

Katupölyn mittaus Nuuskijalla ja ohiajotestit

Liisa Pirjola

Dosentti, yliopettaja

Metropolia ammattikorkeakoulu

Teollinen tuotanto

Auto- ja kuljetustekniikka

<http://nuuskija.metropolia.fi>

Katupölyseminaari 25.1.2012, Viikin ympäristötalo

Laboratorioauto Nuuskija

- Ainutlaatuinen liikkuva ilmanlaadun tutkimuslaboratorio
- suunniteltu ja rakennettu Metropoliasa Tekesin ja LVM:n rahoittamassa LIPIKA-projektissa, valmistui v. 2003
- katupölymittausjärjestelmä Tekesin rahoittamassa VIPEN-projektissa v. 2005
- Nuuskijalla voidaan mitata pakokaasupäästöjä todellisissa ajotilanteissa (Pirjola et al., 2004; 2006) sekä renkaan ilmaan nostattamaa katupölypitoisuutta (Pirjola et al., 2009; 2010)
- Volkswagen LT 35 diesel
- Pakokaasun mittaamiseen kaksi mahdollisuutta: 2.4 m korkeudelta tuulilasin yläpuolelta ja 0.7 m korkeudelta etupuskurin yläpuolelta.



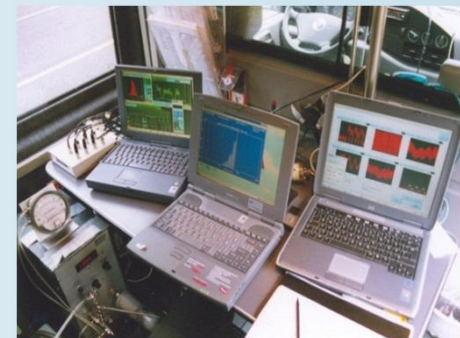
Katupölymittaukset Nuuskijalla

- Nuuskija mittaa auton renkaan nostattamaa katupölypitoisuutta vasemman takarenkaan (vetävä pyörä) takaa, siis lähellä lähdettä
- Näyte kerätään kartiomaiseen suuaukkoon, jonka pinta-ala on 0.20m x 0.22m ja etäisyys 5 cm renkaasta ja 7 cm maan pinnasta. Suuaukon koko määräytyi renkaan ja lokasuojan geometriasta.
- Ruostumaton teräsputki (halkaisija 10 cm) johtaa katolle, missä sähkömoottori ohjaa pumppua, millä tuotetaan vakio virtaus 2000 L/min putkeen. Haarautuman kautta näyte johdetaan mittalaitteille.
- Testirenkaana on käytetty kitkarengasta Nokian Hakkapeliitta CR 225/70/R15



Mittalaitteisto

- Hiukkasten lukumääräpitoisuutta ja kokojakaumaa 7 nm:sta 10 μm :iin mitataan kahdella ELPI:llä (Electrical Low-Pressure Impactor; Dekati Ltd.) 1 sekunnin aikaresoluutiolla. Toinen ELPI mittaa katupölypitoisuutta pyörän takaa ja toinen taustailman pitoisuutta etupuskurin yläpuolelta. Massapitoisuus $\text{PM}_{2.5}$ saadaan laskennallisesti, kun hiukkasten tiheys tunnetaan.
- Massapitoisuutta PM_{10} mitataan pyörän takaa TEOM:lla (Tapered Element Oscillating Microbalance; series 1400A, Rupprecht & Patashnick), mikä tallettaa 30-s liukuvaa keskiarvoa 10s välein.
- PM_{10} mitataan myös kahdella DustTrak:lla (TSI, model 8530), joiden aikaresoluution on 1 s. DustTrak voi myös mitata $\text{PM}_{2.5}$ and PM_{10} .



Mittalaitteisto

- Nuuskija mittaa myös kaasujen pitoisuuksia: hiilimonoksidi (CO; model CO12M, Environnement S.A.), typen oksidit (NO, NO_x; model APNA 360, Horiba), ja hiilidioksidi (CO₂; model VA 3100, Horiba) tuulilasin yläpuolelta tai etupuskurin yläpuolelta.
- Sääasema katolla 2.9 m korkeudella tallettaa meteorologiset suureet: Suhteellinen tuulen nopeus ja suunta ultraäänisensorilla (model WAS425AH, Vaisala) sekä lämpötila ja suhteellinen kosteus sondilla (model HMP45A, Vaisala).
- Satelliittipaikannin (model Garmin16X) tallettaa auton nopeuden ja ajoreitin



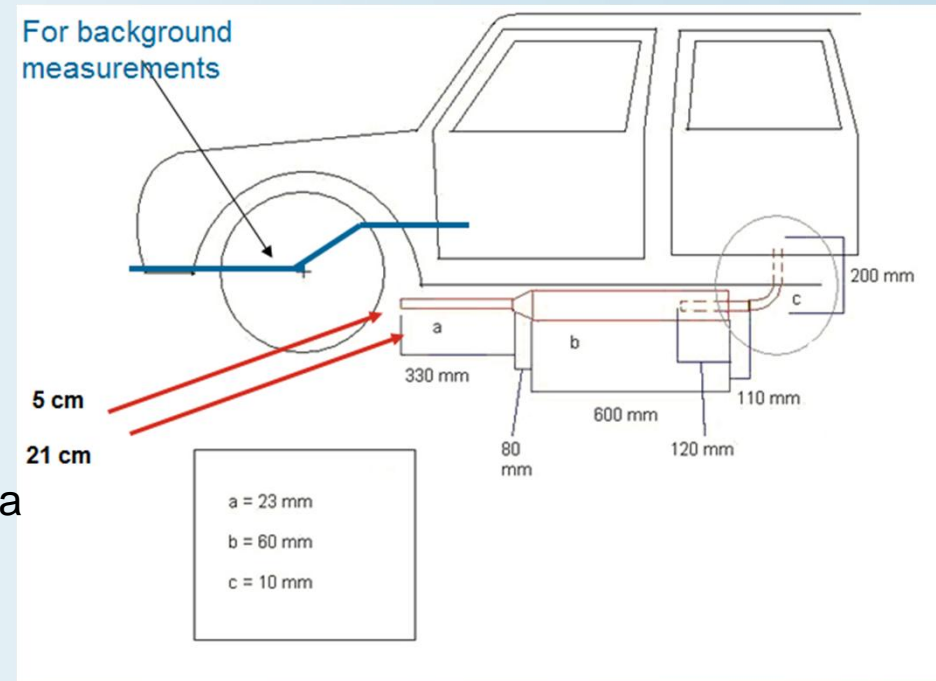
Tutkimusajoneuvo Opel Vectra

- Vuonna 2009 Metropolia rakensi Nordic Enviconin omistamaan bensiinikäyttöiseen henkilöautoon Opel Vectra katupölyn mittausmenetelmän, mikä perustuu ns. TRAKER (Testing Re-entrained Aerosol Kinetic Emissions from streets) metodi. Metodi on kehitetty USA:ssa (Etyemetzian et al., 2003)
- Vectra mittaa renkaan nostattamaa katupölypitoisuutta vasemman eturenkaan takaa, lähellä lähdettä
- Pölynäyte kerätään isokineettisesti halkaisijaltaan 1 cm putkeen, minkä suuaukko sijaitsee 5 cm etäisyydellä renkaasta ja 21 cm etäisyydellä maan pinnasta. Auton katolla olevalla puhaltimella tuotetaan putkeen laminaarinen virtaus, jonka virtausnopeus on 75 L/min.



Katupölyn mittaaminen Opel Vectralla

- PM10:n taustapitoisuus mitataan toisella näytteenottoputkella auton etupuskurista
- PM10 mitataan kahdella DustTrak:lla (TSI, model 8530) 1 s taikaresoluutiolla
- Satelliittipaikannin ja tietokone
- Mittauslaitteisto on helposti rakennettavissa ja purettavissa
- Testirenkaana käytetään kitkarengasta Nokian Tyres Hakkapeliitta R, 205/55/R16
- Mittaustulokset kuvaavat keskimääräisen henkilöauton eturenkaan nostattamaa päästöä



Ilmanlaadun mittausasema (HSY)

- PM₁₀ and PM_{2.5} concentration measurements with battery-operated Osiris monitors at 6 sites (pairs on the opposite sides of the 3 test street sections). Distance from the streetway edge 3 m and sampling height 4 m.
- Measurement trailer for air quality (PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, NO) and weather parameters (wind speed and direction, temperature, relative humidity, air pressure and rain). Furthermore, webcam during upwind-downwind test.



Ohiajomittaukset ajoneuvojen päästökertoimien määrittämiseksi

Ohiajomittausten tavoitteet

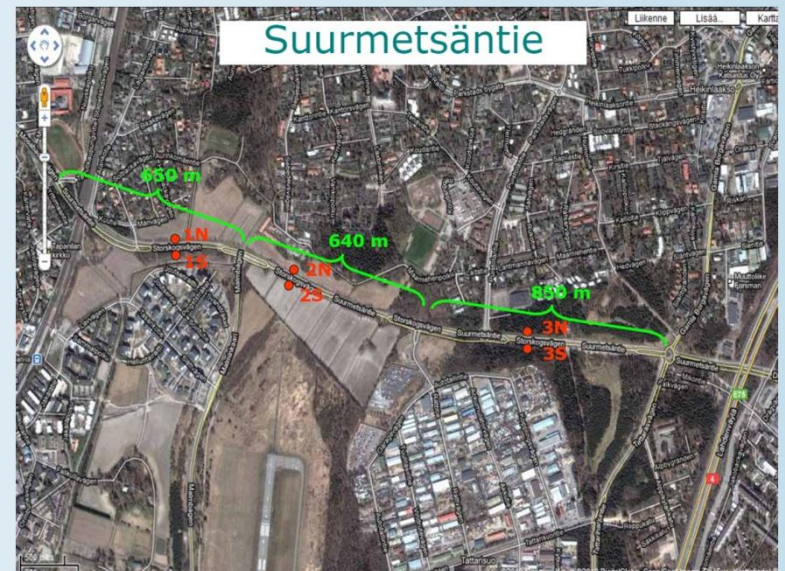
To estimate:

- (1) Vehicle specific PM₁₀ emission factors (car and van)(Sniffer and Vectra) utilizing upwind-downwind measurement data
- (2) The link between the street surface concentrations measured with the measurement vehicles Sniffer and Vectra with street side concentrations and further with emission factors

These measurements are part of Actions 1 and 2 and will provide parameters to be used in Action 3 of the REDUST project.

Ohiajomittaukset keväällä 2011

- Paikka: Suurmetsäntie, Osio 2
- Aika: 12.4.2011
- Mittauslaitteet:
 - Osiris (PM₁₀) ohiajomittauspari
 - Webkamera liikennetiheyden tallentamiseen
 - Sää tiedot sekä HSY:n mittauskopista että Nuuskijasta
 - 10 m korkea torni pystytettiin alatuulen puolelle katua, 3 DustTrak-laitetta 1.9, 2.9 ja 4.3 m korkeuksilla
 - 1 DustTrak kopin katolla 4 m korkeudella
 - Tuulen suunta oli ~200°
 - Tuulen nopeus oli ~2-2.5 m/s



Mittausmenetelmä

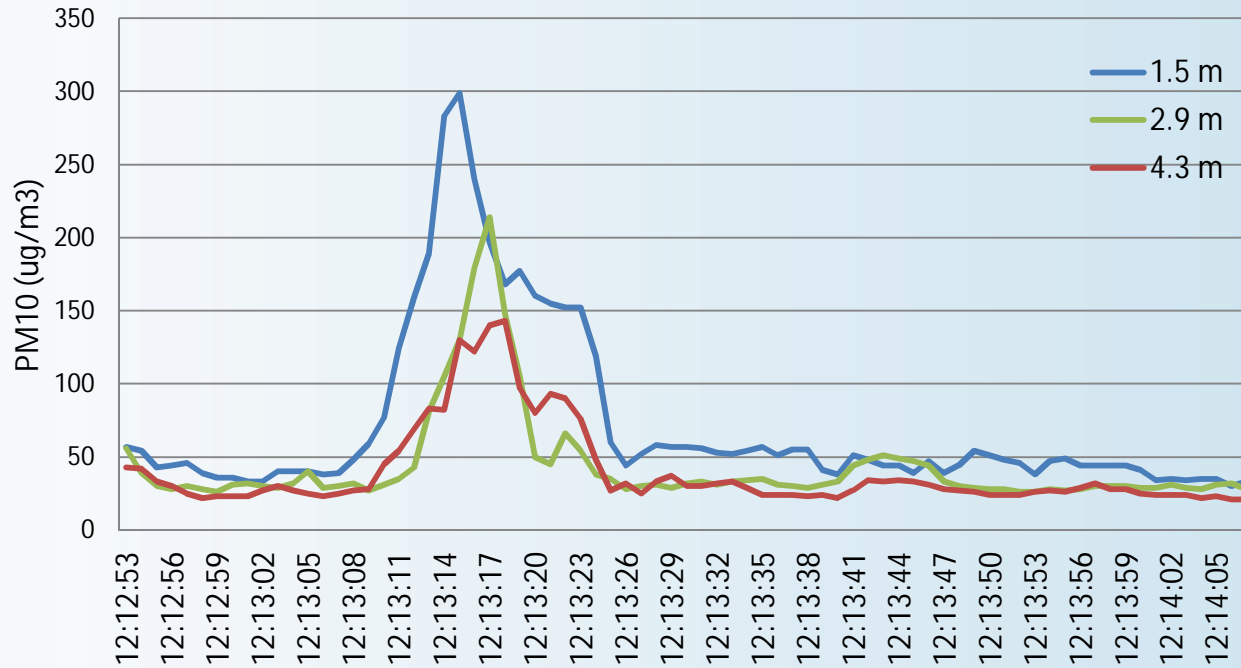
- 1) Aluksi mitattiin tien pinnan päästöpitoisuudet PM_{10} sekä Nuuskijalla (TEOM ja DustTrak) että Vectralla (2 DustTrak), nopeudella 50 km/h (5 toistoa).
- 2) DustTrakit asennettiin torniin ja kopin katolle
- 3) Nuuskija ja Vectra ajoivat tornin ohi 50 km/h nopeudella
 - Ei muita autoja (vaikea toteuttaa, lokikirjaan merkinnät)
 - Toistoja riittävästi
 - Lisäksi Nuuskija mittasi normaalista TEOM:illa katupölypitoisuutta
- 4) Lopuksi toistettiin tien pinnan päästöpitoisuusmittaukset sekä Nuuskijalla että Vectralla nopeudella 50 km/h (5 toistoa)



Video

suurmets,,ntie_12042011 025.avi

Nuuskijan ohiajo



Päästökertoimet

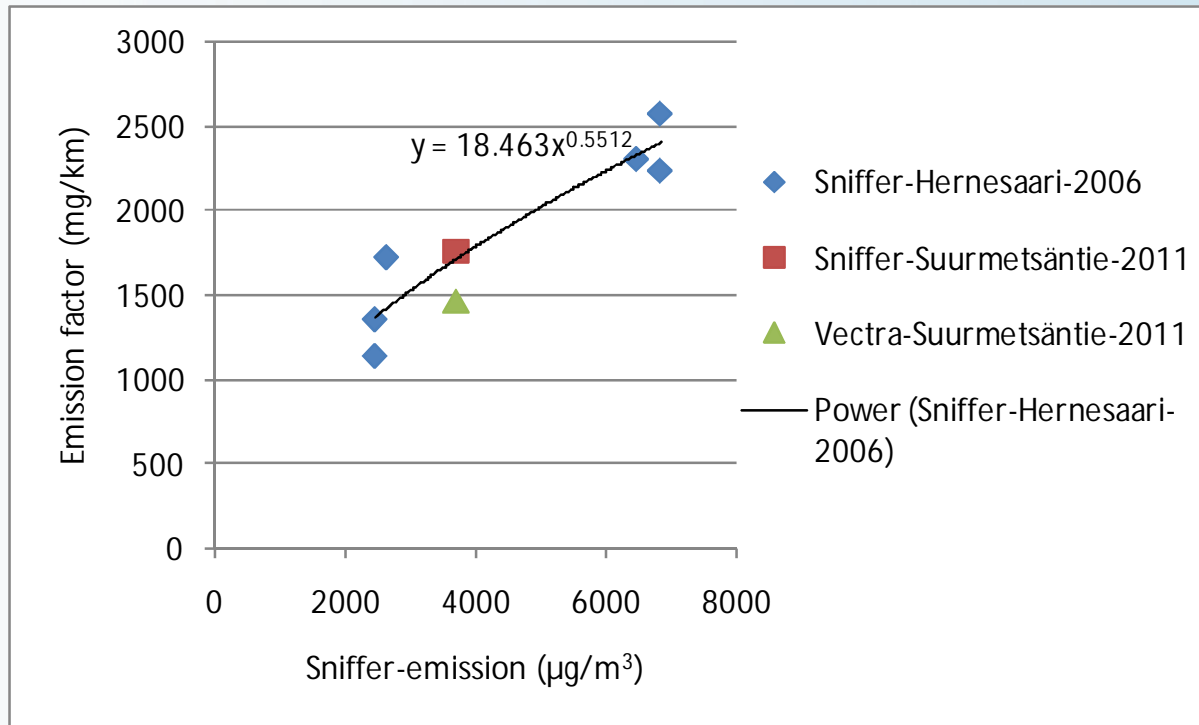
- Ohiajopiikkien avulla on laskettu Nuuskijan ja Vectran keskimääräiset päästökertoimet TRAKER-menetelmän mukaisesti (Etyemetzian et al. 2003, *Atm Env* 37, 4559-4571; Gillies et al. 2005, *Atm Env* 39, 2341-2347; Gertler et al. 2006, *Atm Env* 40, 5976-5985)

- EF (mg veh⁻¹ km⁻¹) =

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^3 u_i \text{ (m / s)} \cos \theta_i m_S \text{ (}\mu\text{g / m}^3\text{)} \Delta z_j \text{ (m)} \Delta t_i \text{ (s)} \cdot 10^3 \text{ (km / m)} \cdot 10^{-3} \text{ (mg / }\mu\text{g)}$$

- Mikä on Nuuskijan renkaan takaa mittaaman katupölypitoisuuden ja päästökertoimen välinen riippuvuus?

Päästökertoimet







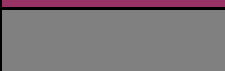


- Kuvassa mukana myös ensimmäiset ohiajomittaukset, jotka tehtiin v.2006 Hernesaarella
- Jos renkaan takaa mitattu pitoisuus on $> 2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, niin

$$\text{EF} (\text{mg veh}^{-1} \text{ km}^{-1}) = 18.46 \times \text{PM}^{0.55}, \text{ (PM in } \mu\text{g m}^{-3}\text{)}$$

- Keskimääräinen Vectran päästökerroin on 20% pienempi
- Päästöön vaikuttavia tekijöitä
 - renkaan tyyppi (kesä, kitka, nasta)
 - ajonopeus
 - tien päällyste
 - tien pinnan kosteus
 - tien pinnalle kertynyt pölymäärä
- Lisämittauksia tarvitaan, jotta saadaan selville Nuuskijan ja Vectran mittaustulosten ja päästökertoimien välinen yhteys myös puhtaammille pinnoille
- Päästökertoimia tarvitaan, kun arvioidaan autokannan kokonaispäästöjä (REDUST –hankkeen Action 3), mallinnukseen (katupölyemissiomalli GRD2) ja niiden avulla voidaan esimerkiksi arvioida, tarvitaanko tien pinnan puhdistustoimenpiteitä

Päästöindeksit

Indeksi	Indeksin väri	Pitoisuus (mg/m ³)	Määritelmä
0-15		0-300	Erittäin märkä tai puhdas tienpinta
15-50		300-1000	Kesäaikainen puhdas tien pinta
50-100		1000-2000	Tienpinta kevätpuhdistusten jälkeen
100-275		2000-5500	Toimenpiteitä vaaditaan
275-400		5500-8000	Toimenpiteitä vaaditaan
400-600		8000-1200	Toimenpiteitä vaaditaan
>600		>12000	Toimenpiteitä vaaditaan

Indeksin arvo, väriskaala, vastaava Nuuskija-pitoisuus ja määritelmä.