



# Puun pienpolton terveysthaitta- tutkimusta uusien teknologioiden kehittämisen tueksi

Raimo O. Salonen

LKT, dosentti

Kansanterveyslaitos (KTL)

Ympäristöterveyden osasto

PL 95, 70701 Kuopio

LIITU-päivä 04.05.2006 Kuopio





## Puhdasta ilmaa Euroopalle (CAFE)

- **Ilmansaasteiden integroidut terveystvaikutusten arviot EU25:lle** PM<sub>2.5</sub>-hiukkasiin ja otsoniin liittyvä kuolleisuus ja sairastavuus, ekologiset ja materiaali-vaikutukset, kustannus-hyötyanalyysi ja toimenpideskenaariot
- **EU:n Ilmansuojelustrategia 21.9.2005** Tavoitteeksi huomattava, kustannustehokas terveysthaittojen sekä ekologisten ja materiaalihaittojen vähentäminen sopusoinnussa EU:n ilmastostrategian kanssa
  - PM<sub>2.5</sub>-direktiiviehdotus
  - uusi integroitu vaikutusarvio ja säädösten uudelleen arviointi v. 2011



## CAFE-arvioita pienhiukkasten terveysvaikutuksista EU25:ssa v. 2000

Ennenaikaisia kuolemia	347 900
Menetettyjä elinvuosia	3 618 700
Imeväiskuolemia	677
Kroonisia keuhkoputkentulehduksia	163 800
Sairaalaan ottoja (sydän+keuhko)	100 300
Lasten alempia hengitystieoirepäiviä	192 756 400
Vajaakuntoisuuspäiviä (RAD) 15-64 v	347 687 000
Taloudelliset menetykset	268 - 781 miljardia € / v

# CAFE-arvioita pienhiukkasten terveysvaikutuksista Suomessa v. 2000

Ennenaikaisia kuolemia	1 270
Menetettyjä elinvuosia	13 840
Imeväiskuolemia	2
Kroonisia keuhkoputkentulehduksia	620
Sairaalaan ottoja (sydän+keuhko)	383
Lasten alempia hengitystieoirepäiviä	778 870
Vajaakuntoisuuspäiviä (RAD) 15-64 v	1 323 390
Taloudelliset menetykset	1 – 2,9 miljardia € / v

## Miksi puun polton päästöt ovat tärkeää ilmansuojelukysymys?

- Kohtuuttoman suuret epäpuhtauspäästöt yhdyskuntailmaan verrattuna saavutettavaan hyötyyn (lämpöenergia)
- Säätölemätön päästösektori muuten tiukasti säädellyssä Euroopassa
- Matala lähipäästö tuottaa intensiivisen altistumisen haitallisiksi tunnetuille epäpuhtauksille
- Hengitys- ja sydänsairaiden valitukset ja naapuririidat lisääntyneet

# Puun pienpolton päästöt Suomessa

- Suuri osuus kokonaispäästöistä:
  - *pienhiukkaset* ( $PM_{2.5}$ ) n. 40%
  - haihtuvat hiilivedyt (VOC) n. 25%
  - polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH) ?
- Säätlemätön päästösektori asutuksen keskellä:
  - ei tulisija- tai polttoainemääräyksiä
  - ei polton toteuttamista koskevia määräyksiä tai ohjeita
  - matalat piiput, ei jälkipuhdistusta

# Ulkoilman pitoisuudet

- Terveysten kannalta merkittävät epäpuhtaudet
  - hiilimonoksidi eli häkä
  - *pienhiukkaset (PM<sub>2.5</sub>): noki, PAH-yhdisteet*
  - pahalle haisevat, ärsyttävät ja/tai syöpävaaralliset kaasut: formaldehydi, akroleiini, bentseeni, jne.
- Suuri ajallinen vaihtelevuus
  - polttoaktiivisuuden vaihtelu, heikko laimentuminen
  - meteorologia: tuulen voimakkuus ja suunta, lämpötilainversiot talvella



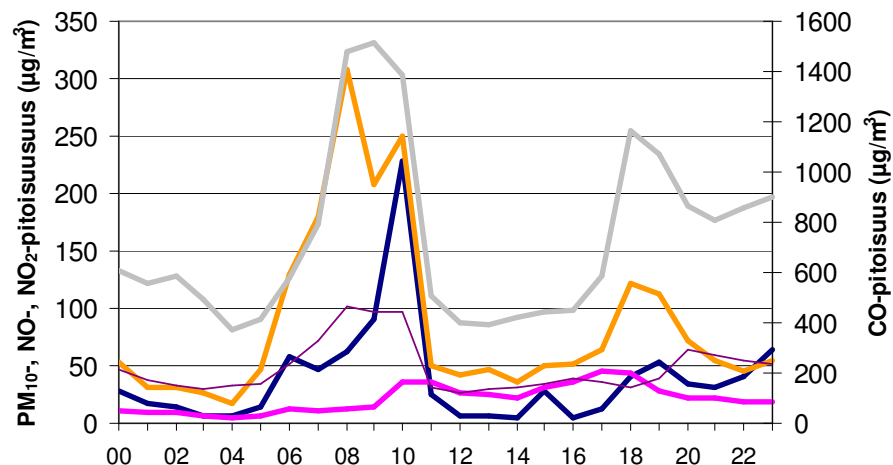
# Lintuvaaran mittausasema: pientaloalue Espoossa



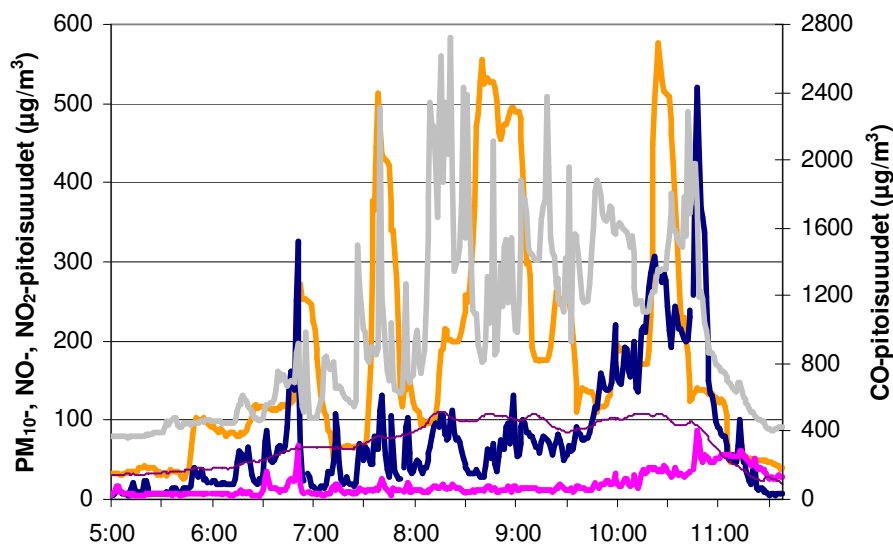
- Liikennemäärä vähäinen 1 700 ajon/vrk
- Runsas pientaloasutus
- Puuta käytetään lisälämmönlähteenä

*Lähde: YTV Seutu-  
ja ympäristötieto*





— NO — NO2 — PM10 — Leppävaara PM10 — CO



— PM10 — NO — NO2 — LepPM10 — CO

- Tyypillinen syksyaamu
- Aamulla ja illalla tyyntä sekä todennäköisesti myös inversiot
- Lintuvaarassa korkeimmat PM<sub>10</sub>-pitoisuudet seudulla
- Vastaavina päivinä analysoiduissa näytteissä polttoperäisten hiukkasten osuus suuri (jopa yli 60 %)
- Kaliumpitoisuus korkeampi kuin muilla asemilla

*Lähde: YTV Seutu- ja ympäristötieto*

# Altistuminen

- Lähistön ulkoilmassa ja sisätiloissa
  - Epäpuhtaudet tehokkaasti kiinteistön painovoimaisen tai suodattamattoman koneellisen ilmanvaihdon kautta sisätiloihin
  - Tehokas hiukkasten ja kaasujen suodatus vain ilmanvaihtojärjestelmän aktiivihiilisuodattimella
- Suuri ajallinen vaihtelevuus
  - Altistuminen suurinta iltaisin ja yöaikaan
  - Terveyshaitan kannalta tärkeää epäpuhtauden pitoisuus ja altistumisaika

## Herkät väestöryhmät

- Ikääntyneet hengitys- ja sydänsairaat
- Kaikenikäiset astmaatikot
- Pienet lapset

## Terveyshaitat puunpolttoympäristöissä

- Lisääntynyt *kokonaiskuolleisuus* ja hengitys-sairauskuolleisuus
  - Christchurch, NZ ja Kalifornia, USA
- Lisääntynyt *astmasairastavuus*
  - Oireet, keuhkotoimintojen heikentyminen, päivystys-vastaanotolla käynnit, sairaalaanotot
- Muita havaintoja
  - Keuhkohtaumataudin pahentuminen
  - Pienten lasten hengityselinoireet ja -infektiot

Boman BC et al, Scand J Work Environ Health 2003;29:251-260

Salonen RO, Ympäristö ja Terveys 2004;35(4):4-9

## Subjektiiiviset haitat Suomessa

- Päänsärky, pahoinvointi, väsymys, keskittymis- ja univaikeudet
- Hengitysteiden ärsytysoireet (kurkkukipu, yskä, hengenahdistus)
- Astmaoireiden ja -lääkkeiden käytön lisääntyminen, päivystysvastaanotolla käynnit
- Silmien kirvely, punoitus ja vuotaminen

## Tutkimustiedon tarpeet Suomessa

- Päästöt → vaikutukset paikalliseen ilmanlaatuun / altistumiseen → arvio haitallisuudesta terveydelle
- **Ilmanlaadun mittaukset lisääaltistumisen arvioimiseksi:** PM-massa- ja numeropitoisuudet + kokojakauma, EC/OC, PAH, biomassan polton indikaattorit (levoglukosaani, ym.), VOC, CO
- **Terveysvaikutukset:** solu- ja kudostavasteiden biologiset indikaattorit kerätyistä hiukkasfraktioista (HVCI), epidemiologia vaikeaa

# PAMCHAR

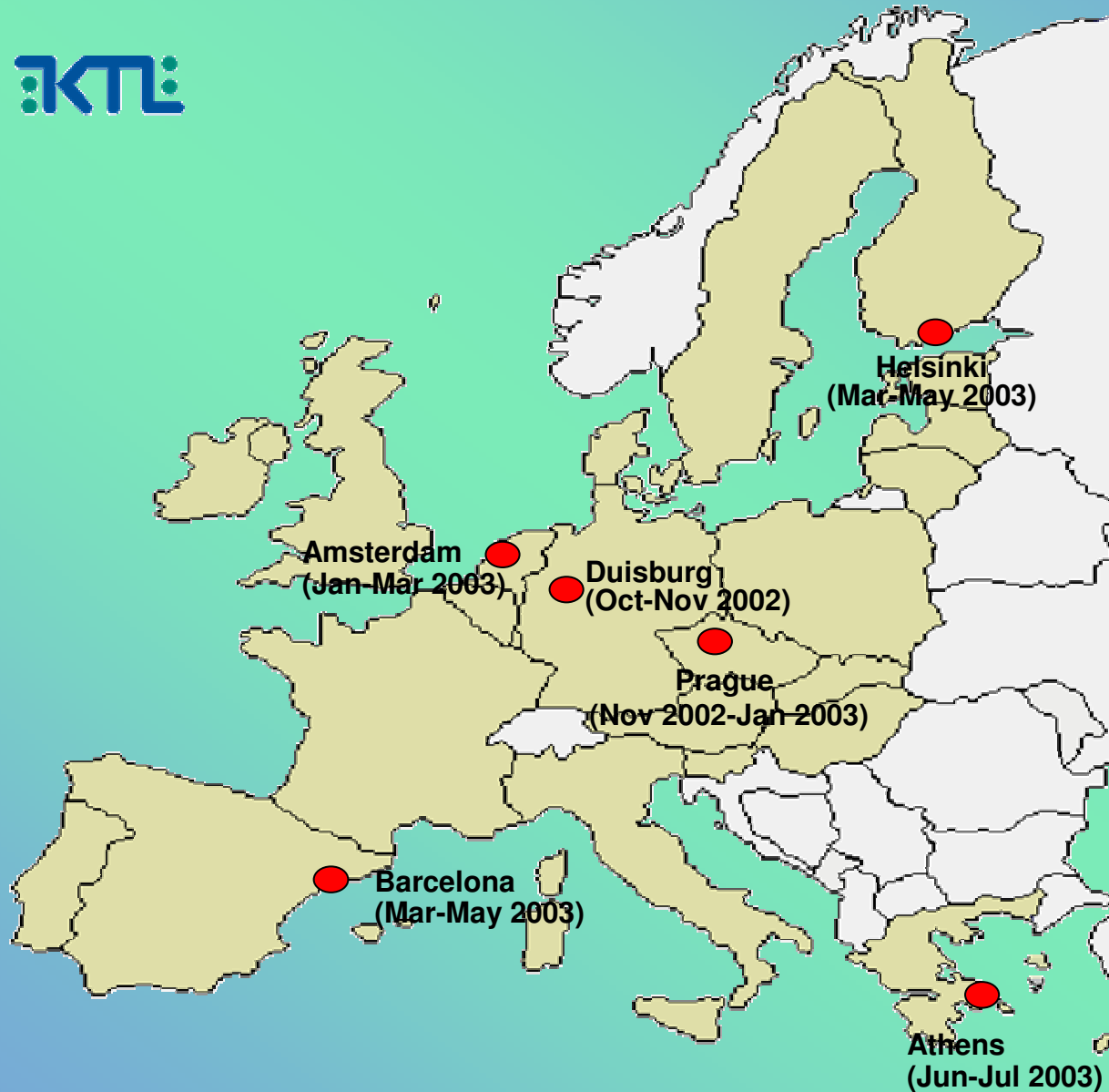
<http://www.pamchar.org>

**Rahoitus:** EU-FP5 QoL-ohjelma 2002-2004, SA ja  
TEKES (CtrEx) 2002-2007

**Kumppanit:** 5 pääsopimuskumppania ja 7 ali-  
hankkijaa seitsemässä Euroopan maassa

**Tavoitteet:** Karkeiden, pienten ja ultrapienten  
hiukkasten fysikaalis-kemiallinen ja  
toksikologinen karakterisointi *toisistaan*  
*poikkeavissa ilmanlaatuutilanteissa* Euroopassa





## Kuuden eurooppalaisen kaupungin mittauskampanjat:

- 7 viikkoa
- ajankohta kansanterveydellisesti merkittävä
- samat mittalaitteet, tutkimusohjeet ja laadunvarmistus

## Suuri- tehoinen monivaihe- impaktori (HVCI)

- toksikologia
- ionit
- alkuaineet
- PAH
- endotoksiini

PM<sub>10-2.5</sub>  
PM<sub>2.5-1</sub>  
PM<sub>1-0.2</sub>  
PM<sub>0.2</sub>

## Virtuaali- impaktorit (VI x 3)

- ionit
- alkuaineet
- EC, OC
- endotoksiini
- levogluko-  
saani

PM<sub>10-2.5</sub>  
PM<sub>2.5</sub>

## Monivaihe- impaktori (BLPI)

- Massakoko-  
jakauma
- ionit

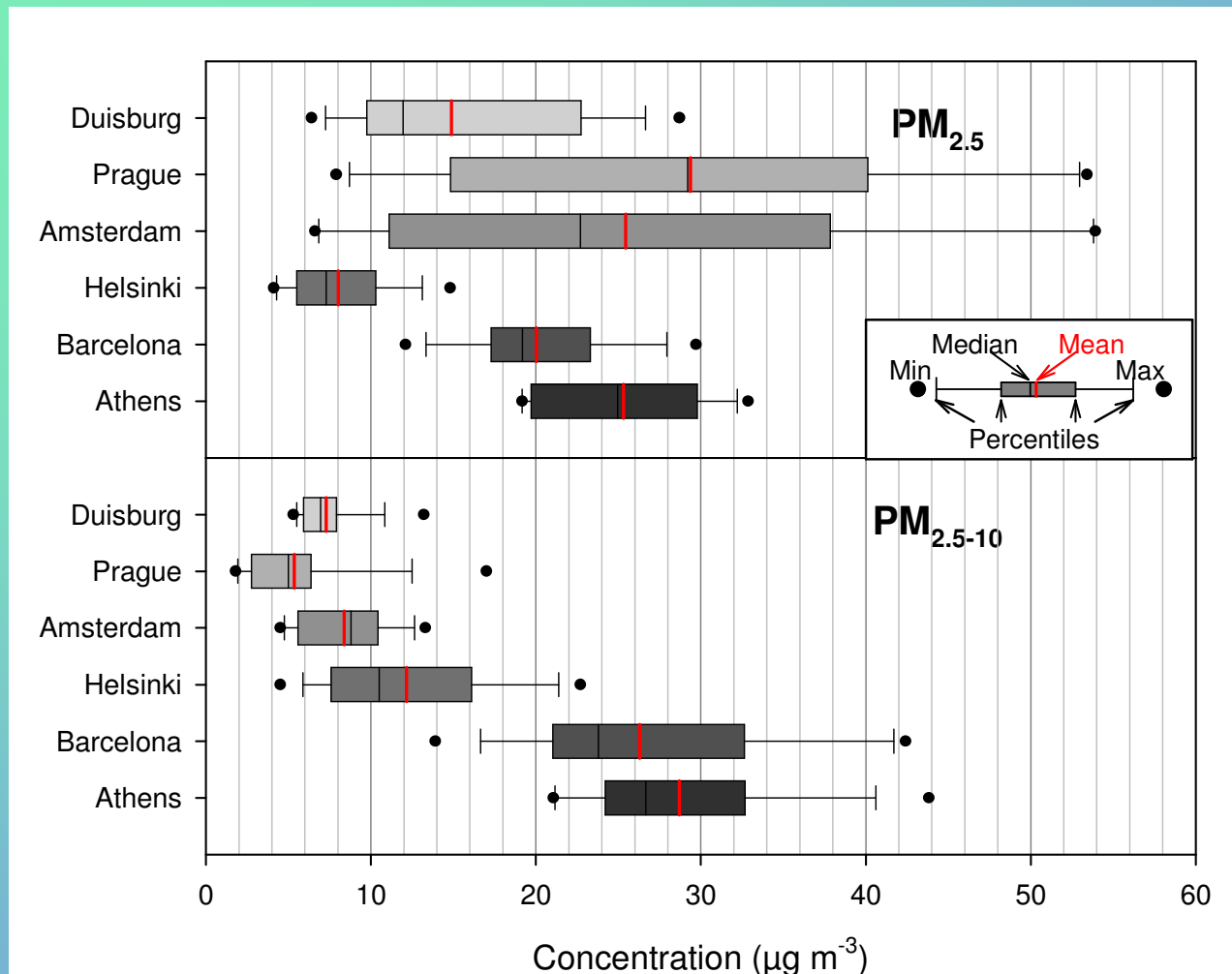
10 astetta  
0.035–10 μm



# KTL/IL mittausasema Prahassa



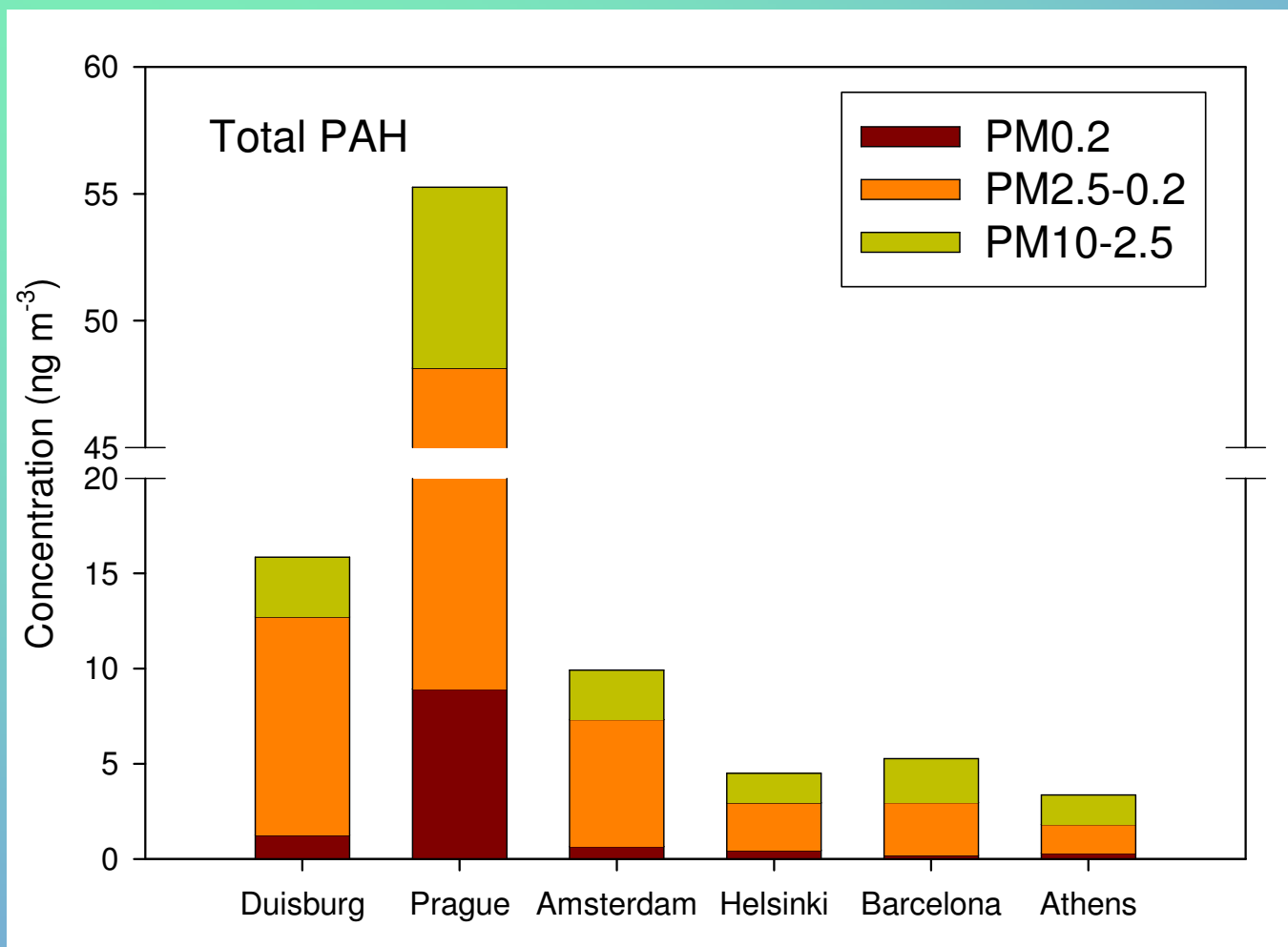
# Hiukkasten massapitoisuudet



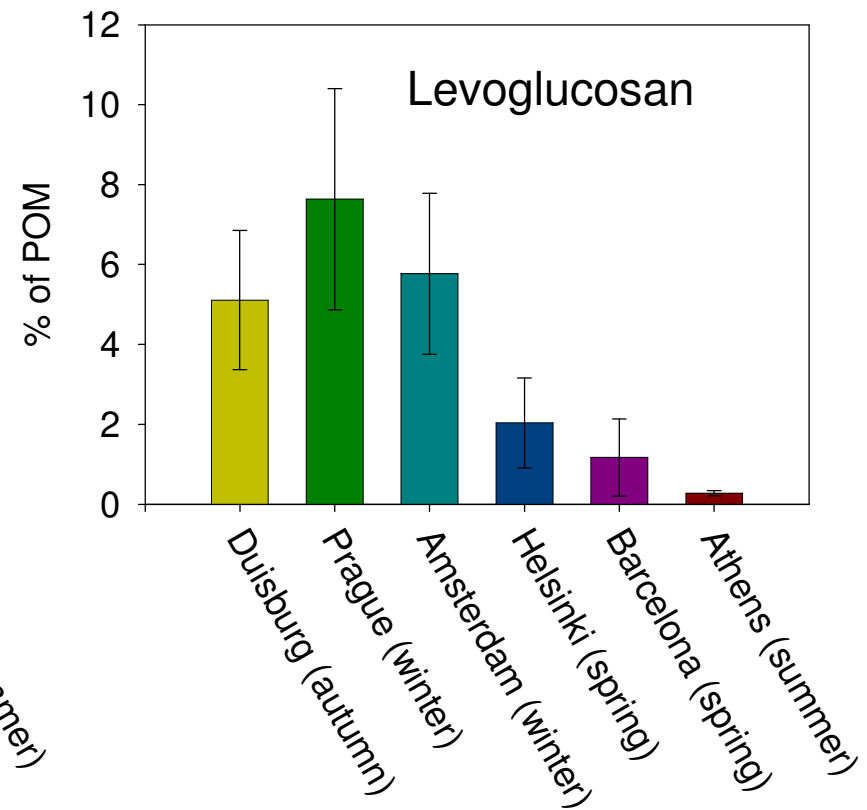
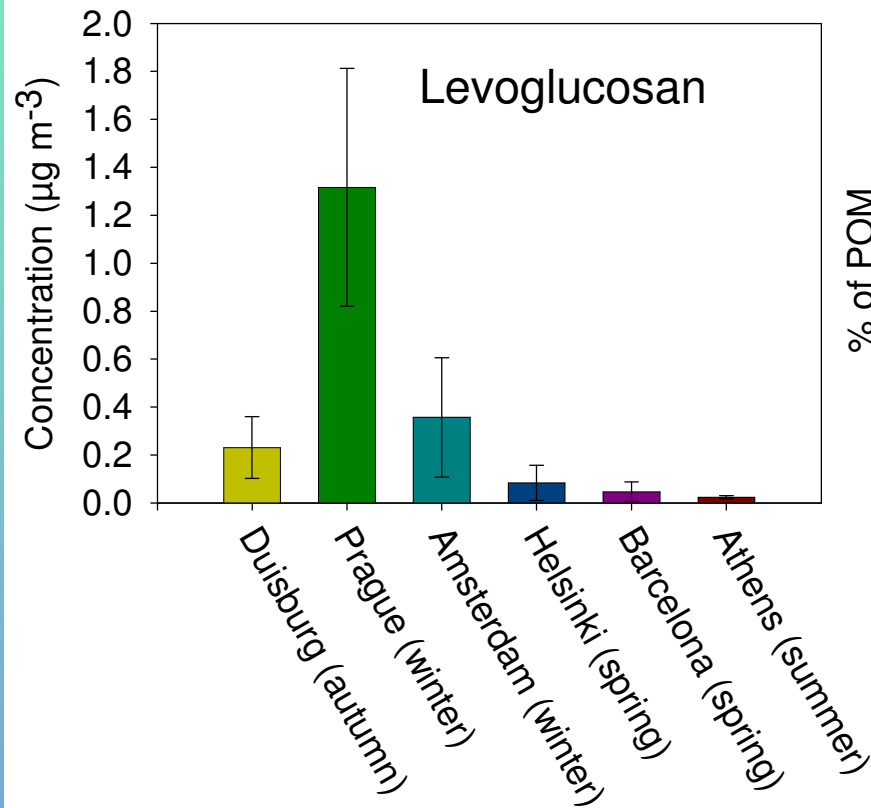
Sillanpää et al. *Atmos Chem Phys* 2005;5:2869-79



# Kokonais-PAHien massapitoisuudet



# Levoglukosaanipitoisuus ja – massaosuus orgaanisista yhdisteistä





## Toksikologisia avaintuloksia pienpolttonäkökulmasta (Praha)

- **Talvikauden pienpolttovaikutuksen aikana pienhiukkasten solu- ja genotoksisuus suurinta**  
Suora aromaattisten orgaanisten yhdisteiden (mm. PAH) vaikutus?
- **Pienhiukkasten tulehdusaktiivisuus pienintä**  
Orgaanisten yhdisteiden ja metallien foto-kemiallinen muutunta ja happiradikaalien tuotanto pienempää kuin kesäkaudella?
- **Karkeissa hiukkasissa vähemmän toksisuusvaihteluja** Yhtenäisempi koostumus ja lähteet, vähemmän reaktiivinen orgaaninen koostumus?



# PUPO-terveys

**Rahoitus:** Tekes 140000 euroa ja STM 60000 euroa

**Kumppanit:** KTL, KuY, IL ja TTL + kumppanina  
YTV (omarahoitus)

**Tavoitteet:** Terveysosion lisääminen PUPO-projektiin,  
uuden poikkitieteellisen lähestymistavan  
käyttöönotto puun pienpolton hiukkaspäästöjen  
tutkimuksessa

## Osatehtävät

- **Polttolaboratoriossa** kerättyjen hiukkasnäytteiden fysikaalis-kemiallinen ja toksikologinen karakterisointi (KTL, KuY, IL, TTL)
  - hiukkaspäästön laimennusmenetelmän ja hiukkaskeräysmenetelmien sovellusten valinnat 06-09/2005 ja testaus 10-11/2005
  - hyvän ja huonon polttotapahtuman vertailu 01-12/2006
- **Ulkoilman** epäpuhtauspitoisuudet puun pienpolton savuista kärsivällä omakotialueella (YTV)
  - jatkuvat mittaukset 01-12/2005
  - PAH- ja bentseenimääritykset 01-06/2006

# NORDAIR-BIOS 1

**Rahoitus:** Pohjoismaiden Ministerineuvosto, Meri- ja ilmaryhmä (HoL) 8-12/2005

**Projektin johtaja:** Raimo O. Salonen, FI

**Projektin sihteeri:** Marko Vallius, FI

**Johtoryhmän jäsenet:** Bertil Forsberg, SE; Finn Palmgren, DK; Per E. Schwarze, NO

## NORDAIR-BIOS 2

- **Suositukseen tähtäävä työkokous 27.-28.10.2005**
  - puulämmityksen tuottama ja kaukokulkeutuva, metsäpaloissa ja kulotuksissa syntyvät hiilipitoisten hiukkasten ja kaasujen muodostama aerosoli
  - tieteelliseen tietoon ja arviointiin perustuvat suositukset ilmanlaatuun ja terveyteen kohdistuvien haittojen vähentämiseksi sekä uusien tutkimusten käynnistämiseksi

## PUPO-terveys tutkimusryhmät 2005-2006

- **KTL:** Raimo O. Salonen, Maija-Riitta Hirvonen, Arto Pennanen, Pasi Jalava, Mikko Hoppo
- **KY:** Jorma Jokiniemi, Jarkko Tissari, Kati Hytönen, Timo Turrek
- **IL:** Risto Hillamo, Anna Frey, Sanna Saarikoski, Hilikka Timonen, Markus Sillanpää
- **TTL:** Hannu Norppa
- **YTV:** Päivi Aarnio, Tarja Koskentalo, Anu Kousa