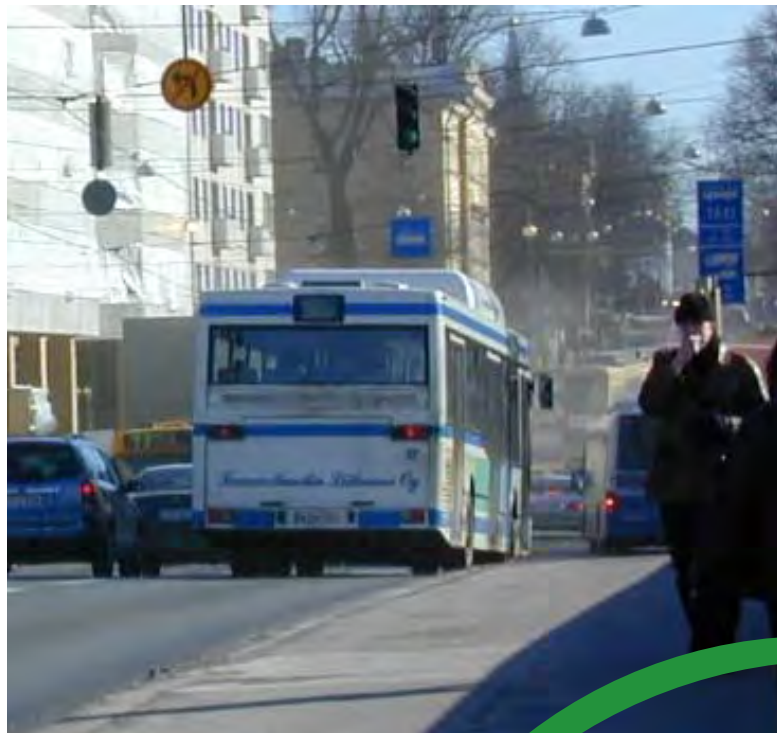




Kalsiumkloridin käyttö katupölyn sidontaan pääkaupunkiseudulla keväällä 2004



Heikki Tervahattu

Helsinki 2005

Kannen kuva: Kaisaniemi keväällä 2004 / Jari Viinanen

Painettu Pohjosmaisen ympäristömerkin saaneelle paperille

KALSIUMKLORIDIN KÄYTTÖ KATUPÖLYN SIDONTAAN PÄÄKAUPUNKISEUDULLA KEVÄÄLLÄ 2004

Heikki Tervahattu
Nordic Envicon Oy

Sisällysluettelo

ESIPUHE	1
YHTEENVETO	2
SAMMANDRAG	3
1 KALSIUMKLORIDIN KÄYTTÖ KAUPUNKILIIKENTEESSÄ.....	4
2 KALSIUMKLORIDIN OMINAISUUKSISTA	5
2.1 FYSIKOKEMIALLINEN PERUSTA	5
2.2 KALSIUMKLORIDIN KORROOSIOVAIKUTUS	7
3 KALSIUMKLORIDIN KÄYTTÖKOKEILU KEVÄÄLLÄ 1998.....	7
4 KALSIUMKLORIDIN KÄYTTÖ KEVÄÄLLÄ 2004.....	8
4.1 SUORITETUT TOIMENPITEET	8
4.2 ILMAN HIUKKASPITOISUUDET ENNEN KASTELUA JA SEN JÄLKEEN	9
4.3 CaCl_2 -LIUOKSEN MÄÄRÄN JA VÄKEVYYDEN VAIKUTUS	13
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	13
KIITOKSET	14

Esipuhe

Katupölyn torjuntatoimenpiteet ovat parantuneet viimeisen 15 vuoden aikana, kun kaupunki on panostanut katupölyn vähentämiseen. Ensimmäisenä alettiin kehittää puhtaanapitoa, josta on päädytty mm. hiekoitussepin pesuun, seulontaan ja hiekoitusmäärien rajoittamiseen. Viime vuosina kaupunki on osallistunut tutkimuksiin, joissa on selvitetty katupölyn synnyn yhteyttä hiekoitussepin ja asfaltin kulumiseen. Viimeisimpään, vuonna 2003 laadittuun suunnitelmaan katupölyhaittojen ehkäisemiseksi on koottu vuosien aikana kertynyt tieto, ja se sisältääkin yli 20 konkreettista toimenpidettä katupölyn muodostumisen ehkäisemiseksi. Tämä kalsiumkloridin käytöstä tehty tutkimus on osa suunnitelmaan liittyvien toimenpiteiden toteuttamisen ja niiden vaikutusten seurantaa.

Tehtyjen toimenpiteiden ansiosta pölypitoisuudet ovat laskeneet arviolta kolmasosalla verrattuna 1980-luvun loppuun. Kuitenkin kuivina kevätpäivinä ne voivat yhä nousta haitallisen korkeiksi. Tästä syystä vuonna 2003 laaditussa suunnitelmassa on myös toimintamalli episoditilanteiden varalle. Toimintamallia on jouduttu toteuttamaan viime vuosina joka kevät. Käytännön toimenpiteenä on kastella kaikki kaupungin pää- ja kokoojakadut laimealla suolaliuoksella (kalsiumkloridilla).

Suolaa on käytetty pölyn torjunnassa jo pitkään mm. hiekkateillä. Rakennusvirasto alkoi kehittää 1990-luvun lopulla pölynsidontamenetelmää, jossa kastelussa käytetään valmista kalsiumkloridiliuosta. Menetelmää kokeiltiin Vallilassa vuonna 1998 kadulta nousevan pölyn sidontaan. Kalsiumkloridia käytetään myös hiekanpoiston yhteydessä, liukkaudentorjunnassa ja hiekoitushiekkaan sekoitettuna.

Kalsiumkloridin käytöstä katupölyn torjuntaan ja sen vaikutuksesta ilmanlaatuun ei tähän saakka ole ollut tutkittua tietoa. Tämän tutkimuksen rahoitti Helsingin kaupungin ympäristökeskus ja sen teki Nordic Envicon Oy. Tutkijana oli FT, dosentti Heikki Tervahattu.

Helsingissä 25.1.2005

Jari Viinanen
Ympäristötarkastaja
Helsingin kaupungin ympäristökeskus

Yhteenveto

Kalsiumkloridia käytetään katujen lumen ja jään sulattamiseen vuorisuolan tavoin sekä pölyn sidontaan. Jälkimmäinen käyttö perustuu kalsiumkloridin kykyyn imeä ilman kosteudesta vettä, minkä seurauksena kadun pinta pysyy kosteana ja pöly sitoutuu siihen. Keväällä 2004 vallitsi pitkä kuiva jakso, jolloin pääkaupunkiseudulla turvauduttiin laajahkoon CaCl_2 :n käyttöön, jotta hengitettävän pölyn (PM_{10}) pitoisuudet ilmassa eivät kohoaisi liian suuriksi. Tässä tutkimuksessa selvitettiin CaCl_2 -kastelun vaikutuksia ilman PM_{10} -pitoisuuksiin YTV:n kuudella mittausasemalla, joista neljä sijaitsi Helsingissä, yksi Vantaalla ja yksi Espoossa. Hiukkaspitoisuuksien muutoksia verrattiin ilman kosteuspitoisuuteen ja sademäärään.

Tuloksista voidaan päätellä, että kalsiumkloridin vaikutus sateettomana aikana kesti kaksi viikkoa. Kuitenkin pölynsidontakyky oli suuresti riippuvainen ilman kosteudesta. Kuivina päivinä PM_{10} -pitoisuudet kohosivat heti kastelun jälkeisinä päivinä, koska kalsiumkloridin vesipitoisuus oli alhainen ja se sitoi sen vuoksi huonosti pölyä. Ilman kosteuden lisääntyessä kalsiumkloridi imi ilmasta vettä ja pidatti paremmin pölyä. Ilman kosteuden ollessa suuri on CaCl_2 :n pölynsitomiskyky erittäin hyvä. Suhteellisen kosteuden laskiessa 60–70 prosenttiin pölynsidontakyky alkaa heiketä ja RH 40–50:ssä teho laskee suuresti. Nämä ominaisuudet on syytä huomioida myös CaCl_2 -liuoksen levitysajankohtaa harkittaessa. Mikäli levitys tapahtuu hyvin kuivana ja aurinkoisena päivänä keskipäivän aikaan tai iltapäivän alussa, ehtii liuoksen vesi haihtua ja suola kuivua ennen kuin se kunnolla sitoo pölyä.

Keväisen katupölyn sitomisessa kalsiumin käyttö rajoittunee useimpina vuosina yhteen tai kahteen kertaan. Sitä voidaan käyttää myös rajoitetusti täsmälevityksenä, jolloin ei levitetä koko ajoradan aluetta vaan ainoastaan ongelmallisimmat kohdat. Näin on toimittu ainakin Espoossa ja joillakin Helsingin alueilla ja toimenpiteet näyttävät riittäviltä. Kalsiumkloridin käyttö pölyn sidontaan voidaan siten rajoittaa niin vähäiseksi, ettei sillä pitäisi olla haitallisia vaikutuksia esimerkiksi autojen korroosion lisääjänä. Myöskään merkittäviä ympäristövaikutuksia näin vähäisellä käytöllä ei ole. Katupölyn vähentämisen toimenpiteet tulee kuitenkin kohdistaa pölyn muodostuksen vähentämiseen ja pölynsidontaa käyttää vain sellaisissa tilanteissa, joissa pölyn vähentämisessä ei ole riittävästi onnistuttu.

Sammandrag

Kalsiumklorid (CaCl_2) används liksom natriumklorid (NaCl) till att smälta snö och is på gatorna samt till att binda dammet. Kalsiumklorid drar åt sig vatten från luftfuktigheten och har därför förmågan att hålla gatans nivå fuktig och binda dammet. En lång torr period våren 2004 i huvudstadsregionen gjorde att kalsiumklorid användes för att sänka koncentrationerna av dammet i andningsluften (PM_{10}). I denna utredning studerades inverkan av CaCl_2 -bevattningen på luftens PM_{10} halter. Mätningarna gjordes på sex av SAD:s mätstationer av vilka fyra fanns i Helsingfors, en i Vanda och en i Esbo. Förändringar i partikelhalten jämfördes med luftfuktigheten och regnmängden.

Resultatena visar att kalsiumkloridens inverkan var två veckor under regnfria förhållanden. Förmågan att binda dammet var ändå stort sett beroende på luftfuktigheten. Under torra dagar ökade PM_{10} -koncentrationerna genast efter bevattningen då kalsiumkloridens vattenhalt var låg och därmed band dammet dåligt. Då luftfuktigheten steg band kalsiumkloriden vatten från luften och band därmed dammet effektivt. Denna karakteristika var hög när luftfuktigheten var hög. Vid RH 60–70 % började effekten avta och var mycket låg vid RH 40–50 % och under. Dessa egenskaper måste tas i beaktande då man planerar tidpunkten för spridningen av kalsiumklorid. Om spridningen utförs under en mycket torr och varm dag mitt på dagen eller i början av eftermiddagen hinner lösningens vatten avdunsta och saltet torka innan den börjat binda dammet.

Användning av kalsiumklorid för att binda det vårliga gatudammet verkställs förmodligen enbart en till två gånger under året. Spridningen kan också begränsas till de mest problematiska områdena då man inte sprider lösningen längs hela gatan. Detta har man förverkligat i bl.a. Esbo och några områden i Helsingfors. Detta spridningssätt anses vara tillräckligt. Användningen av kalsiumklorid som bindemedel för damm kan således begränsas så att de skadliga effekterna genom ökande korrosion på bilarna skulle bli små. Inte heller miljön påverkas nämnvärt av en så ringa användning. Åtgärderna för att minska gatudammet måste i främsta rum riktas till att begränsa uppkomsten av dammet och använda bindemedlet enbart då man inte har lyckats reducera dammet tillräckligt.

1 Kalsiumkloridin käyttö kaupunkiliikenteessä

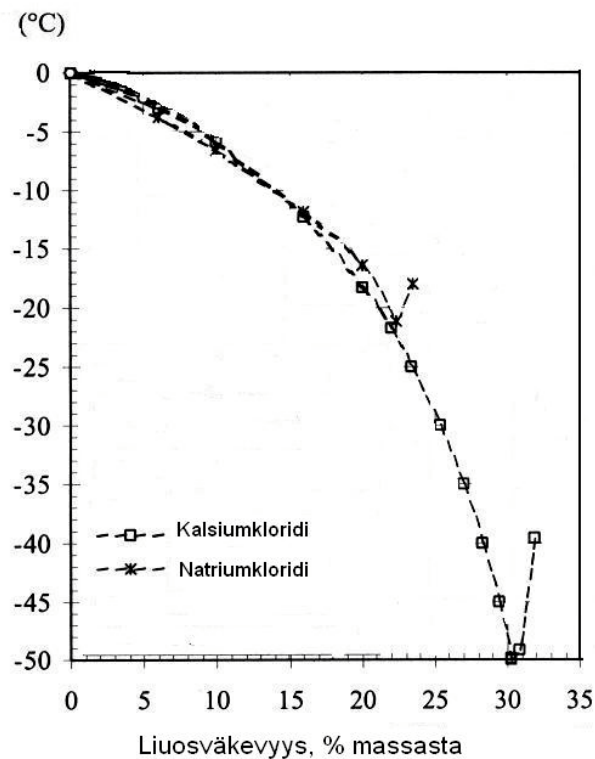
Keväisen katupölyn haittojen torjunnassa on viime aikoina ollut esillä kalsiumkloridin (CaCl_2) käyttö katupölyn sidontaan. Keväällä 2004 tähän turvauduttiin laajalti pääkaupunkiseudulla pitkän sateettoman kauden aikana, jolloin ilman hiukkaspitoisuudet ylittivät voimassa olevat raja-arvot. Tässä tutkimuksessa selvitetään, miten tässä pölyntorjunnassa onnistuttiin ja mitä tekijöitä tulee ottaa huomioon kalsiumkloridin käytössä.

Tutkimus sisältää seuraavat asiat:

- Kalsiumkloridin ominaisuudet katupölyn torjunnassa: fysikokemiallinen vaikutusmekanismi, hyödyt ja mahdolliset haitat
- Toteutetun pölyntorjunnan toimenpiteet: laajuus ja tekninen toteutus, kustannukset
- Vaikutukset ilmanlaatuun: välittömät vaikutukset ja vaikutuksen kesto
- Johtopäätökset kalsiumkloridin sopivuudesta pölyntorjuntaan sekä sen käytön toteutuksesta

Kalsiumkloridia käytetään kaupunkien kaduilla neljällä tavalla:

1. Liuossuolauksena liukkaudentorjunnassa talvella. Vuorisuolaan (natriumkloridi) verrattuna etuina pidetään lioksen homogeenisuutta ja puhtautta, nopeampaa jään ja lumen sulamista sekä alhaisempaa jäätymispistettä. Jäätymispiste tosin alenee liuosväkevyyden funktiona samalla tavalla CaCl_2 :lla ja NaCl :lla noin $-20\text{ }^\circ\text{C}$:een saakka, mutta sen jälkeen CaCl_2 on selvästi tehokkaampi (kuva 1). Kalsiumkloridi on huomattavasti tavallista suolaa kalliimpaa, mutta toisaalta sitä tarvitaan vähemmän.
2. Hiekoitushiekkaan sekoitettuna; auttaa pitämään tien pinnan sulana ja vähentää pölyämistä sekä estää hiekan paakkuuntumista.
3. Katupölyn sitomiseen liuoslevityksenä.
4. Pölymassan kostuttamiseen hiekanpoiston yhteydessä. Pölyämisen estämiseksi on välttämätöntä käyttää kasteluvettä. Laimealla kalsiumkloridiliuoksella vettä voidaan käyttää myös pakkasaamuina, jolloin tehollinen työaika pitenee. Samalla vähennetään pölyämistä. Usein käytetyllä noin 5-prosenttisella CaCl_2 -liuoksella tosin jäätymispiste alenee vain 3–4 astetta (kuva 1).



Kuva 1. Kalsiumkloridin ja natriumkloridin vesiliuosten jäätymislämpötilat liuosväkevyysfunktiona. Liuosten ominaisuudet ovat samanlaiset noin -20 °C:seen saakka.

Kaikki neljä käyttötapaa huomioiden kalsiumkloridin käyttö saattaa muodostua niin merkittäväksi, että sen kaikki vaikutukset on syytä selvittää huolellisesti.

2 Kalsiumkloridin ominaisuuksista

2.1 Fysikokemiallinen perusta

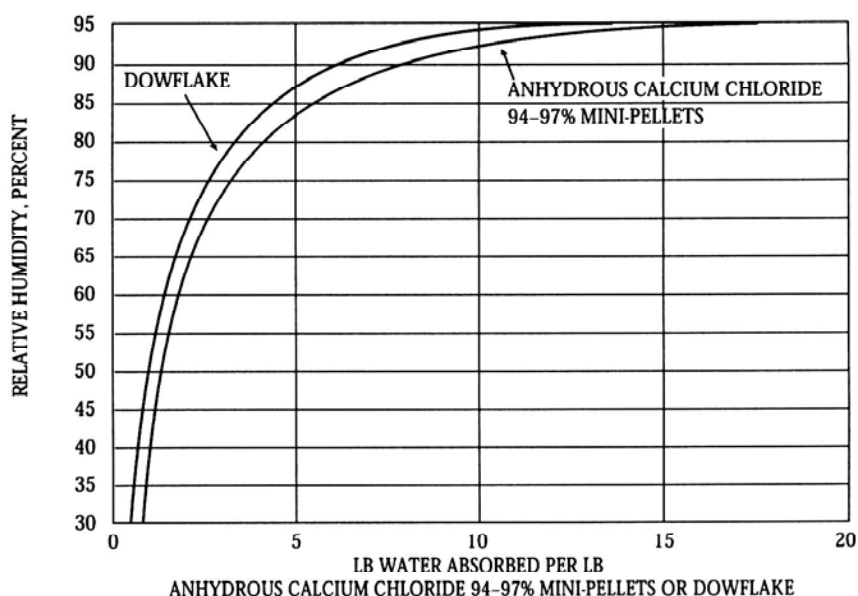
Kalsiumkloridi on sekä hygroskooppinen että vetistytvä (deliquescent). Kiinteänä aineena se absorboi kosteutta ilmasta ja liukenee vähitellen imemäänsä veteen. Liuos jatkaa kosteuden absorptiota niin kauan, että saavutetaan tasapaino liuoksen ja ilman höyrynpaineiden välillä. Jos ilman kosteus lisääntyy, liuos absorboi lisää kosteutta; ilman kosteuden pienentyessä vettä haihtuu liuoksesta ilmaan.

Nopeus, jolla tietty määrä kalsiumkloridia absorboi kosteutta, riippuu seuraavista tekijöistä:

1. Ilman kanssa yhteydessä olevan kalsiumkloridin pinta-alasta
2. Siitä, millä nopeudella ilma kiertää kalsiumkloridin yllä
3. Ilman ja kalsiumkloridin vesihöyryn paineiden suhteesta

Kalsiumkloridin käyttö katu- ja tiepölyn sidontaan perustuu juuri sen kykyyn imeä ilmasta vettä. Sen ansiosta kadun pinta pysyy kosteana ja hienojakoinen pöly ei pääse nousemaan ilmaan autoliikenteen tai tuulen vuoksi. Ilman lämpötilan ollessa 25 °C ja suhteellisen kosteuden 95 %, kalsiumkloridin imee noin 15 kertaa painonsa verran vettä. Ilman kosteuden laskiessa alle 70 %:n vähenee sidotun veden määrä nopeasti ja ilman kosteuden ollessa 65 % kalsiumkloridi imee vettä suunnilleen kaksi kertaa painonsa verran ja 45 %:ssa enää oman painonsa verran (kuva 2). Tällöin myös kalsiumkloridin pölyn sidonta olennaisesti heikkenee.

Figure 7 — Atmospheric Humidities in Equilibrium with Anhydrous Calcium Chloride 94–97% Mini-pellets and DOWFLAKE Calcium Chloride at 25°C (77°F)



Kuva 2. Kalsiumkloridin pidättämä vesi ilman kosteuden (Y-akseli) funktiona. X-akselilla CaCl_2 :n ja absorboidun veden suhdeluku. Kokeessa käytetty kahta Dow Chemicalsin CaCl_2 -valmistetta.¹

¹ Lähde: DOW: Calcium Chloride Handbook. A Guide to Properties, Forms, Storage and Handling. <http://www.dow.com/webapps/lit/litorder.asp?filepath=calcium/pdfs/noreg/173-01534.pdf&pdf=true>

2.2 Kalsiumkloridin korroosiovaikutus

Kalsiumkloridi on huomattavasti natriumkloridia voimakkaampi korroosion aiheuttaja. Se syövyttää kromi- ja alumiiniosia ja jopa ruostumatonta terästä. Kalsiumkloridin aiheuttama ajoneuvojen korroosio ja tien pinnan kuluminen on vakava ongelma Yhdysvalloissa, jossa mm. Coloradon osavaltiossa käytetään kalsiumkloridia vuorisuolan (natriumkloridi) sijasta pitämään teiden pinnat jäätöminä, koska se on siinä suhteessa tavallista tiesuolaa parempi².

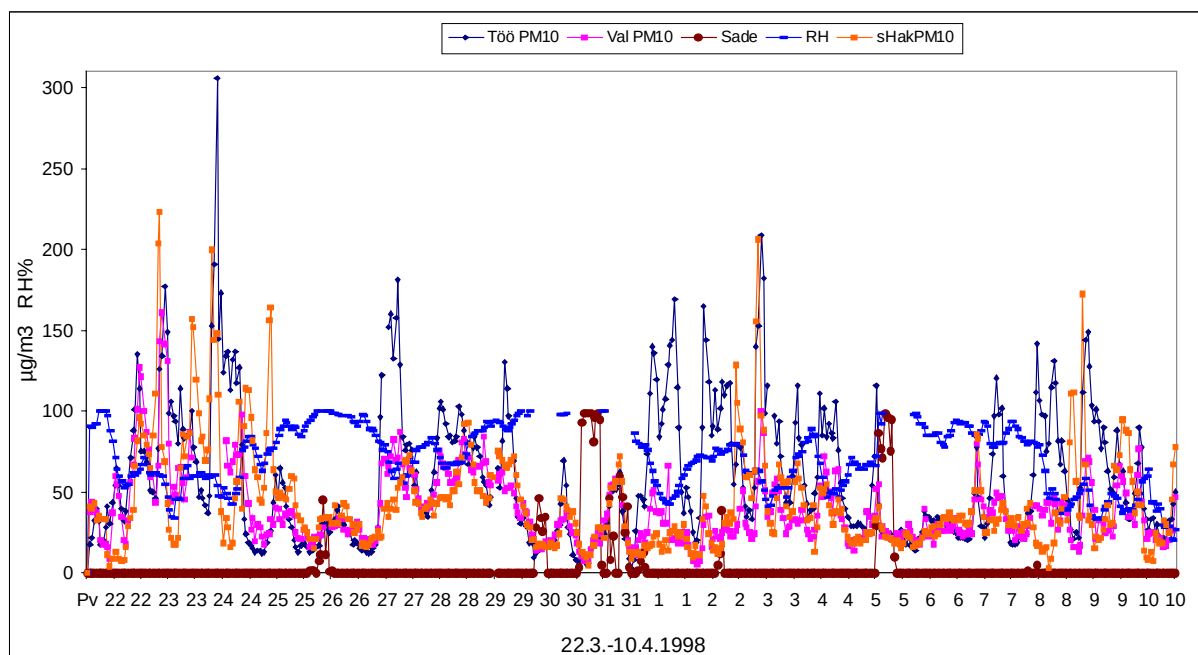
3 Kalsiumkloridin käyttökokeilu keväällä 1998

Rakennusviraston HKR-Ympäristötuotanto kokeili laimeaa kalsiumkloridiliuosta kadulta nousevan pölyn sidontaan 1.4.1998 Vallilassa Mäkelänkadun ja Hämeen tien–Vellamonkadun välisellä alueella³. Olosuhteet eivät kuitenkaan kokeilun kannalta olleet erityisen suotuisat, sillä edellisenä päivänä (31.3.) satoi melko paljon ja jonkin verran myös seuraavana päivänä (2.4.) sekä runsaammin taas 5.4.

Lähellä kokeilualueen keskipistettä sijaitsee YTV:n Vallilan mittausasema, joka siten sopii hyvin tämän kokeilun tulosten tarkasteluun. Sen PM₁₀-pitoisuuksia on verrattu Töölön ja Hakunilan arvoihin kuvassa 3. Kastelun jälkeisinä kahtena ensimmäisenä päivänä Vallilan pitoisuudet ovat huomattavasti alhaisemmat kuin Töölön. Kuitenkin Töölössä usein havaitaan Vallilaa huomattavasti korkeampia arvoja, kuten kastelua edeltävinäkin päivinä on nähtävissä. Hakunilaan verrattuna Vallilan hiukkaspitoisuudet ovat kastelun jälkeen suunnilleen samalla tasolla, mitä ne olivat myös ennen kastelua. 5.4. tulleet sateet ovat pudottaneet myös Töölön pitoisuudet hyvin alhaisiksi eikä sen jälkeen hiukkaspitoisuuksissa ole nähtävissä mitään, mikä viittaisi kalsiumkloridikastelun vaikutukseen. Näin ollen vuoden 1998 kokeilun perusteella ei voida sanoa, vaikuttiko kalsiumkloridin käyttö pölypitoisuuksien alenemiseen. Syynä tällaiseen tulokseen olivat ennen kaikkea kaikkea kokeilua edeltäneet ja sen jälkeiset sateet.

² Fighting Corrosion, in Chassis Study Group Information Report, 2002-1. Technology and Maintenance Council, Slexandria, VA, USA.

³ HKR-tiedote 7.4.1998.



Kuva 3. Ilman PM₁₀-pitoisuudet Töölössä, Vallilassa ja Hakunilassa 22.3.-10.4.1998 sekä ilman suhteellinen kosteus ja sademäärä samaan aikaan.

4 Kalsiumkloridin käyttö keväällä 2004

4.1 Suoritetut toimenpiteet

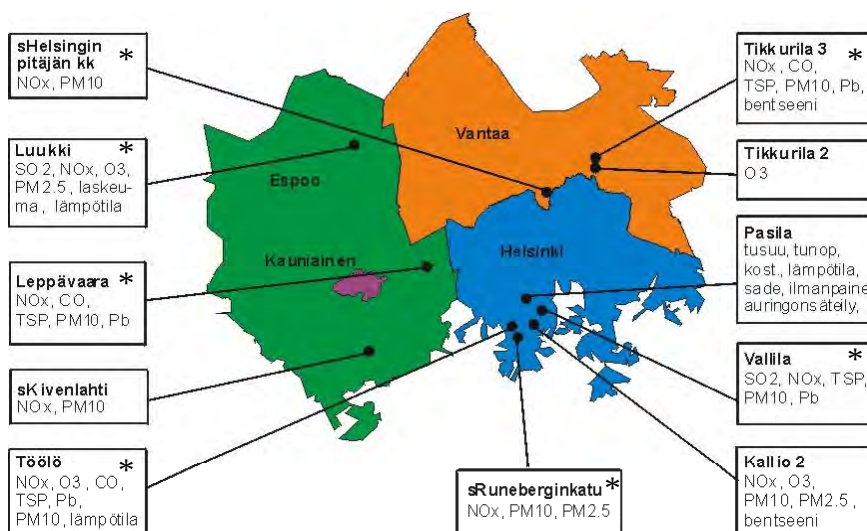
Keväällä 2004 oli pitkä sateeton kausi, jonka vaikutuksesta ilmassa leijuvan katu-pölyn määrä nousi korkeaksi. Koska ilmatieteen laitos arvioi kuivan ilman jatkuvan useita vuorokausia, antoivat Helsingin kaupungin ympäristökeskus ja YTV ennak-kovaroituksen 31.3. klo 9.00 ja toimenpidepyynnön 31.3. klo 12.00 ryhtyä kastele-maan katuja pölyhaittojen ehkäisemiseksi. Näiden toimenpiteisiin ryhdyttiin Hel-singissä, Vantaalla ja Espoossa kastelemalla pääväylät ja osin muitakin katuja kal-siumkloridiliuoksella. Myös tielaitos suoritti kastelua Kehä I:llä.

Helsingissä levitettiin kalsiumkloridiliuosta laajasti heti 31.3. (työnjohtajien kirjalli-set raportit / Jari Viinanen). Koillisessa tiepiirissä levitys oli aloitettu jo 29.3. Pölyn-sidontaliuoksen levitystä jatkettiin Helsingissä 1.4. ja vähäisessä määrin vielä 2.4. Levittäjien havaintojen mukaan työ onnistui hyvin ja vaikutukset ilmassa leijuvan pölyn määrään näkyivät nopeasti. Ainakin joillakin alueilla ei kasteltu koko ajo-väylää, vaan noin metrin leveydeltä jalkakäytävän reunasta lukien (lautaslevitys, Seppo Ilvosen suullinen tiedonanto).

Vantaalta esitetään tiedot vain itäisen tiepiirin alueelta, koska YTV:n ilman laadun mittausasema sijaitsee Tikkurilassa. Itä-Vantaan pääkatuverkosto ja keskustojen (mm. Tikkurila) katuverkosto laajemminkin kasteltiin 16-prosenttisella CaCl_2 -liuoksella 1. ja 2.4. Senkin jälkeen käytettiin laimeampaa CaCl_2 -liuosta katujen puhdistuksen yhteydessä estämässä jään muodostusta (Erkki Tammiston tiedonanto). Espoosta esitetään myös vain itäisen tiepiirin tiedot, koska YTV:n mittausasema on Leppävaarassa. Leppävaarassa ja Tapiolassa CaCl_2 -kastelu aloitettiin jo 30.3. Kastelua laajennettiin 31.3. ja 1.4. Leppävaarassa kasteltiin kaikkiaan kuutena päivänä 8.4. saakka. Espoossa kasteltiin keväällä 2004 vain noin 0.5 metrin leveydeltä kanttikiven vierestä ja muilta paikoilta, joihin hiekkaa oli kertynyt (Markku Kosken tiedonanto).

4.2 Ilman hiukkaspitoisuudet ennen kastelua ja sen jälkeen

Kevät 2004 oli katupölyn kannalta sääoloiltaan erittäin vaikea, koska sateita oli hyvin vähän. Ensimmäiset pölyepisodit esiintyivät jo ennen helmikuun puoliväliä. Maaliskuun loppupuolelle tultaessa kuiva kausi oli jatkunut jo viikkokausia ja ilman PM_{10} -pitoisuudet nousivat joka päivä korkeiksi kaikilla pääkaupunkiseudun mittausasemilla (kuva 4). Raja-arvo PM_{10} -hiukkaspitoisuudelle $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vuorokausikeskiarvo) ylittyi monilla mittausasemilla 29.3. ja 30.3. ja korkeimmat tuntipitoisuudet nousivat yli $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$:ssä (kuva 5).



Kuva 4. YTV:n ilmanlaadun mittausasemat. Tässä työssä on käytetty tähdellä merkittyjen asemien tuloksia. Helsingin pitäjän kk = Kylänraitti.

Hengitettävän pölyn määrä on yleensäkin riippuvainen ilman kosteudesta. Niin on ollut myös kalsiumkloridikastelun jälkeen. Tarkastelujakso ulottuu runsaan kahden viikon päähän käsittelystä. Tänä aikana ei ole satanut juuri lainkaan. Mikäli pölynsidontakäsittelyä ei olisi suoritettu, olisi ilman PM_{10} -pitoisuus noussut kaikkina päi

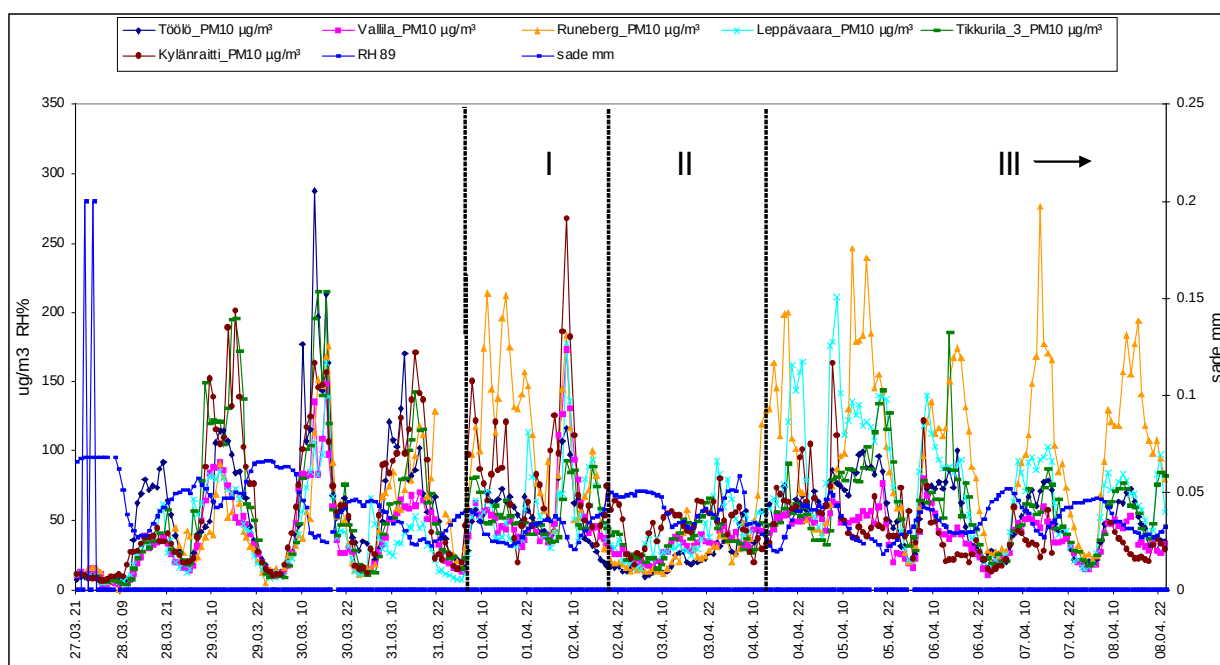
vinä korkeaksi kaikilla mittausasemilla. Nyt oli useita hyvin alhaisten pitoisuuksien päiviä, mutta välillä melko korkeitakin pölymääriä. Tarkasteluajalta voidaan erottaa seuraavat jaksot, joina ilman PM_{10} -pitoisuudet vaihtelivat ilman kosteuden ja siitä riippuvaisen $CaCl_2$:n pölynsidontakyvyn mukaan (Kuvat 5 ja 6, taulukko 1):

- I. Kastelupäivänä PM_{10} -pitoisuuksien alenema on vaihdellut eri asemilla, mikä ehkä saattaa johtua kastelun erilaisesta ajoituksesta. Sen jälkeen runsaan vuorokauden ajan PM_{10} -pitoisuudet olivat melko korkeat ilman kosteuden ollessa hyvin alhainen ja pölynsidontan heikkoa.
- II. PM_{10} -pitoisuudet suhteellisen alhaisia ilman kosteuden ollessa melko korkea.
- III. Pitoisuudet vaihtelevat runsaasti vuorokauden mittaan: yöllä ne ovat alhaisia ilman kosteuden ollessa suuri ja päivällä korkeita ilman ollessa kuivaa ja pölynsidontakyky heikkoa. Päiväajan PM_{10} -pitoisuuksia nostaa tietysti myös liikennemäärän lisäys. Kuitenkin esimerkiksi 5.4. (maanantai) pölypitoisuudet pysyvät myöhään korkeina, kun ilman kosteus illalla on normaalia alhaisempi.
- IV. Pitoisuudet ovat pitkän ajan hyvin alhaisia, kun ilman suhteellinen kosteus on kohonnut. PM_{10} -pitoisuudet olisivat varmasti olleet hyvin korkeita, ellei kalsiumkloridikastelua olisi suoritettu.
- V. Pitoisuudet kohosivat jälleen selvästi ilman kuivuessa ja pölynsidontakyvyn heiketessä.
- VI. Pölypitoisuudet laskivat vielä kerran ilman kosteuden noustessa. Vielä tämänkin jakson pitoisuuksien aleneminen katsotaan aiheutuneen pölynsidontasta. Näin ollen kastelun vaikutus näissä olosuhteissa säilyi kahden viikon ajan. Tämä jakso tosin osui pääosin yöaikaan, jolloin myös liikenteen pölyä aiheuttava vaikutus on pieni. Kuitenkin sekä alkuillan että aamuruuhkan PM_{10} -pitoisuuksien vertailu edelliseen vuorokauteen osoittaa selvästi suurempia arvoja tällä jaksolla ilman kosteuden ollessa huomattavasti korkeampi.
- VII. Pitoisuudet alkavat pysyä korkeina, vaikka ilman kosteuspitoisuus on suuri. Tämä viittaa siihen, ettei kalsiumkloridin pölynsidontavaikutus enää tehoa.

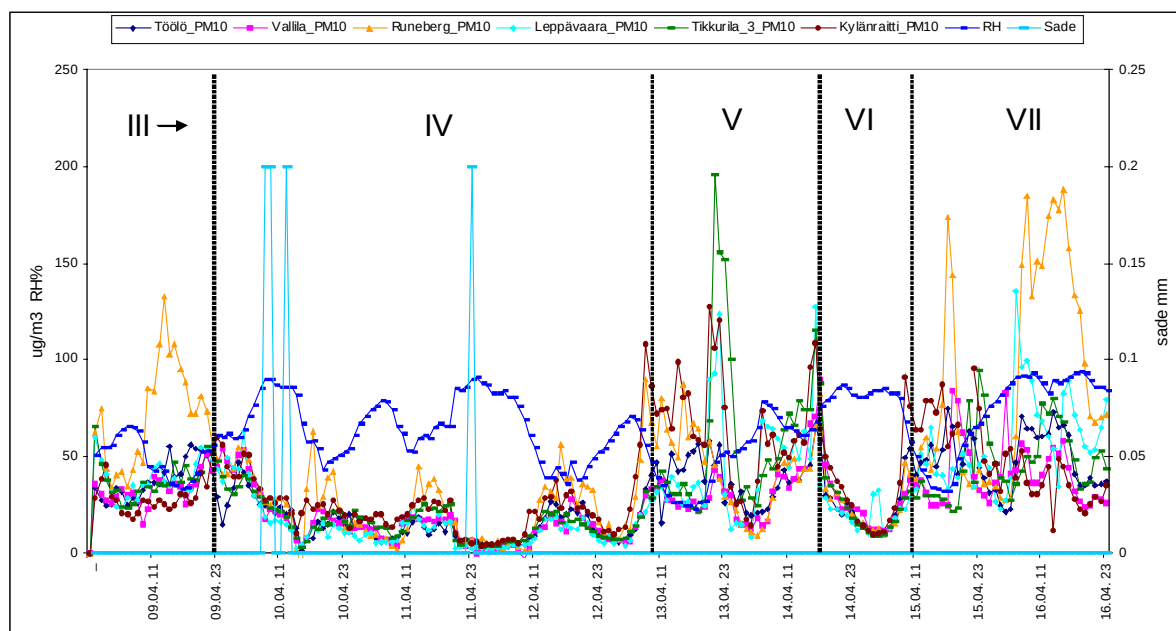
Taulukko 1. Ilman hiukkaspitoisuudet (kuuden mittausaseman tulosten perusteella) ja ilman suhteellinen kosteus (RH) kalsiumkloridikastelun jälkeisinä päivinä.

Jakso	Aika	PM ₁₀ keskiarvo min-max	RH keskiarvo min-max	Kevään hiekan poisto etenee 
I	1.4. klo11- 2.4. klo 18	82,8 19,5-268	41,8 29-54	
II	2.4. klo 19- 4.4. klo 11	47,2 18,2-80,6	60,7 44-82	
III	4.4.klo 12- 9.4. klo 22	38,6 10,5-163	49,2 26-73	
IV	9.4. klo 23- 13.4. klo 8	23,6 3,6-108	65,4 36-91	
V	13.4. klo 9- 14.4. klo 16	66,0 14,4-128	50 23-78	
VI	14.4. klo 17 15.4. klo 10	33,3 10-91,3	80,2 57-88	
VII	15.4. klo 18 16.4. klo 23	49,0 12-96	72,7 32-94	

16.4. jälkeisinä päivinä esiintyy verraten korkeita pölypitoisuuksia ilman kosteudesta riippumatta, mm. 19. ja 20.4. raja-arvon ylityksiä ilman kosteuden ollessa kohtalainen. 21.4. satoi jonkin verran, mikä yhdessä hiekanpoiston etenemisen kanssa vaikutti pölypitoisuuksiin niin, ettei kalsiumkloridin mahdollista vaikutusta ole enää mahdollista arvioida. Vaikutus on siten kestänyt kahden viikon ajan. Samanlaiseen arvioon on päädytty Helsingin pölyntorjunnasta vastaavassa työnjohdossa (Raimo Grönqvist ja Seppo Ilvonen, suullinen tiedonanto) sillä perusteella, että katujen pinnat pysyvät kastelun jälkeen kahden viikon ajan tummina, mikä on merkki kosteudesta.



Kuva 5. Ilman PM₁₀-pitoisuudet Töölössä, Vallilassa, Runeberginkadulla, Leppävaarassa, Tikkurilassa ja Kylänraitilla 27.3.–8.4.2004 sekä ilman suhteellinen kosteus ja sademäärä samaan aikaan. Sateita ei ollut lainkaan 27.3. jälkeen.



Kuva 6. Ilman PM₁₀-pitoisuudet Töölössä, Vallilassa, Runeberginkadulla, Leppävaarassa, Tikkurilassa ja Kylänraitilla 9.-16.4.2004 sekä ilman suhteellinen kosteus ja sademäärä samaan aikaan. Erittäin vähäisiä sateita esiintyi vain 10. ja 11.4.

4.3 CaCl₂-liuoksen määrän ja väkevyyden vaikutus

Käytetyn CaCl₂-liuoksen konsentraatio ja määrä vaihtelivat. Liuos tulee valmistajalta 32-prosenttisena. Varsin yleisesti se on laimennettu puoleen tai sitäkin laimeammaksi. Käytettäessä kalsiumkloridia hiekanpoiston yhteydessä liuos on saatanut olla jopa 5-prosenttista, jolloin sillä on pyritty alentamaan jäätymispistettä, jotta hiekanpoisto voidaan aloittaa aikaisemmin myös pakkasaamuina (kuva 1).

Liian väkevän liuoksen käyttö tulee tarpeettoman kalliiksi ja voi helpommin johtaa suolan kulkeutumiseen sisätiloihin. Liian laimea taas ei riitä kunnolla pölyn sidontaan. Toistaiseksi ei ole aineistoa sopivan konsentraation arvioimiseksi. Tämän tutkimuksen tulokset osoittavat, että kalsiumkloridikastelu ei ole ollut riittävä päivinä, jolloin ilman suhteellinen kosteus on alhainen. Koska toisaalta on kyse kalsiumkloridin fysikaalis-kemiallisista ominaisuuksista, ei merkittäväkään väkevyyden ja määrän lisääminen ehkä auta kuivina päivinä.

5 Johtopäätökset

Joka kevät toistuvien katupölyhaittojen ehkäisemiseksi Helsingin kaupungin ympäristökeskus, rakennusvirasto ja YTV ovat laatineet suunnitelman, joka sisältää myös toimenpiteet vaikeiden katupölyepisodien sattuessa⁴. Tällaisessa tilanteessa käytettiin keväällä 2004 toimenpiteenä katupintojen kastelua kalsiumkloridiliuoksella Helsingissä, Vantaalla ja Espoossa..

Kastelun vaikutuksia ilman PM₁₀-pitoisuuksiin tutkittiin YTV:n kuudella mittausasemalla, joista neljä sijaitsi Helsingissä, yksi Vantaalla ja yksi Espoossa. Hiukkas-pitoisuuksien muutoksia verrattiin meteorologisiin tietoihin, ennen kaikkea ilman kosteuspitoisuuteen ja sademäärään. Tuloksista voidaan päätellä, että kalsiumkloridin vaikutus sateettomana aikana kesti kaksi viikkoa. Runsaammat sateet huuhtelevat suolan pois. Vähäinen sade on eduksi kostuttaessaan suolaa.

Kuitenkin pölynsidontakyky oli suuresti riippuvainen ilman kosteudesta. Kuivina päivinä PM₁₀-pitoisuudet kohosivat heti kastelun jälkeenkeisinä päivinä, mutta ilman kosteuden lisääntyessä kalsiumkloridi imi ilmasta vettä ja sitoi pölyä vielä 15.4. Ilman kosteuden ollessa suuri on CaCl₂:n pölynsitomiskyky erittäin hyvä. Kosteuden laskiessa 60–70 prosenttiin pölynsidontakyky alkaa heiketä ja RH 40–50:ssä teho laskee suuresti. Nämä ominaisuudet on syytä huomioida myös CaCl₂-liuoksen levitysajankohtaa harkittaessa. Mikäli levitys tapahtuu hyvin kuivana ja aurinkoisena päivänä keskipäivän aikaan tai iltapäivän alussa, ehtii liuos haihtua ja suola kuivua ennen kuin se kunnolla sitoo pölyä.

⁴ Jari Viinanen 2003 (toim). [Suunnitelma katupölyhaittojen ehkäisemiseksi. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen monisteita 3/2003.](#)

Keväisen katupölyn sitomisessa kalsiumin käyttö rajoittunee useimpina vuosina yhteen tai kahteen kertaan. Sitä voidaan käyttää myös rajoitetusti täsmälevityksenä, jolloin ei levitetä koko ajoradan aluetta vaan ainostaan ongelmallisimmat kohdat. Näin on toimittu ainakin Espoossa ja joillakin Helsingin alueilla ja toimenpiteet näyttävät riittäviltä. Kalsiumkloridin käyttö pölyn sidontaan voidaan siten rajoittaa niin vähäiseksi, ettei sillä pitäisi olla haitallisia vaikutuksia esimerkiksi autojen korroosion lisääjänä. Myöskään merkittäviä ympäristövaikutuksia näin vähäisellä käytöllä ei ole. Katupölyn vähentämisen toimenpiteet tulee kuitenkin kohdistaa pölyn muodostuksen vähentämiseen ja pölynsidontaa käyttää vain sellaisissa tilanteissa, joissa pölyn vähentämisessä ei ole riittävästi onnistuttu.

Kiitokset

Tutkimus on tehty Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen toimeksiannosta ja rahoittamana. Kiitän ympäristöjohtaja Pekka Kansasta ja DI Jari Viinasta hyvästä yhteistyöstä. Tutkimusaineisto on saatu YTV:n ympäristötoimistolta, mistä esitän parhaat kiitokseni tutkimuspäällikkö Tarja Koskentalolle. Kiitän myös Raimo Grönqvistiä, Seppo Ilvosta, Erkki Tammistoa ja Markku Koskista kalsiumkloridin käyttöä koskevista käytännön tiedoista.

HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN MONISTEITA 2003

1. **Helsingin kaupungin ympäristöohjelma 1999 - 2002. Seurannan loppuraportti 2002.** Camilla v. Bonsdorff, Johanna Vilkuna, Kaarina Heikkonen, Eeva Pitkänen, Paula Nurmi, Markku Viinikka ja Antti Pönkä
2. **Helsingin ja Espoon merialueiden velvoitetarkkailu vuonna 2002.** Katja Pellikka (toim.)
3. **Suunnitelma katupölyhaittojen ehkäisemiseksi.** Jari Viinanen (toim.)
4. **Luonnonvarojen kulutuksen vähentäminen ja jätteiden synnyn ennaltaehkäisy Helsingin asuntotuotantotoiminnassa – muistio ja kehittämisehdotuksia.** Erja Heino
5. **Stadin kompostikampanja III.** Viveca Backström
6. **Leikkipuistojen kahluualtaiden veden hygieeninen laatu Helsingissä 1998–2003.** Seija Kalso, Juhani Airo, Antti Pönkä ja Stina Laine
7. **Kallahdenharjun hoito- ja käyttösuunnitelma v. 2003–2012.** Ympäristösuunnittelu Enviro Oy
8. **Yleisten uimarantojen hygieeninen taso Helsingissä vuonna 2003.** Marjo-Kaisa Matilainen, Kari Laine ja Antti Pönkä
9. **Katsaus Helsingin ympäristön tilaan 2003.** Liisa Autio (toim.)

HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN MONISTEITA 2004

1. **Helsingin ja Espoon merialueiden velvoitetarkkailu vuonna 2003.** Katja Pellikka (toim.)
2. **TBT- ja raskasmetallikartoitus telakoiden ja venesatamien edustoilta Helsingissä vuonna 2003.** Liisa Autio
3. **Kaupungin ympäristöongelmat kuntalaisten ja ympäristökeskuksen kohtaamisissa.** Risto Haverinen
4. **Liha-alan laitosten tuotantohygienia ja patogeenisten bakteerien esiintyminen tuotantotiloissa vuosina 2001–2003.** Sanna Viitanen, Tuula Koimäki, Aimo Kuhmonen ja Riikka Åberg
5. **Haltialan metsäalueen seurantaohjelma 2004–2025.** Jarmo Honkanen
6. **Helsingin sisäampumaradat. Raportti vuonna 2004 tehdyistä ympäristötarkastuksista.** Pauli Lindfors ja Olavi Lyly
7. **Yleisten uimarantojen hygieeninen taso Helsingissä vuonna 2004.** Marjo-Kaisa Matilainen, Kari Laine ja Antti Pönkä

HELSINGIN KAUPUNGIN YMPÄRISTÖKESKUKSEN MONISTEITA 2005

1. **Muistio Helsingin kaupungin tytäryhteisöjen ympäristövaikutuksista ja kaupungin mahdollisuudet niiden ohjaukseen.** Marjut Sinivuo
2. **Kalsiumkloridin käyttö katupölyn sidontaan pääkaupunkiseudulla keväällä 2004.** Heikki Tervahattu