2008-2016. Terveys- ja ympäristövaikutusten arviointi. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 12/2008. 48 s.

⁴⁴ Kotola J. & Nurminen J. 2003. Kaupunkialueiden hydrologia – valunnan ja ainehuuhtouman muodostuminen rakennetuilla alueilla. Osa 1: Kirjallisuustutkimus. Teknillisen korkeakoulun vesitalouden ja vesirakennuksen julkaisuja 7. Espoo 2003.

⁴⁵ Kotola J. & Nurminen J. 2003. Kaupunkialueiden hydrologia – valunnan ja ainehuuhtouman muodostuminen rakennetuilla alueilla. Osa 2: Koealueututkimus. Teknillisen korkeakoulun vesitalouden ja vesirakennuksen julkaisuja 8. Espoo 2003.

sa tutkittu. Aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu, että hiekoitus lisää pölynmuodostumista ja päästöjä, ja että pölyn muodostumista on mahdollista vähentää materiaalivalinnoilla (Taulukko 11).

Taulukko 11. Tutkimustuloksia talvihiekoituksen pölyvaikutuksista (muokattu^{42,43}).

Pölyvaikutus	Vaikutus	Tutkimus
Hiekoitus lisää päästöjä ja pölyn muodostusta	Kokonaispölyn muodostuminen lisääntyi heti hiekoituksen jälkeen 3–6-kertaiseksi Mallaskadun tunnelissa (raekoko 1/6 mm, levitysmäärä 250 g/m ²)	Mustonen & Valtonen 1998 ⁴⁶
	PM ₁₀ -pölyn muodostuminen lisääntyi heti hiekoituksen jälkeen 15-kertaiseksi Nuuskijalla tehdyissä kuivan ja lumetoman kelin tiemittauksissa (raekoko 1/6mm, levitysmäärä 500 g/m ²)	Kupiainen ym. 2007 ¹⁰
	PM ₁₀ -pölyn muodostuminen koeradalla oli hiekoituksen jälkeen n. 2-14-kertainen (vaihteli eri hiekoitusmateriaalin ja mittarenkaan vaikutuksesta) (pesuseulottu sepeli, raekoko 1/6mm ja 2/6mm, levitysmäärä 300 g/m ²)	Kupiainen 2007 ¹¹
	PM ₁₀ -pölyn muodostuminen koeradalla oli hiekoituksen jälkeen n. 7–22-kertainen (vaihteli eri hiekoitusmateriaalin vaikutuksesta) (raekoko 0/8mm, levitysmäärä 500 g/m ²)	Gustafsson ym. 2005 ⁸
	PM ₁₀ -pölyn muodostuminen lisääntyi heti hiekoituksen jälkeen 1,4-kertaiseksi tienvarsimittauksissa lumisella kelillä	Kantamaneni ym. 1996 ⁴⁷
	PM ₁₀ -pölyn muodostuminen oli 2,5 tuntia hiekoituksen jälkeen 1,75-kertainen kuivalta tieltä (levitysmäärä 150 g/m ²). Vaikutus kesti 8 tuntia tai 2 500 ajoneuvo-ohitusta. (TRAKER-ajoneuvomittaukset)	Kuhns ym. 2003 ⁷
	PM ₁₀ -pölyn muodostuminen oli hiekoituksen jälkeen n. 2-kertainen ja oli sillä tasolla kaksi päivää hiekoituksen jälkeen. (TRAKER ajoneuvomittaukset)	Gertler ym. 2006 ⁴⁸
	Pölyn muodostumisessa havaittiin huippu pian hiekoituksen jälkeen, jonka jälkeen päästö/muodostuminen alkoi laskea lineaarisesti. Päästötaso oli laskeutunut hiekoitusta edeltävälle tasolle 4–8 tunnissa.	Kuhns ym. 2003 ⁷ ; Kupiainen ym. 2007 ¹⁰
Pesuseulonta 0/6mm -> 1/6mm	vähensi 20 % kokonaispölynmuodostusta koeradalla (levitysmäärä 250 g/m ²)	Mustonen & Valtonen 2000 ⁴⁹
Pesuseulonta 1/6mm -> 2/6mm	vähensi 20–25 % PM ₁₀ -pölynmuodostusta koeradalla (levitysmäärä 300 g/m ²)	KAPRO-hanke (esim. Kupiainen 2007 ¹¹)
Hiekoitussepin lujusominaisuuksien parantaminen	Hyvän lujusominaisuuden murske (Koskenkylän louhos) vähensi pölynmuodostusta 30 % verrattuna heikompaan Rappukallion murskeeseen koeradalla (levitysmäärä 250 g/m ²). Vastaavat tulokset saatiin sekä 0/6 että 1/6mm raekoilalla	Mustonen & Valtonen 2000 ⁴⁶
	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 1 000 g/m ² raekoko 2/6 mm.	KAPRO-hanke (esim. Kupiainen 2007 ¹¹)

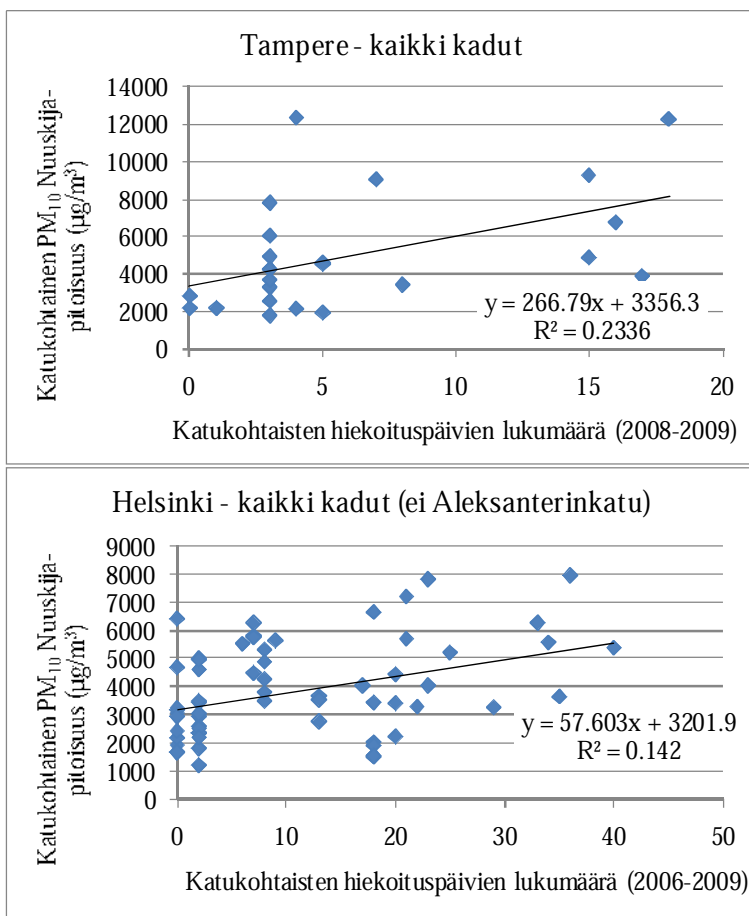
⁴⁶ Mustonen J. & Valtonen J. 1998. Mallaskadun katupölytutkimus. Helsingin kaupungin rakennusviraston katuosaston selvityksiä 1998:3. Espoo 1998.

⁴⁷ Kantamaneni R. ym. 1996. The Measurement of Roadway PM10 Emission Rates Using Atmospheric Tracer Ratio Techniques. Atmospheric Environment 30, 4209-4223.

⁴⁸ 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.

⁴⁹ Mustonen J. & Valtonen J. 2000. Katujen kunnossapitotyöntekijöiden pölyaltistuksen vähentäminen katujen pölynpoistotyössä. Teknillinen korkeakoulu. Espoo.

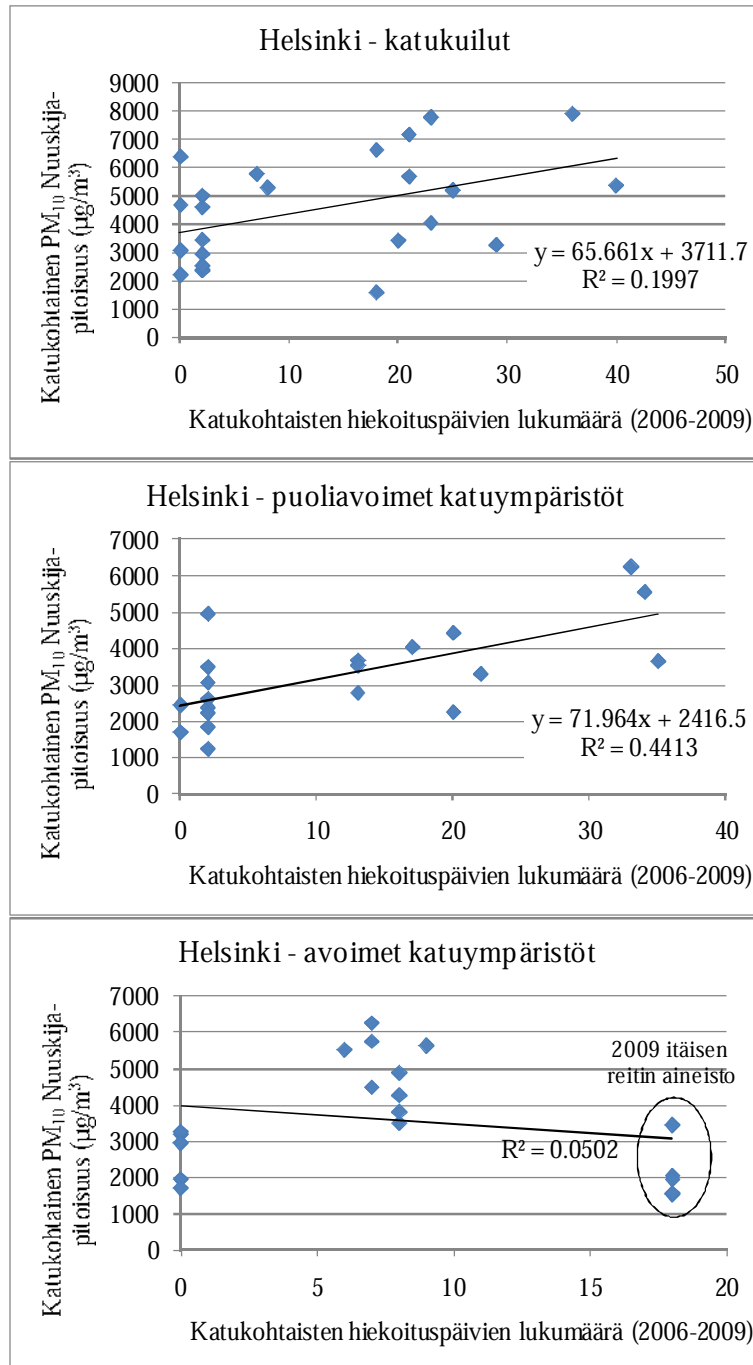
KAPU-hankeessa kerättyjä katukohtaisia liukkaudentorjunnan toimenpidemääriä vertailtiin alkukevään katukohtaisiin maksimipäästöihin Tampereen ja Helsingin aineistoissa. Kuvassa 56 on tarkasteltu molempien kaupunkien kaikkien katujen hiekoituspäivien lukumäärien ja kevään maksimipäästöjen suhde. Katujen välillä on hajontaa, mutta tulokset näyttäisivät viittaavan, että hiekoituspäivien lukumäärien lisääntyessä myös katujen päästötasot ovat taipuvaisia olemaan korkeammalla tasolla. Alhaisilla hiekoitusmäärillä on havaittu keskimäärin noin 3 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ päästöjä, kun taas korkeammilla hiekoitusmäärillä päästöt ovat olleet noin kaksinkertaiset tai suuremmat. Tampereella päästötaso on noussut voimakkaammin hiekoituspäivien lukumäärän mukana. Kaupunkien väliseen eroon on voinut vaikuttaa esimerkiksi hiekoitusmateriaali. Tampereella on käytetty pesemätöntä sepeliä, Helsingissä pesuseulottua 1–6 mm:n raekoon sepeliä.



Kuva 56. KAPU-reitin katujen hiekoituspäivien lukumäärät ja kevään maksimipäästöjen suhde Tampereella (2008 ja 2009 aineisto) ja Helsingissä (2006–2009 aineisto).

Helsingin aineistoa rajattiin edelleen koskemaan erilaisia katu ympäristöjä. Katukuiluissa ja puoliavoimissa katu ympäristöissä katukohtaisten hiekoituspäivien lukumäärien kasvaessa myös kevään maksimipäästöt olivat korkeammalla tasolla. Katukuiluissa (pl. Aleksanterinkatu) päästötaso oli jonkin verran korkeampi kuin puoliavoimissa katu ympäristöissä. Avoimissa katu ympäristöissä ei selvää yhteyttä hiekoituspäivien lukumäärien ja päästöjen välillä ollut nähtävissä. Osaltaan syynä on voinut olla avoimien katu ympäristöjen parempi tuulettuminen. Toisaalta avoimet katu ympäristöt ovat kaikki reitin itäosalta, jossa hiekoituksen käyttö KAPU-reitin kaduilla on ollut yleisesti ottaenkin vähäisempää. Hiekoituksen

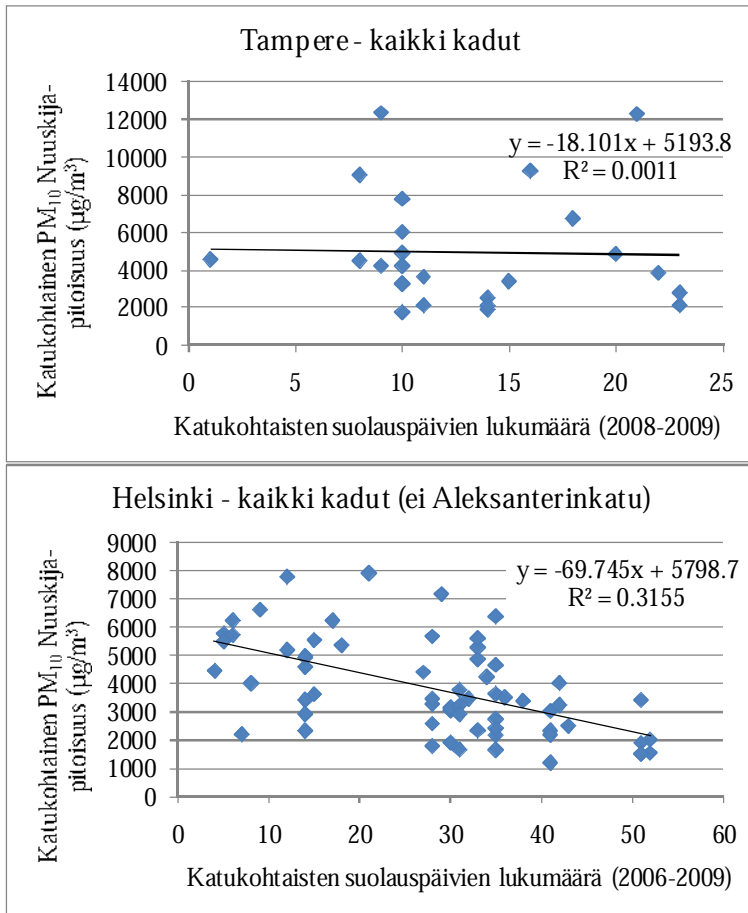
ohella käytettiin runsaasti suolausta, joka osaltaan on voinut vaikuttaa päästösoa alentavasti (Kuva 57).



Kuva 57. KAPU-reitin katujen hiekoituspäivien lukumäärät ja kevään maksimipäästöjen suhde Helsingissä (2006–2009 aineisto) eri katuypäristöissä.

Kuvissa 58 ja 59 on esitetty KAPU-reitin katujen suolauspäivien lukumäärät ja kevään maksimipäästöjen suhde Tampereella ja Helsingissä vastaavasti kuin edellä hiekoitukselle. Tarkastelluissa kaupungeissa hiekoitusta korvataan suolauskella olosuhteiden mukaan ja näin ollen voi olettaa, että päästöjen ja suolauspäivien lukumäärien välillä on käänteinen suhde verrattuna siihen, mitä havaittiin hiekoituksen ja päästöjen välille. Tämä pitääkin paikkansa Helsingissä, mutta ei

yhtä selvästi Tampereella. Helsingissä vastaava yhteys havaittiin kaikissa katu-
ympäristöissä (kuva 59).

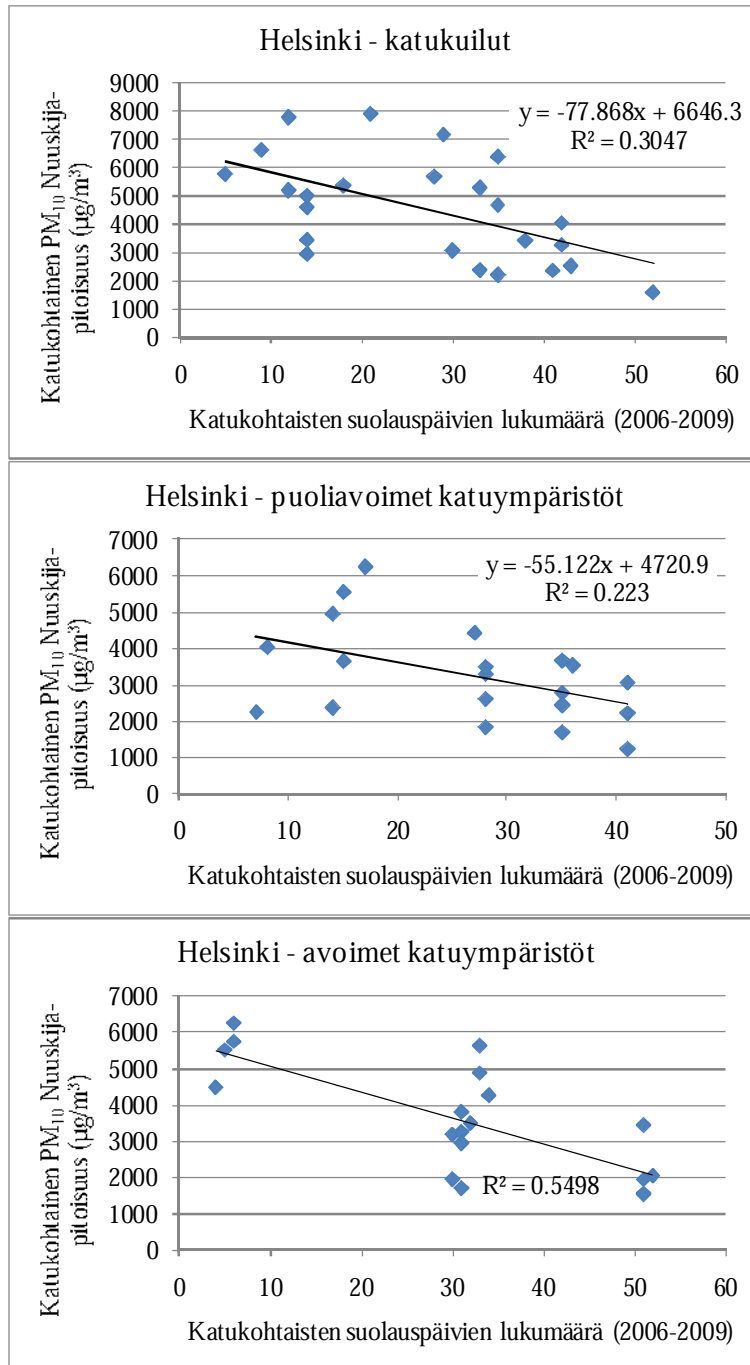


Kuva 58. KAPU-reitin katujen suolauspäivien lukumäärät ja kevään maksimipäästöjen suhde Tampereella (2008 ja 2009 aineisto) ja Helsingissä (2006–2009 aineisto).

Hiekoitus- ja suolauspäivien lukumäärien ja päästötasojen vertailu osoittaa, että hiekoituksen käytön kasvaessa KAPU-aineistossa on havaittu korkeampia päästöjä ja käänteisesti suolauksen käytön kasvaessa on havaittu alhaisempia päästöjä, koska riippuen talviolosuhteista hiekoitus ja suolaus ovat vaihtoehtoisia liikaudentorjuntamuotoja tarkastelluissa kaupungeissa. Katukohtaista hajontaa on esiintynyt, mutta tämä on odotettavissa, sillä muut talvikunnossapidon toimet, kuten auraus, lumien kuljetus ja kiinteistöjen hiekoitus, todennäköisesti vaikuttavat myös katukohtaisiin päästöihin. Lisäksi talviolosuhteet vuosien välillä ovat vaihdelleet, mikä voi vaikuttaa esim. lumisuuteen ja näin ollen pölyn varastoitumiseen.

KAPU-reitin kaduille kertyneiden hiekoituspäivien lukumäärä todennäköisesti myös korreloi yleisesti lähikaduilla käytetyn hiekoituksen kanssa, ja näin ollen päästötasoihin on voinut vaikuttaa myös muualla kuin KAPU-reitin kadulla muodostunut pöly. Aineisto kuitenkin osaltaan tukee johtopäätöstä, että hiekoituksella on katupölypäästöjä kasvattava vaikutus ja näin ollen hiekoitusta korvaamalla vähennetään katupölyn määrää. Tässä yhteydessä on hyvä huomata, että nastarenkaiden käyttöaste on Suomessa varsin korkea. Noin 90 prosenttia henkilöautoista käyttää nastarenkaita. Hiekoituksen ohella nastarenkaiden aiheuttama

tienkuluma lisää katupölypäästöjä kaupunkialueilla. Nastarenkaiden käyttöasteessa ei oleteta tapahtuneen suuria muutoksia tarkasteltuina vuosina.



Kuva 59. KAPU-reitin katujen suolauspäivien lukumäärät ja kevään maksimipäästöjen suhde Helsingissä (2006–2009 aineisto) eri katuypäristöissä.

4 Hallinnollinen toimintamalli pölyongelmien hallintaan

Työpaketti 5:n tavoitteena oli kehittää toimintamalleja kaupungin virastojen ja kiinteistöjen yhteistoiminnalle pölyongelman minimoimiseksi. Avaintoimijoita ovat esimerkiksi rakennusvalvonta, kadun kunnossapitotoimi, ympäristöviranomaisen, kiinteistöt ja Tiehallinto.

Suomen Kuntaliitto on laatinut ohjeita talvikunnossapidolle ja puhtaanapidolle julkaisussaan: Alueurakointi, Yleinen tehtäväluettelo 2003.

Ympäristönsuojelulain (86/2000) täytäntöön panemiseksi kunta voi antaa ympäristönsuojelumääräyksiä. Ympäristönsuojelumääräysten tavoitteena on paikalliset olosuhteet huomioon ottaen ehkäistä ympäristön pilaantumista siten kuin ympäristönsuojelulaissa on säädetty.

Kadun ja eräiden yleisten alueiden kunnossa ja puhtaanapidosta annetun lain osittaisuudistuksen (547/2005) yhteydessä kunnalle annettiin oikeus antaa tarkempia määräyksiä siitä, miten kadun ja yleisten alueiden kunnossapito talvella, muu kunnossapito sekä puhtaanapito on paikalliset olosuhteet huomioon ottaen hoidettava. Tämä soveltuisi hyvin keinoksi antaa pölyntorjuntaan liittyviä määräyksiä esimerkiksi kiinteistöille.

Esimerkki. Lahden kaupungin kadun ja yleisten alueiden kunnossa ja puhtaanapitoa koskevat määräykset⁵⁰

Määräykset sisältävät asioita, jotka liittyvät pölyntorjuntaan mm:

- Lumen poisto (kuinka nopeasti kultakin luokan kadulta)
- Kiviaineksen poisto (milloin tehtävä, ”ei saa pestä ajoradalle tai sadevesikaivoon”)
- Kiviaineksen raekoko (ei yli 6 mm läpimittaista)
- Kiviaineksen poistamisen pölyntorjunta
- Katujen ja muiden liikennealueiden puhtaanapito.

4.1 Liukkauden torjunta ja talvikunnossapito

4.1.1 Hiekoitus

Liukkauden torjunnassa käytettävän hiekoitushiekan laadulle on syytä asettaa hankinnassa kriteerit. Hiekoitusmateriaali voidaan jakaa hankinnan laadun mukaan karkeasti kahteen luokkaan eli katujen sekä jalkakäytävien ja pyöriteiden materiaali:

1. Kaduille pestyä ja seulottua sepeliä; esimerkiksi kooltaan 1–6 mm.
2. Jalkakäytävillä ja pyöriteillä voidaan käyttää suurempaa; kooltaan 3–6 mm.

Kaupunkialueiden jalkakäytävillä, jotka ovat ajoradassa kiinni tulisi käyttää pestyä ja seulottua sepeliä, koska pöly kulkeutuu sieltä helposti ajoradalle.

⁵⁰ Kadun ja yleisten alueiden kunnossa- ja puhtaanapitoa koskevat määräykset Lahden kaupungissa. KV 13.8.2007.

Syrjäisemmällä jalkakäytävillä ja pyöriteillä, jotka eivät liikenteellisesti aiheuta pölyämistä tai niiltä ei kulkeudu ajoradalle hiekka ja pölyä, voidaan käyttää hiekkaa (0–6 mm). Pyöriteille voidaan käyttää pestyä ja seulottua luonnonhiekkaa, mikä aiheuttaa vähemmän vahinkoa pyörien renkaille. Liikenneturvallisuuden kannalta murskattu, kulmikas sepelirae on kuitenkin turvallisempaa koska se pysyy paremmin paikallaan.

Pesuseulonalla poistetaan alle 1 mm:n jae. Pestylle ja seulotulle sepelille asetetaan sallitulle hienoaineksen osuudelle raja-arvo.

Kriteerien asettamisen jälkeen kaupunki laatii sepelin hankintaohjeen. Ohje tulisi sisällyttää oman hankinnan lisäksi kaupungin urakoitsijoiden sopimuksiin. Kriteerit tulisi saattaa myös kaupungin asettamien määräysten kautta kiinteistöjen velvoitteeksi, mikäli kokonaisvastuuta ei ole otettu kunnalle. Määräykset voidaan asettaa esimerkiksi ympäristönsuojelumääräyksissä tai kadun kunnossa- ja puhtaanapidosta annetun lain nojalla asetetuissa määräyksissä. Kiinteistöille voidaan antaa määräyksiä mm. sepelin laatuvaatimuksista, lumen poistosta ja aurauksen rytmistä, puhdistuslaitteistojen laatuvaatimuksista ja katujen puhtausvaatimuksista. Hankintaohjeen noudattamista varten laaditaan ohjeet laadunvarmennusmenetelmästä. Käytännössä hankitusta sepelierästä otetaan näytteitä, jotka analysoidaan.

Hiekoituksen määrää tulee vähentää kohdistamalla se lähinnä bussipysäkeille, risteyksiin ja ylämäkiin. Jalka- ja pyöriteiden pääasiallinen liukkaudentorjunta tapahtuu kuitenkin hiekoittamalla ja poistamalla lumi. Näillä alueilla voidaan joissain kohteissa, kuten ulkoiluväylillä, käyttää puolihiekoitusta eli hiekoitetaan vain toinen puoli jalkakäytävästä. Helsinki on kokeillut puolihiekoitusta, mutta luopui siitä, koska sen seurauksena tapahtui liukastumisonnettomuuksia.

Esimerkki. Helsingin sepelin hankinta ja laadun varmennus⁵¹

- Hiekoituskiviainekset hankitaan vuosittain rakennusvirastossa kilpailutettujen tarjousten perusteella. Materiaalina käytetään märkäseulottua sepeleä (1–5,6 mm / 3–5,6 mm). Tarjouksessa materiaalin toimittajalta vaaditaan esitettäväksi materiaalista tarvittavat laadunvalvontatutkimustulokset sekä vaadittaessa toimittamaan rakennusviraston katulaboratorioon näyte tarjotusta materiaalista. Tutkimustulosten tulee edustaa toimitettavaa hiekoitusmurske-erää eivätkä ne saa olla neljää kuukautta vanhempia. Tutkimustuloksista tulee käydä ilmi materiaalin rakeisuus ja humus sekä lietepitoisuus. Mikäli tuote-erä muuttuu, tulee myös esittää edellä mainitut tutkimustulokset.
- Materiaalin myyjän tulee huolehtia kaikissa kiviaineksen käsittelyvaiheissa siitä, että haitallista lajittumista ei tapahdu. Kiviaineksen silmämääräisessä tarkastuksessa havaitut viat ilmoitetaan toimittajalle eikä laatuvaatimuksia täyttämätöntä materiaalia vastaanoteta. Myyjän on luovutettava kuormakirja rakennusviraston edustajalle tavaran toimituskohteessa tavaraa luovutettaessa.
- Eri kiviainesmateriaaleille on laadittu rakeisuuskäyrät, joita tulee noudattaa.
- Poikkeamat rakeisuudessa ja lietepitoisuudessa sekä humus johtavat arvovähennyksiin.

⁵¹ Kivinen J. Toimintamalli katupölyn ehkäisemiseksi Helsingissä. Rakennusviraston selvitys 19.12.2006 Kapu1-hankeen yhteydessä.

4.1.2 Suolaus

Suomessa liukkaudentorjuntasuolana käytetään pääsääntöisesti natriumkloridia (NaCl) sen halvan hinnan vuoksi. Toinen yleinen suola on kalsiumkloridi (CaCl₂). Molempien ongelmana on niiden sisältämä kloridi, joka suuressa määrin käytettynä pilaa pohjaveden. Tiehallinto käyttääkin joillakin pohjavesialueilla kaliumformaattia (muurahaishapon suola), joka on huomattavasti kalliimpi ja tehottomampi. Lisäksi pohjavesialueilla rajoitetaan suolausmäärää. Monissa muissa maissa liukkauden torjunta perustuu yksinomaan suolaukseen ja niissä käytetään myös tehokkaampia suoloja kuten kalsiummagnesiumasetaattia (CMA). Suolauksen ongelmana on, että se rapauttaa tienpintaa, betonirakenteita kuten siltoja, ruostuttaa ajoneuvoja ja likaa paikkoja. Suolan käytön lisäämistä hiekoituksen korvauksena tulisi harkita erityisesti merenrantakaupungeissa, joista suola päätyy viemäreitähän pitkin mereen.

Joissakin kaupungeissa suolan käyttö on kokonaan kielletty pinta- tai pohjavesien suojelemiseksi. Tällöin liukkaudentorjunta perustuu hiekoitukseen. Jalkakäytävien suolausta voidaan rajoittaa lähinnä siksi, että rajoitetaan suolakuran kulkeutumista sisätiloihin. Myös lemmikkieläimien tassut voivat kärsiä kuivumisesta tai kirvelystä. Suoranaista terveydellistä haittaa suolalla ei ole.

Liukkaudentorjunta-aineille (ei hiekka tai sepeli) on olemassa ympäristömerkkikriteerit: <http://www.ymparistomerkki.fi/files/570/063liukkaudento20.pdf>

4.1.3 Nastarenkaat vs. kitkarenkaat

Nastarenkaat kuluttavat tienpintaa muita rengastyyppejä enemmän. Kitkarenkaat nostattavat katupölyaikaan nastaja kesärenkaita tehokkaammin aikaisemmin talvella muodostunutta pölyä ilmaan. On myös mahdollista, että ilmastonmuutoksen aiheuttaman talvien lämpenemisen ja kitkarenkaiden kehittymisen seurauksena ei Etelä-Suomen olosuhteissa välttämättä ole jatkossa tarvetta käyttää liikenneturvallisuuden takia nastarenkaita. Toisaalta nastarenkaat lisäävät turvallisuutta ennakoimattomien nollan molemmin puolin vaihtelevissa keleissä, joiden arvioidaan lisääntyvän ilmaston lämmetessä.

Helsingin kaupungin rakennusvirastolta valmistui vuonna 2001 Nastarenkaiden käyttöselvitys, Case Helsinki⁵². Siinä selvitettiin nastaja kitkarenkaiden hyötyjä ja haittoja, nastarenkaiden rajoitusten kansainvälisiä kokemuksia ja lainsäädännöllisiä kysymyksiä. Selvityksessä nastarenkaiden käyttökiellon arvioitiin lisäävän liikennetapaturmia ja liukkaudentorjuntatarvetta kuten hiekoitusta.

Vuonna 2008 valmistui nastavalmistajan Tikka Spikes Oy:n tutkimus, jonka johtopäätöksenä oli, että renkaat ovat riskitekijä 37 prosentissa talvikelionnettomuuksista. Tutkijalautakuntien mukaan kitkarenkaat ovat rengasonnettomuuksissa selvästi yliedustettuna niiden liikenteessä esiintymiseen nähden. Tutkimus koski koko Suomea⁵³.

Suomessa on käytössä nastarenkaiden ajallinen rajoitus. Nastarenkaiden määrää voitaisiin vähentää vaikuttamalla tiedotuksen keinoin autoilijoihin, verotuksella, antamalla alueellisia rajoituksia tai kieltämällä käyttö kokonaan. 1.7.2013 voi-

⁵² Lehmuskoski, V., Eerikäinen, M., Laine, T., Anderson, A. LT-Konsultit Oy. Nastarenkaiden käyttöselvitys. Case Helsinki. Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisut 2001:4. Katuosasto.

⁵³ Tikka Spikes Oy. Rengasriskit 2000-luvun talvikelleillä. J Lahti Interaction 30.5.2008.

maan tulevan nastojen määrään liittyvän asetuksen mukaisesti renkaiden nastojen määrä vähenee 15 %⁵⁴.

EU:n uusi renkaiden merkintäjärjestelmä velvoittaa rengasvalmistajat merkitsemään vuodesta 2012 lähtien kaikki uudet henkilöautojen, kevyiden ja raskaiden kuorma-autojen renkaat (C1-, C2- ja C3-renkaat) helppotajuisilla kuvamerkeillä renkaiden polttoainetehokkuudesta, märkäpidosta ja ulkoisesta vierintämelusta. Polttoainetehokkuus ilmaistaan vihreästä A:sta punaiseen G:hen ulottuvalla asteikolla⁵⁵. Tämän vaikutusta pölyn muodostumiseen ja resuspensioon ei ole tietoa.

Esimerkki. Nastarenkaiden määrän vähentäminen ulkomailla

Tukholmassa autoilijoiden rengasvalintaan on pyritty vaikuttamaan tiedottamisen ja valistuksen keinoin. Ruotsalaisen tutkimuksen mukaan nykyisen nastarenkaiden 70 %:n osuus puolittamisella (30–40 %:iin) voitaisiin alentaa PM₁₀-pitoisuuksia 20–25 % Tukholman keskusta-alueilla^{42 43}. Tukholma on esittänyt myös rajoitetun nastarengaskiellon käyttöönottoa pahimmille kaduille, joilla hiukkasten raja-arvo ylittyy. Kieltoa kokeillaan ensin Tukholman Hornsgatanilla.

Oslossa vähennettiin nastarenkaiden osuutta verotuksen keinoin 82 %:sta 21 %:iin vuosina 1992–2001. Talviaikaisen PM₁₀-pitoisuuden arvioitiin vähenevän 1 µg/m³ nastarenkaiden määrän pienentyessä 10 prosenttia. Vaikutus oli vain murto-osa ruotsalaisten arvioista^{42 43}.

Japanissa säädettiin 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 20 prosenttia^{42 43}.

Japanissa ja Norjassa nastarenkaiden kieltäminen tai rajoitus alkoi 1990-luvun alussa. Niihin aikoihin nastojen kuluttava vaikutus oli huomattavasti suurempi kuin Suomessa nykyisin käytössä olevilla henkilöautojen nastoilla^{41, 42}.

4.1.4 Lumen auraus ja poiskuljetus

Lumen mukana viedään huomattava osa hiekkaa ja pölyä ja siten alennetaan keväisiä hiukkasepisoditilanteita. Ajoradalla olevan lumen poistolla vähennetään myös jäisien polanteiden syntyä sekä nopeutetaan katujen sulamista. Siten keväinen pudistustyö voidaan aloittaa aiemmin. Kappaleessa 3.5 on tarkasteltu lumen kuljetuksen vaikutusta pölypitoisuuteen.

Pölyongelman kannalta merkityksellistä on poistaa lumi ajoradan välittömästä läheisyydestä. Lumenkuljettaminen muualta ei ole pölyntorjunnan kannalta tarpeellista. Runsaslumisia talvia varten tulee olla riittävä määrä lumenkaatoa paikko-

⁵⁴ Liikenne- ja viestintäministeriön tiedote 1.10.2009

⁵⁵ Euroopan parlamentin teema-artikkeli 5.10.2009 <http://www.europarl.europa.eu> > Sisämarkkinat ja teollisuus > "Energiatehokkuilla renkailla pienempiä bensakuluja ja hiilipäästöjä"

ja. Vilkasliikenteisten väylien varsilta lumikasat on poistettava ennen niiden sulamista keväällä.

Esimerkki. Lumenpoisto ja -kuljetus

Helsingissä lunta ajetaan maalle varatuille paikoille, mereen ja sulatetaan merelle menevään jäteveteen. Lumen ajaminen mereen aiheuttaa lähinnä roskaantumisongelman. Maakaatopaikat ovat ympäristöystävällisempiä, mutta Helsingistä on vaikea löytää uusia paikkoja.

Helsingissä rakennusvalvontavirasto valvoo kevyenliikenteen väylien (kiinteistöt ja HKR) talvikunnossapitoa. Tarvittaessa asiasta huomautetaan. Ajoradat eivät kuulu rakennusvalvontaviraston talvikunnossapidon valvontaan. Helsingin ilmansuojeluohjelman⁵⁶ mukaan lumen kuljetusta tehostetaan:

- Kasaamalla lumet sellaiseen paikkaan, josta ne on helppo kuljettaa lumenkaatopaikalle.
- Pyrkimällä kadun puhdistuksesta vastaavien toimijoiden väliseen yhteistyöhön lumen kuljetuksissa.
- Selkeyttämällä vastuut ja velvoitteet lumen aurauksen ja poiskuljetuksen osalta.
- Hankkimalla kalustoa, jolla voidaan nykyistä paremmin poistaa lumi katuvarsilta.
- Tehostamalla valvontaa.

4.2 Pölyn sidonta

Pölynsidonnan tuloksia on esitelty kappaleessa 3.2.8. Pölyn sidonnassa käytetään Suomessa pääosin kalsiumkloridia. Pölynsidonta on todettu tehokkaaksi keinoksi alentaa pölypitoisuuksia. Sillä ei voida ratkaista pölyongelmaa vaan pelkästään lievitetään oireita. Myös muurahaishapon suolaa on kokeiltu Oulussa, mutta siitä on luovuttu. Kalsiumkloridin etuna on sen halpa hinta. Ruotsissa pölynsidonnessa on käytetty myös CMA:ta. Ruotsalaisten tutkimusten mukaan se on teholtaan samaa luokkaa CaCl_2 :n kanssa.

Suolan vaikutus on verrannollinen ilmankosteuteen, joten kuivalla ilmalla se ei toimi. Suola vaikuttaa useita päiviä. Kuivinakin päivinä yökosteuden ansiosta se sitoo pölyä ainakin aamuruuhkan ajan.

Pölynsidonta-aine voidaan levittää koko ajoradan leveydelle käyttämällä esimerkiksi takapalkkia, jossa on reikiä. Tällöin suolaliuoksen väkevyyden tulisi olla maksimissaan 5 %, jottei aiheuteta välittömästi levityksen jälkeen liukkautta ajoradalle. Toinen tärkeä seikka on varmistaa, ettei liuosta valu liikaa tielle esimerkiksi silloin kun pysähdytään liikennevaloisiin. Levitystä ei voida tehdä kovalla pakkasella (noin alle $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$), jotta vältetään tienpinnan ja laitteen jäätymiseltä.

Viime vuosina on kehitetty suolaliuoksen levittämiseen täsmälaitteita, joilla saadaan liuos haluttuun paikkaan kuten reunakiven vierustaan (katuojaan) 1–1,5 m leveydelle. Tällöin voidaan käyttää huomattavasti väkevämpää liuosta ilman, että on vaaraa liukkauden syntymisestä. Väkevämpää liuosta voidaan myös käyttää alhaisemmissa lämpötiloissa.

⁵⁶ Helsingin kaupungin ilmansuojelun toimintaohjelma 2008–2016. Ilmansuojelutyöryhmä. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 10/2008.

Esimerkki. Täsmälevitys Vantaalla

Vantaan kehittämä täsmälevityslaite on esitetty kuvassa 31. Vantaa otti käyttöön keväällä 2009 itse kehittämänsä täsmälevittimien. Kokemukset ovat olleet hyviä, tosin käyttökokemukset ovat vielä lyhyet eli keväältä 2009 tehdyistä testeistä ja kahdesta käyttökerrasta. Levitin on nopea ottaa käyttöön ja se on halpa, koska se on suolanlevittimen lisälaitteeksi kehitetty. Levitys tehdään säätösuuttimella ja tilanteen mukaan levityskuviota voidaan säätää (max n. 1 m leveä suihku) ja sitä voidaan käyttää oikealle tai vasemmalle puolelle levittämiseen. Tällä hetkellä levittämiä on 4 kpl, ja ne kaikki on rakennettu Vantaan kaupungin omalla varikolla.

Kokeilujen mukaan toimivin seos on ollut 1/3 osa 32 % CaCl₂-liuosta ja 2/3 vettä, josta tulee noin 10 % seos. Levittimet on kehitetty Epoke-nimiseen suolauslaitteeseen lisälaitteeksi. Ongelmana ovat olleet liuossäiliöiden koot eli ne ovat 3 m³ ja kiinteää 6 m³, joten levitettäessä joutuu usein hakemaan lisää liuosta. Keväällä niissä on pesuvarustus, jolloin kuormassa on jopa yli 10 m³ liuosta mukana. Toinen haitta on kova tuuli, joka aiheuttaa levityssuihkun hajoamista (E. Tammiston kirjallinen tiedonanto).

Esimerkki. Täsmälevitys Helsingissä

Helsingin kehittämä täsmälevityslaite on esitetty kuvassa 31. Helsingissä käytetään pölynsidontaan keskustan pääkaduilla yleensä tavallista, kuorma-auton päällä olevaa hiekoitinta, joka on varustettu liuossäiliöin. Normaalisti liukkaudentorjunnassa liuos levitetään levityslautasen kautta. Tähän on lisätty suutin ja venttiili, jotta liuos saadaan kohdistumaan kadun oikeaan reunaan riittävän tarkasti. Samanlainen suutinvarustus on myös vaihtolavarunkoisessa levityspumpulla varustetussa liuossäiliössä, jota käytetään yleensä sorateiden, puistokäytävien ja hiekkakenttien kesähoidossa (S. Ilvosen kirjallinen tiedonanto).

Esimerkki. Täsmälevitys Espoossa

Espoon kehittämä täsmälevityslaite on esitetty kuvassa 31. Espoossa sirotinautomaatteihin kehitetty täsmälaitteella voidaan sitoa tehokkaasti risteysalueilla ja ajoradan reunoissa oleva pöly- ja hiekkakerros. Levityslaite voidaan kääntää niin, että pölynsidontaa voidaan suorittaa myös keskikorokkeiden vieressä ajamatta vasten liikennettä. Kalsiumkloridiliuosta ei levitä asfalttipinnoille koko ajoradan leveydelle, koska tekee asfaltin pinnan liukkaaksi. Toisaalta liikenteen ilmapurrojen johdosta enimmäkseen pölyt ovat ajoradan reunoissa. Pölynsidontaa on tehty pääasiassa joukkoliikenneväylillä, joissa Espoossa on suurimmat liikennemäärät. Asuinkaduilla pölynsidontaa ei ole tehty. Sirote- ja kivituhkapintaisille ajoradoille on tarvittaessa levitetty liuosta koko ajoradan leveydelle.

On kuitenkin huomattava, että kalsiumkloridi tosiaan sitoo kaiken ajoradan reunoissa olevan materiaalin. Tästä aiheutuu hiekan nostolle ongelmia, koska "kitautunut" aines joudutaan keräämään useammilla ajokerroilla.

Liuos valmistetaan Olarinniityn siilossa. Liuoksen valmistus ja varastointi on tällä hetkellä suurin ongelma. Suunnitteilla on Olarinniityn siiloon laajennus, jolloin sinne tehdään n. 150 m³:n kokoinen allas. Nykyinen allas on 36 m³.

Espoossa käytössä olevien sirotinautomaattien säiliöt ovat yleensä tilavuudeltaan n. 2 m³. Siiloon mahtuu tällä hetkellä vain yksi auto kerrallaan tankkaamaan. Jos molemmat tiemestaripiirit suorittavat pölyntorjunnan samana yönä liikenteessä on kymmenkunta autoa ja alkuporrastuksesta huolimatta syntyy jonoa. Liuosta täy-

tyy myös välillä valmistaa lisää, mikä osaltaan lisää odotusaikaa. Suola on tonnin säkeissä, jotka nostetaan pyöräkuormaajalla altaan yläpuolelle ja puhkaistaan siinä. Altaassa on pumppu, joka sekoittaa liuksen. Liuos on käytännössä heti käyttövalmis (H. Laine kirjallinen tiedonanto).

4.3 Puhdistus

Laki kadun ja eräiden alueiden kunnossa- ja puhtaanapidosta määrää, että kaupunkialueen kadun sekä jalkakäytävän talvikunnossapidon, pölyntorjunnan ja puhdistamisen vastuu on tontinomistajalla. Tämä on yleinen käytäntö Suomen kunnissa. KAPU-projektiin osallistuneista kunnissa, lukuun ottamatta Helsingin kantakaupunkia, kunta on ottanut kokonaisvastuun itselleen. Helsingin kantakaupungissa vastuu jakautuu rakennusvirastolle (HKR), liikennelaitokselle (HKL) (raitiotiealueet) ja kiinteistöille. Koska kokonaisvastuuta ei ole haluttu ottaa kaupungille, aiheuttaa se moninkertaisten resurssien käyttöä. Esimerkiksi yhtä yksittäistä katua ja sen jalkakäytäviä käyvät puhdistamassa kaikkien kiinteistöjen kiinteistöhoito-yhtiöt, HKR ja HKL. Vastuujaosta on myös muodostunut hyvin monimutkainen. Tiehallinto (1.1.2010 Liikennevirasto) vastaa kaikista maanteistä.

Keväinen puhdistustyö aloitetaan, kun lumi ja jää on sulanut kaduilta. Mahdollisuuksien mukaan olisi tarpeellista puhdistaa katuja jo aiemminkin leutoina kausina, jolloin vähennetään kaduille varastoitunutta pölyä ja siten lievennetään kevään katupölykautta.

Urakoitsijoiden tarjouspyynnöissä ja sopimuksissa tulisi määritellä haluttu kadun puhtauden taso ja velvoite suorittaa pölynsidontaa. Lisäksi voitaisiin ainakin suuntaa-antavasti antaa vaatimuksia käytettävästä tekniikasta. Puhtaustaso voidaan arvioida silmämääräisesti ja mahdollisesti tulevaisuudessa mittaamalla kadun pinnan päästötaso. Kappaleessa 2 on esitetty arviot katujen puhtaustasosta Nuuskija-mittauksien perusteella. Vantaalla on nykyisin sopimuksissa määritely, että tulee käyttää alipaineperiaatteella toimivaa harjausta. Urakoitsijoille on annettu 20 arkipäivää aikaa tehdä puhdistustoimenpiteet määräyksen antamisen jälkeen (E. Tammiston suullinen tiedonanto).

Pölynpoistoon (PM₁₀) erikoistuneita laitteita on vasta hiljattain otettu käyttöön. Kappaleessa 3.3 on käsitelty kalustoa tarkemmin. Nykykalusto ei ole tehokasta akuuttiin pölyntorjuntaan. Laitteilla on kuitenkin huomattava merkitys puhdistukseen pidemmällä tähtäimellä, sillä ne poistavat lisäpölyä synnyttävän lähteen. Kadunpinnan puhdistustason lisäksi tulee kiinnittää huomiota siihen, kuinka kone puhdistaa kadulta imetyn pölyn ja millaiset sen pakokaasupäästöt ovat. Työkooneille on tällä hetkellä voimassa Euro III- ja tulossa 2010-luvulla Euro IV - pakokaasustandardit, jotka asettavat raja-arvot pakokaasujen hiukkaspäästöille. Puhdistusilman suodatuksella on merkittävä vaikutus laitteen ulos puhaltaman ilman PM₁₀-pitoisuuteen.

Pinnan puhdistukseen valitaan konetyyppi alueen mukaan. PM₁₀-pölynpoistoltaan tehokkaimpia peseviä imulakaisukoneita olisi syytä käyttää esimerkiksi kaupunkien keskustoissa. Jalkakäytävien puhdistukseen ne eivät suuren kokonsa vuoksi yleensä sovellu. Jalkakäytävien ja esikaupunkialueiden hiljaisimpien katujen puhdistukseen nykykalusto soveltuu hyvin. Talviaikaiseen puhdistukseen pakkauskoneilla soveltuu imulakaisukone, joka ei käytä vettä.

Mikäli pölyäminen jatkuu puhdistamisen jälkeen ja näkyvää likaa ei ole tulee kadun pesua toistaa. Tehokkain pesu tapahtuu painepesulla. Pesuvedessä käytetty pesuaineen ei ole todettu tehostavan puhdistusta.

Esimerkki. Katujen puhtausvaatimuksista

Katujen puhtaustason osalta Helsingin kaupungin rakennusvirasto on esittänyt, että nykyiselle puhdistuskalustolle voisi käyttää esimerkiksi seuraavia (Nuuskija-auto) ohjearvoja:

- puhdas alle 1 000 µg/m³
- riittävät toimenpiteet (kohtuukustannuksin ei parempaan päästä) 1 000–4 000 µg/m³
- lisätoimenpiteitä vaaditaan yli 4 000 µg/m³
- pidemmillä kaduilla tarkastellaan katuosuuksittain.

Esimerkki. Helsingin katujen puhdistusmenetelmä

- Tiedotetaan kiinteistöille puhdistuksen aloituksesta.
- Katu merkitään siirtokehotuskyltillä.
- Puhdistusta haittaavat ajoneuvot siirretään puhdistuksen tieltä (n. 3 000 ajoneuvoa joka kevät)
- Katu kastellaan pölyämisen ehkäisemiseksi (vedellä tai CaCl₂-liuoksella).
- Karkea hiekanpoisto tehdään harjakoneella ja pyöräkuormaajiin asennetuilla hiekannostokauhoilla.
- Imulakaisukoneella puhdistetaan katu.
- Katu huuhdellaan pesuauton vesisuihkulla.
- Uusi puhdistus tarpeen mukaan.



Kuva 60. Siirtokehotuskyltin asennus, ajoneuvon siirto, karkean hiekan poisto, imulakaisu ja pesu.

4.4 Rakennustyömaat

Pölyn torjunnan kannalta huonosti hoidetut työmaat voivat olla hyvinkin merkittävä pölynlähde paikallisesti ja katuympäristöissä, joita pitkin työmaa-ajoneuvot kulkevat. Kappaleessa 3.4 on esitelty tutkimustuloksia rakennustyömaiden pölyvaikutuksista. Lontoo on laatinut ohjeen rakentamiselle ja purkamiselle. Ohjeet on annettu kolmiportaisen riskijaottelun (matala-, keski- ja korkeariski) mukaan kulkelekin toiminnalle kuten kuormaukselle, ajoneuvoille, kaivuulle, leikkuutyölle ja purkutyölle⁵⁷.

⁵⁷ The control of dust and emissions from construction and demolition. Best Practice Guidance. Mayor of London. November 2006.



Kuva 61. Rakennustyömaa Helsingin Teerisuontiellä. Kohteessa oli katutyömaa ja suurrehko rakennustyömaa, joista aiheutui erityisesti lähistön asutukselle haittaa.

Rakennustyömaiden pölyn valvonta ja määräysten antaminen vaihtelee kunnittain. Pölyntorjuntaa koskevia määräyksiä voi olla:

- Rakennusluvissa
- Rakennusjärjestyksessä
- Ympäristönsuojelumääräyksissä
- Ympäristönsuojelulain (YSL) 60 §:n mukaisissa päätöksissä (meluilmoitus)

Lisäksi:

- Ympäristönsuojelulain 85 §:n mukaan voidaan määrätä ilmanlaadun turvaamisesta.
- Maankäyttö- ja rakennuslaki 16 ja 18 § ja -asetus 83 § antaa mahdollisuuden määräyksiin.
- Terveysturvallisuuslain 51 § perusteella voidaan myös antaa määräyksiä terveyshaitan poistamiseksi.

Valvonta kuuluu sille taholle, joka määräykset antaa. Esimerkiksi suuret työmaat joutuvat tekemään YSL 60 §:n mukaisen meluilmoituksen kuntien ympäristöviranomaisille. Tällöin on luontevaa antaa samalla myös pölyntorjuntatoimenpiteistä määräyksiä. Valvontaviranomaisten ongelmana on toimivallan ja valvontaresurssin suppeus. Pienemmille työmaille ei yleensä ole annettu määräyksiä tai ohjeita. Espoossa on joissain tapauksissa pienillekin työmaille annettu kehotuksia ympäristönsuojelumääräysten perusteella, kun esim. rakennus- tai purkutyömaa sijaitsee päiväkodin välittömässä läheisyydessä.

Esimerkki. Työmaiden pölyntorjuntakeinot ja määräykset Helsingissä

Helsingin ilmansuojeluohjelman mukaan työmaiden pölyn vähentäminen toteutetaan⁵²:

- Vaatimalla kuormien kostuttamista ja peittämistä. Liiallinen kastelu aiheuttaa kuorman nesteytymisen, jolloin kuormasta valuu kadulle pölylietettä.
- Vaatimalla työmaa-ajoneuvojen renkaiden pesemistä.
- Kehittämällä valvontaviranomaisten (ympäristökeskus ja rakennusvalvontavirasto) ja urakoitsijoiden välistä yhteistyötä ja selkeyttämällä toimialarajoja.
- Kaupunki antaa selkeät säädökset pölyntorjuntatoimista ja toimittaa urakoitsijoille ohjeistusmateriaalin.
- Säädöksiin sisällytetään kadun pölyemissioiden raja-arvot, jotka voivat olla katupölykautena jonkin verran normaalia korkeammat. Tarpeen vaatiessa katujen pölyemissioita tarkkaillaan mittauksin urakoitsijan kustannuksella esimerkiksi Nuuskija-autoa vastaavalla mitta-autolla.

Rakennusvalvontavirasto on antanut pölyn torjuntaa koskevia määräyksiä keskeisille paikoille myönnettävissä rakennusluvuissa, joissa on määrätty tiiviit lavat, kuormien peittäminen ja renkaiden pesu ennen katuverkkoon ajamista.

Helsingin uudessa rakennusjärjestyksen luonnoksen 34 §:n mukaan purkamisesta ei saa aiheutua haitallisia melu-, pöly- tai muita vastaavia vaikutuksia ympäristölle sekä 44 §:n mukaan hakemukseen on sisällytettävä tarpeelliset suunnitelmat työmaan melu-, pöly- ja muiden haittojen rajoittamisesta⁵⁸.

Ympäristönsuojelumääräysten 22 §:n mukaan rakennustyömaat ja niiden välittömässä läheisyydessä olevat katualueet on pidettävä puhtaina työmaalta kulkeutuvasta maa-aineksesta⁵⁹.

Rakennusviraston katu- ja puisto-osaston myöntämissä yleisen alueen vuokrauspäätöksissä on määrätty, että ennen työn aloittamista on esitettävä suunnitelma, jota noudattamalla estetään pölyn ja lietteen leviäminen ympäristöön.

Esimerkki. Tampereen kaupungin ympäristönsuojelumääräykset⁶⁰

Rakennustyömailla on raskaan liikenteen ajoväylät ja siirrettävä maa-aines pidettävä mahdollisimman pölyämättömänä. Pölyävät kulkuväylät tulee pinnoittaa esimerkiksi puhtaalla, karkealla kiviaineksella tai muulla vastaavalla niin, että pölyävä maa-aines ei pääse leviämään ajoneuvojen mukana ympäristöön. Tarvittaessa ajoneuvojen renkaat on pestävä ennen yleiselle katualueelle ajamista. Rakennushankkeeseen ryhtyvän on pidettävä rakennustyömaan välittömässä vaikutuspiirissä olevat katualueet mahdollisimman puhtaina työmaalta kulkeutuvasta maa-aineksesta pölyhaittojen estämiseksi.

Kuljetettaessa pölyäviä kuormia rakennustyömaan ulkopuolelle on kuormien olta-
va peitettävä tai kasteltuja.

⁵⁸ Ehdotus Helsingin kaupungin rakennusjärjestykseksi 4.8.2009

⁵⁹ Helsingin kaupungin ympäristönsuojelumääräykset 1.3.2009

⁶⁰ Tampereen kaupungin ympäristönsuojelumääräykset 1.1.2007

Hiekoitushiekan koneellisen poistamisen tai muun koneellisen kunnossapito- ja puhtaanapitotyön aiheuttama pölyäminen on estettävä esimerkiksi kastelemalla puhdistettava alue tarvittaessa.

Lehtipuhaltimien käyttö hiekoitushiekan poistamiseen on kielletty.

Esimerkki. Espoon Leppävaara

Etelä-Leppävaaran aluetta rakennettaessa ympäristölautakunta antoi v. 2001 YSL 85 §:n mukaisen määräyksen tekniselle keskukselle rakennusaikaisen ilmanlaadun parantamiseksi. Viatek laati suunnitelman ja samaan aikaan Espoon rakennusvalvonta liitti rakennuslupiin lupaehdon, että rakentajien pitää esittää pölyntorjuntasuunnitelma (työmaasuunnitelma) ensimmäisessä työmaakokouksessa. Kokemukset olivat melko hyviä: renkaita ei niinkään pesty, mutta katuja ja työmaa-alueita sitäkin enemmän (S Manni-Loukkolan kirjallinen tiedonanto).

Esimerkki. Keravan toimintamalli rakennustyömaiden pölyntorjunnassa

Keravalla oli vuonna 2007 käynnissä muutamia suurehkoja työmaita. Tähän on koottu K. Peuralan maaliskuussa 2008 katupölyseminaarissa pitämän esityksen pohjalta havaintoja Keravan toimintamallista rakennustyömaiden pölyntorjunnassa.

Rakennusvalvonnalta saatiin tiedot työmaiden vastaavasta mestarista ja työpäälliköistä. Tämän jälkeen järjestettiin yhteinen neuvottelu, jossa käytiin läpi mahdolliset pesu- ja harjaustarpeet. Työmaaurakoitsijoille tarjottiin mahdollisuus käyttää joko yksityisiä tai kaupungin palveluita. Harjauksia ja pesuja tehtiin rakennustyömaiden läheisyydessä säännöllisesti, jopa päivittäin. Rakennustyömaaurakoitsija ilmoitti sotkevista toiminnoista ennakkoon. Keravan kaupunki laskutti työstä jatkuvasti ns. ”piikki auki” periaatteella eli puhdistukset tehtiin tarpeen mukaan ja toteutuneista puhdistuksista laskutettiin. Periaatetta sovelletaan myös, mikäli puhdistuksen tekee yksityinen taho, mutta kaupunki joutuu tekemään lisäpuhdistuksia.

Vuonna 2007 ongelmaksi koettiin Keravalla rakennustyömaaliikenteen mukana pyörissä erityisesti sadekeleillä kadulle kulkeutuva liejumainen aines, joka kuivatuaan pölysi erittäin paljon. Puhdistukseen sovellettiin täsmäpesuja runsailla vesimäärillä ja kovilla paineilla.

Keravalla tehtyjen mittausten perusteella toimintamalli näyttää toimineen varsin hyvin. K. Peurala on maininnut seuraavia seikkoja, minkä takia malli toimi Keravalla:

- Työmaat olivat suhteellisen suppealla alueella keskustassa, joten täsmäpesut oli helppo toteuttaa.
- Rakennusvalvonta tiedotti kaupungin tarjoamista pesu- ja harjauspalveluista.
- Työmaiden joustava suhtautuminen puhtaanapitoon edesauttoi asiaa. Esimerkiksi tarkka valvonta toteutettiin työmaiden kanssa yhdessä.
- Ns. ”piikki auki” toimintamalli toimi hyvin. Harjauksia ja pesuja voitiin suorittaa tarvittaessa ilman työmaan erillispyyntöä. Kustannukset kohdistuivat työmaaurakoitsijalle.

Esimerkki. Renkaanpesulaite Espoossa

Suomen ensimmäinen raskaankaluston renkaanpesulaite otettiin käyttöön Espoon Suurpelossa kesällä 2009. Kappaleessa 3.4.4 on käsitelty tutkimustuloksia. Kokemusten perusteella voidaan esittää seuraavia huomioita:

- Laite rakennetaan kiinteäksi, joten sen perustamiskustannukset ovat korkeat. Se soveltuu siten vain suurille ja pitkäaikaisille työmaille.
- Lyhytaikaisia työmailta varten tulisi selvittää, onko saatavilla siirrettäviä pesureita.
- Määräysten antamiseen ja tiedottamiseen urakoitsijoille tulee kiinnittää huomiota. Tehdyn tutkimuksen aikana arvioitiin noin puolen työmaaliikenteestä kulkeneen pesurin ohi.
- Valmistaja suosittelee viipymäksi minuuttia. Todennäköisesti tätä ei ole noudatettu. Tämän noudattamiseksi voisi laitteiston yhteyteen asentaa liikennevalot.



Kuva 62. Renkaanpesulaite Espoon Suurpelossa.

5 Yhteenveto ja johtopäätökset

Katupölyn päästöt ovat olleet korkeimmillaan maaliskuuhuhtikuun vaihteessa (viikot 13–15). Poikkeuksen muodostaa vuosi 2006, jolloin kevät saapui varsin myöhään, mikä vaikutti myös päästöhuipun esiintymiseen Espoossa, Helsingissä ja Vantaalla. Kaupunkien välillä havaittiin eroja päästötasoissa riippuen rakennustyömaiden ajoittumisesta ja eroista talvikunnossapidon käytännöissä. Reittikeskiarvot ovat vaihdelleet päästöhuippujen aikana noin 4 000–25 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ välillä riippuen kaupungista. Tämän jälkeen päästöt laskivat tasaisesti ja toukokuun alussa kaupunkien päästötasot ovat olleet pääsääntöisesti jo suhteellisen puhtaalla tasolla (Nuuskija-päästö alle 2 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Erittäin puhtaalla, kesäisellä tasolla (Nuuskija-päästö alle 1 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) päästöt ovat kuitenkin yleensä vasta toukokuun puolen välin jälkeen.

Nuuskija-pitoisuuksien lasku ajoittuu samanaikaisesti katujen kevätpuhdistusten kanssa, mutta myös nastarenkaiden käyttöasteen vähenemisen kanssa. Lisäksi päästöhuipun jälkeen pölyvarastoja (lumipenkat, jää) ei yleensä ole enää jäljellä, joten niiden vapautumista ei enää tapahdu ja pölyä kulkeutuu katu ympäristöstä pois myös ilmapvirtausten, sateiden ja valunnan myötä.

Pölynsidonta

KAPU-hankkeessa pölynsidonnalla havaittiin selvä vaste päästötasoihin ja myös ilmanlaadun kanssa. Tutkimuksia on hyvä kuitenkin jatkaa erityisesti koskien täsmälevittimien tehokkuutta pölynsidonnassa ja pölynsidonnän vaikutusta ilmanlaatuun. Jatkossa voisi myös suunnitella tarkempia testauskampanjoita vastaavasti kuin KAPU:ssa on tehty puhdistuskalustolle. Kun KAPU:n puitteissa kerättyjä aineistoja täydennetään ulkomaisilla kokemuksilla, näyttäisi siltä että pölynsidonnalla on mahdollista vaikuttaa katupölystä johtuviin korkeisiin PM_{10} -pitoisuuksiin. Oikein käytettynä pölynsidonta on tällä hetkellä kenties ainoa tapa jolla voidaan akuutisti torjua katupölyepisodeja.

Perinteinen kalusto

KAPU-hankkeen tavoitteena oli tutkia puhdistuslaitteiston vaikutusta PM_{10} -pölyn poistamiseen katujen pinnalta. Lisäksi mitattiin Dulevo-kaluston käytön aikaisia poistoilman päästöjä.

Perinteisellä puhdistuskalustolla (mekaaninen harjakalusto ja imulakaisukalusto) yksittäin käytettynä ei ollut tämän tutkimuksen tulosten perusteella nähtävissä välitöntä vastetta kadun pinnan PM_{10} -päästöihin. Näin ollen ne eivät suoraan sovi akuuttiin pölyntorjuntaan, kuten katupölyepisodien torjuntaan päivien vasteella, vaan pikemminkin pitkän aikavälin toimenpiteiksi. Vastaava johtopäätös tehtiin myös KAPU-hankkeen aikaisemmassa vaiheessa (Tervahattu ym. 2007¹⁴). Perinteisellä kalustolla tosin pystytään poistamaan karkeampi hiekka ja pöly kadun pinnalta ja näin vähennetään PM_{10} -pölyn muodostumista karkeamman materiaalin murskaantumisen ja ”hiekkapaperiefektin” vaikutuksesta.

PIMU-kalusto

Pesevällä imusuulakkeella varustettu PIMU-kalusto edusti KAPU-hankkeessa nk. uusia kadunpuhdistusteknologioita. Niiden osalta tulokset kadunpintojen PM_{10} -päästöjen torjuntaan olivatkin lupaavia, joskaan kesäaikaisia päästötasoja ei ainakaan yhdellä puhdistuskerralla saavutettu. Päästötasojen vähenemisiä havaittiin

myös kaikilla tutkituilla päästötasoilla, mutta korkeilla kadunpinnan päästötasoilla (esim. Nuuskija-signaalina noin 3 500 ug/m³ tai yli) PIMU-kaluston tehokkuus tuli selvemmin esiin kuin alhaisemmilla päästötasoilla (noin 1 500 ug/m³, jo lähellä kesäaikaisia päästöjä). Alhaisemmilla päästötasoilla PIMU-puhdistuksella ei aina havaittu selvää vastetta päästöihin (havainto voi liittyä myös tienpinnan jälkiliikaantumiseen). PIMU-kaluston tehokkuus liittyy todennäköisesti tehokkaaseen painepesuun (vrt. myös Suutarilan ja Mannerheimintien testit KAPU1:ssä) ja syntyneen ”lietteen” tehokkaaseen imuun.

Kaluston käytön aikaiset päästöt – poistoilman pölyisyys

Puhdistuskaluston käytön aikaisia päästöjä mitattiin hankkeessa Dulevo 5000 -kalustolle. Dulevo 5000 -kaluston puhdistuksen poistoilman suodatuksessa on tarjolla tehokkaita suodatustekniikoita, joita verrattiin vakioasennuksena tulevaan suodattimeen. Dulevo 5000 on nk. nostava harjakone, jossa on jonkin verran imua. Imuteho ei kuitenkaan ole yhtä suuri kuin perinteisissä imulakaisukoneissa. Tuloksia ei tule yleistää koskemaan kaikenlaista kalustoa, ja mittauksia olisikin hyvä jatkaa muunlaisen kaluston osalta.

Mittaustulosten perusteella tehostetulla poistoilman suodatuksella saatiin aikaan merkittäviä vähenemisiä Dulevo 5000 -laitteiston poistoilman PM₁₀-pitoisuuksissa ja näin ollen sen avulla pystytään vähentämään töiden aikaista ilmanlaatuvaikutusta. Poistoilman pölyisyyteen ja sen suodatustekniikoihin kannattaa siis kiinnittää huomiota, mikäli halutaan vähentää käytön aikaisia päästöjä. Tämä pätee todennäköisesti myös muunlaiseen kalustoon kuin mitä tässä hankkeessa mitattiin. Poistoilman ohella kannattaa myös kiinnittää huomiota laitteiston pakokaasupäästöihin. Uudella kalustolla pakokaasupäästöt laskevat yleiseurooppalaisten Euro-päästöraja-arvojen mukaan.

Kevätpuhdistuksen (mekaaninen harjaus, imulakaisu ja painepesun yhdistelmä) vaikutuksia pölypäästöihin käsiteltiin hankkeen ensimmäisen vaiheen loppuraportissa (Tervahattu ym. 2007¹⁴). Päästötasojen havaittiin jossain määrin laskeneen toimenpiteiden seurauksena ja raportissa esitettiin päästötasojen alenemisen syinä:

- 1) Puhdistustoimet kostuttavat kadunpintoja ja kosteus sitoo pölyä.
- 2) Puhdistuksen yhteydessä tai lähipäivinä on mahdollisesti käytetty myös kalsiumkloridi-pölynsidontaa.
- 3) Puhdistustoimet poistavat irtoainesta ja pölyä kadunpinnasta. Näin ollen toimet vähentävät pölyn muodostumista ja jo muodostuneen pölyn suspensiota, ne myös poistavat jossain määrin suspensioherkkää pölyä kadun pinnoilta.

Tehokas kevätpuhdistus vaatii kuitenkin laajojen alueiden puhdistusta ja puhdistusten toistoja, eikä kerralla saada aikaan ”kesäpuhdasta” kadun pintaa. Tutkimusvuosina tutkimusalueiden katujen kevätpuhdistukset ovat kestäneet noin kuukauden ja ne ovat ajoittuneet samanaikaisesti nastarenkaiden käytön vähenemisen ja katu ympäristöjen pölyvarastojen ehtymisen kanssa. Näin ollen päästöjen vähenemä voi olla monen tekijän tulosta. Kevätpuhdistuksen lopputulosta voidaan todennäköisesti parantaa ottamalla käyttöön uutta kalustoa, joka tehostaisi pölynpoistoa jossain puhdistuksen vaiheessa. Tämän tutkimuksen perusteella näyttäisi siltä, että PIMU-kalustolla voidaan tehostaa imulakaisun tehokkuutta.

Rakennustyömaat

Rakennustyömaat vaikuttavat lähialueiden/lähialueiden katujen pölypäästöihin ja vaikutus tulee esille erityisesti kesäaikaan, kun katupölypäästöt ovat alentuneet. Tästä on mittausnäyttöä jo useasta kaupungista. Työmaiden pölyvaikutus vaihtelee ja se riippuu työmaan luonteesta (miten pölyävää toimintaa tehdään, kuinka paljon työmaaliikenteen mukana kulkeutuu pölyävää ainesta päällystämättömiltä pinnoilta) ja siitä millaisia puhdistustoimenpiteitä työmailta vaaditaan.

Talvikunnossapito ja liukkaudentorjunta

Kadunvarren lumessa on havaittu jopa 15–20-kertaisia kiintoainespitoisuuksia verrattuna kaupunkialueiden koskemattomaan lumeen. Tällä perusteella voidaan olettaa, että lumen poisviennillä voidaan saavuttaa hyötyjä katupölyongelman kannalta. Kaupunkialueiden lumen ja jään sekaan varastoituvan pölyn tarkka määrä ei ole tiedossa, etenkin hengittävien hiukkasten kokoluokassa.

Hiekoitus- ja suolauspäivien lukumäärien ja päästötasojen vertailu osoittaa, että hiekoituksen käytön kasvaessa KAPU-aineistossa on havaittu korkeampia päästöjä ja käänteisesti suolauksen käytön kasvaessa on havaittu alhaisempia päästöjä, koska riippuen talviolosuhteissa hiekoitus ja suolaus ovat vaihtoehtoisia liukkaudentorjuntamuotoja tarkastelluissa kaupungeissa. Katukohtaista hajontaa on esiintynyt, mutta tämä on odotettavissa, sillä muut talvikunnossapidon toimet, kuten auraus, lumien kuljetus ja kiinteistöjen hiekoitus, todennäköisesti vaikuttavat myös katukohtaisiin päästöihin. Lisäksi talviolosuhteet vuosien välillä ovat vaihdelleet, mikä voi vaikuttaa esim. lumisuuteen ja näin ollen pölyn varastoitumiseen.

KAPU-reitin kaduille kertyneiden hiekoituspäivien lukumäärä todennäköisesti myös korreloi yleisesti lähikaduilla käytetyn hiekoituksen kanssa ja näin ollen päästötasoihin on voinut vaikuttaa myös muualla kuin KAPU-reitin kadulla muodostunut pöly. Aineisto kuitenkin osaltaan tukee johtopäätöstä, että hiekoituksella on katupölypäästöjä kasvattava vaikutus ja näin ollen hiekoitusta korvaamalla vähennetään katupölyn määrää. Tässä yhteydessä on hyvä huomata, että nastarenkaiden käyttöaste on Suomessa varsin korkea: noin 90 prosenttia henkilöautoista käyttää nastarenkaita. Hiekoituksen ohella nastarenkaiden aiheuttama tienkuluma lisää katupölypäästöjä kaupunkialueilla. Nastarenkaiden käyttöasteessa ei ole oletettu tapahtuneen suuria muutoksia tarkasteltuina vuosina.

Liite 1. Kapu2-hankkeeseen osallistuneet tahot ja henkilöt.

Ohjausryhmä:

Helsinki: Jari Viinanen (pj, siht), Jyrki Vättö (30.9.2008 asti), Tarja Myller (1.10.2008 alkaen), Asko Forsberg, Matti Tahvanainen, Outi Väkevä (siht.) (1.4.2009 alkaen)

Vantaa: Erkki Tammisto, Kaisa Mäntylä

Espoo: Jyrki Heikkinen, Vesa Valkeapää, Sirkka Manni-Loukkola

YTV: Maria Myllynen

Nordic Envicon Oy: Kaarle Kupiainen

Metropolia: Liisa Pirjola

Tampere: Milla Hilli-Lukkarinen

Turku: Tiina Hartman (30.7.2009 asti), Miika Meretoja (1.8.2009 alkaen)

Riihimäki: Markku Kyöstilä

Kerava: Mia Vaittinen

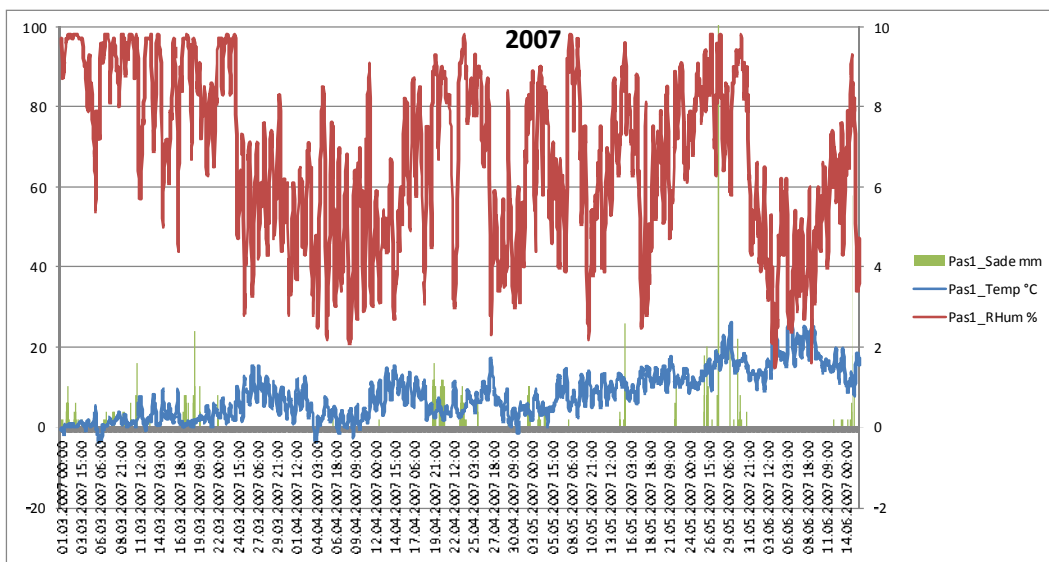
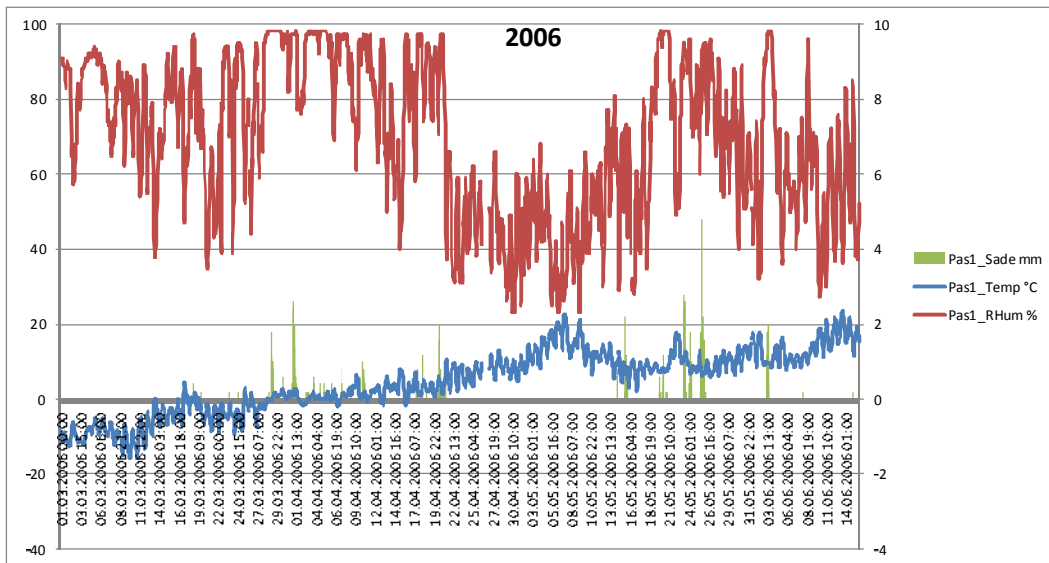
YM: Jyrki Hurmeranta, Tarja Lahtinen

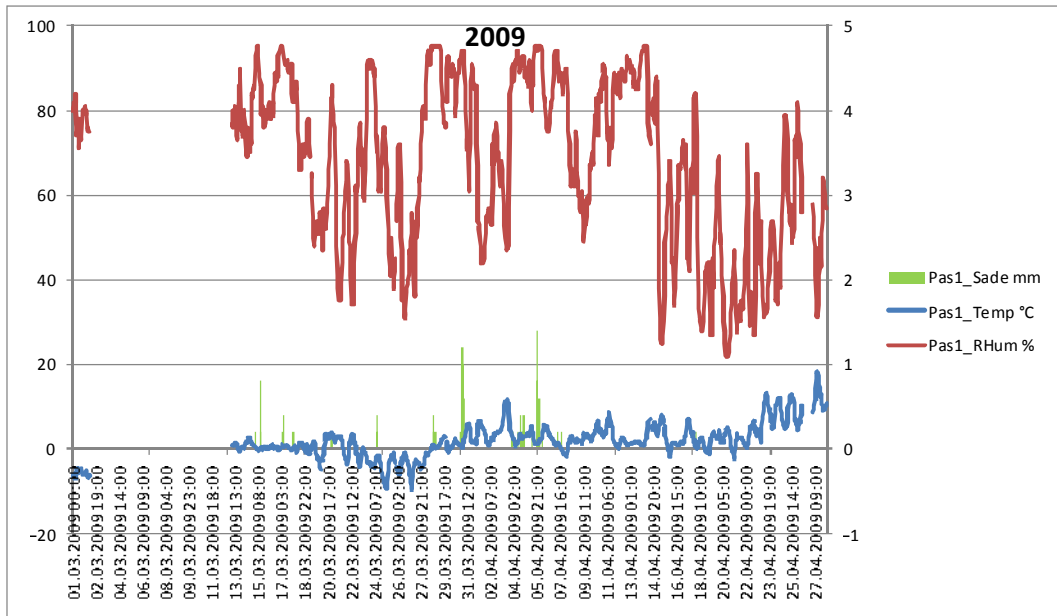
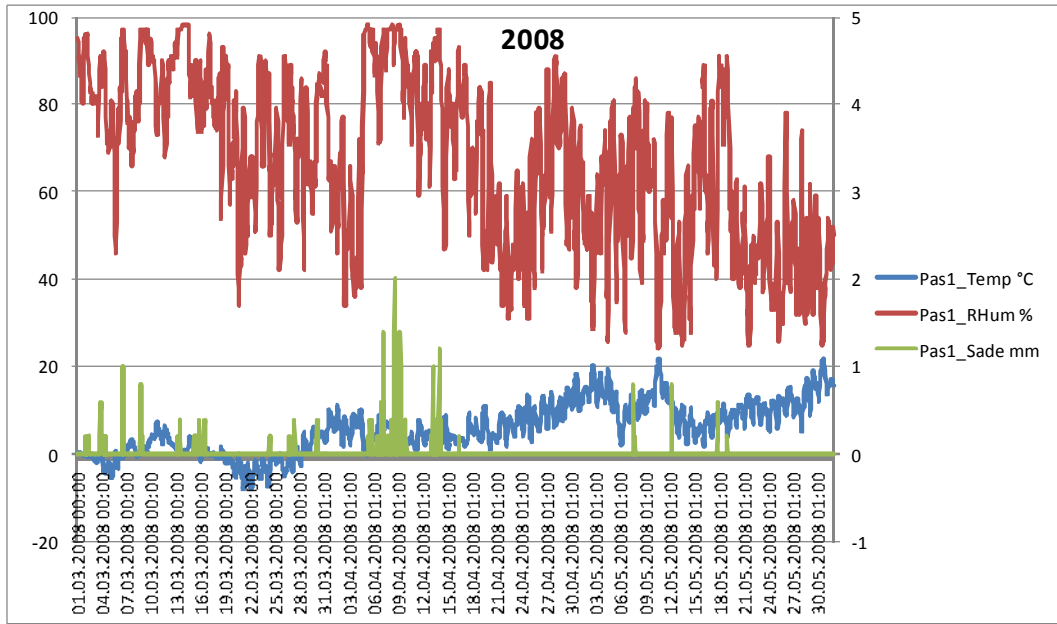
Kuntaliitto: Jussi Kauppi

Berner Oy: Risto Leppänen

Ohjausryhmäkokouksiin ja/tai erillismittaushankkeisiin osallistuivat myös Nordic Envicon Oy:stä Ana Stojiljkovic, YTV:ltä Tarja Koskentalo ja Jarkko Niemi, Helsingistä Suvi Haaparanta ja Ville Alatyppö, Vantaalta Jorma Ranta, Porvoosta Enni Flykt ja Pirkko Paatero, Espoosta Satu Lehtonen, Lakaisutekniikka Oy:stä Veijo Leino, Metropoliaa Aleks Malinen ja Tammermatic Oy:stä Juha Paasilah-ti.

Liite 2. Sademäärä (mm), lämpötila (Temp °C) ja suhteellinen kosteus (Rhum, %) Pasilassa vuosina 2006–2009.





KUVAILULEHTI / PRESENTATIONSBLAD / DOCUMENTATION PAGE

Julkaisija Utgivare Publisher	Helsingin kaupungin ympäristökeskus Helsingfors stads miljöcentral City of Helsinki Environment Centre	Julkaisuaika/Utgivningstid/Publication time Joulukuu 2009 / December 2009	
Tekijä(t)/Författare/Author(s)	Kaarle Kupiainen, Liisa Pirjola, Jari Viinanen, Ana Stojiljkovic ja Aleksi Malinen		
Julkaisun nimi Publikationens titel Title of publication	Katupölyn päästöt ja torjunta. KAPU-hankkeen loppuraportti. Utsläpp och bekämpning av gatudamm. Slutrapport för projektet KAPU Street dust emission and prevention. Final Report of KAPU-project		
Sarja Serie Series	Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja Helsingfors stads miljöcentralens publikationer Publications by City of Helsinki Environment Centre	Numero/Nummer/No. 13/2009	
ISSN 1235-9718	ISBN 978-952-223-592-3	ISBN (PDF) 978-952-223-593-0	
Kieli Språk Language	Koko teos / Hela verket / The work in full Yhteenvedo/Sammandrag/Summary Taulukot/Tabeller/Tables Kuvatekstit/Bildtexter/Captions	fin fin, sve, eng fin fin	
Asiasanat Nyckelord Keywords	katupöly, kevätöly, hiukkaset gatudammet, vårdammet, partiklarna road dust, spring dust, 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 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 aamialueen 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.
13. Åberg, R., Nousiainen, L.-L., Lampinen, H., Klemetilä-Kirjavainen, E. Graavisuolatun ja kylmäsavustetun kalan hygieeninen laatu ja säilytyslämpötilat vähittäismyynnissä ja laitoksissa
14. Åberg, R. Sushituotteiden valmistus, HACCP ja valmistukseen liittyvät hygieeniset riskit
15. Niskanen, I., Päivänen, J., Virrankoski, L., Alanko, M., Jokinen, S., Pesu, M., Leppänen, P., Gröhn, L. Helsingin kaupungin meluntorjunnan toimintasuunnitelma 2008
16. Helsingin luonnonsuojeluohjelma 2008 - 2017
17. Hakkarainen, T., Pönkä, A., Kivikoski, L. Yleisten uimarantojen hygieeninen taso Helsingissä vuonna 2008
18. Pönkä, A., Järveläinen, A., Kalso, S. Irtojätetön ja veden mikrobiologinen laatu helsinkiläisissä kesäkiosteissa
19. Munne, P., Pääkkönen, J.-P., Tiensuu, M., Vahtera, E. Töölönlahden tila ja meriveden juoksutuksen vaikutus vuosina 2006 - 2008

Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 2009

1. Kiema, S., Saarenoksa, R. Kivinokan pohjoisen metsäalueen kääpä- ja orvakkainventointi 2006–2007
2. Muotka, K. Helsingin ulkoilureittien ja puistojen roskaantuminen
3. Salla, A. Maaperän haitta-aineiden taustapitoisuudet sekä pitoisuudet puistoissa ja kerrostalojen pihilla Helsingissä
4. Niskanen, I., Päivänen, J., Virrankoski, L., Alanko, M., Jokinen, S., Pesu, M., Leppänen, P., Gröhn, L. Helsingfors stads handlingsplan för bullerbekämpning 2008
5. Dictus, J., Creedy, A. (eds). Towards Environmental Sustainability. Report of the Peer review of the city of Helsinki.
6. Yrjölä, R. Vuosaaren satamahankkeen linnustoseuranta 2008
7. Kajaste, I., Muurinen, J., Räsänen, M., Vahtera, E., Pääkkönen, J.-P. Helsingin ja Espoon merialueen tila vuonna 2008. Jätevesien vaikutusten velvoitetarkkailu.
8. Peltomaa, J., Klemetilä-Kirjavainen, E. Kebabin mikrobiologinen laatu Helsingissä vuonna 2008
9. Metiäinen, P. Oirekyselyt asuntojen PVC-muovimatoilla päällystettyjen betonilattioiden sisäilmahaittojen ratkaisijana
10. Puhakka, A. Kestävä kehitys – ohjelmista eläväksi käytännöksi? Kokemuksia Helsingistä ja tulevaisuuden pohdintaa.
11. Pitkänen, E., Haahla, A. Herkkien kohteiden ilmanlaatu ja melutilanne. Päiväkodit, leikkipuistot ja -kentät, koulut, vanhainkodit ja sairaalat.
12. Aspelund, P., Paaer, P. Särkkäniemen luonnonsuojelun hoito- ja käyttösuunnitelma 2009 - 2018
13. Kupiainen, K., Pirjola, L., Viinanen, J., Stojiljkovic, A., Malinen, A. Katupölyn päästöt ja torjunta. KAPU-hankkeen loppuraportti

Julkaisuluettelo: <http://www.hel.fi/ymk/julkaisut>

Julkaisujen tilaukset: Helsingin kaupungin ympäristökeskus, Asiakaspalvelu

PL 500, 00099 Helsingin kaupunki, puh. (09) 310 13000, faksi (09) 310 31613,

sähköposti ymk@hel.fi