

Puun pienpolton päästöt ja niiden [ilmasto]vaikutukset



Jarkko Tissari

Itä-Suomen yliopisto
Pienhiukkas- ja aerosolitekniiikan
laboratorio



Sisältö

- Puun pienpolton päästöt
 - Pienhiukkaspäästöistä esitys Puulämmityspäivillä 2017
 - -> lyhyesti muutamia poimintoja + uusia tutkimustuloksia
- Päästömäärien ja vaikutusten arviointi
 - Laajempi katsaus siitä, mihin arviot Suomen osalta perustuvat
- Vaikutukset
 - Terveys & ilmasto
- Yhteenveto

Puun pienpoltto: päästöistä vaikutuksiin

Pitkä ja monimutkainen tie

- Polttoaine (koko, kosteus, puulaji, kemialliset ominaisuudet...)
- Polttolaite (Laitetyyppi, toimintaperiaate, säätölaitteet, tekniset ominaisuudet...)
- Käyttötapa (panoskoko, klapi-koko, sytytys ...)
- Käyttöolosuhteet (sää, ilmävaihto, veto-olot...)
- Palamisolosuhteet (lämpötila, ilman määrä ja syöttö, sekoittuminen...)
- Päästö piipussa
- Mittaaminen

- Laimentuminen, muutonta ilmakehässä (päästöjen ominaisuudet ja määrä muuttuvat)
- Kulkeutuminen

TERVEYS

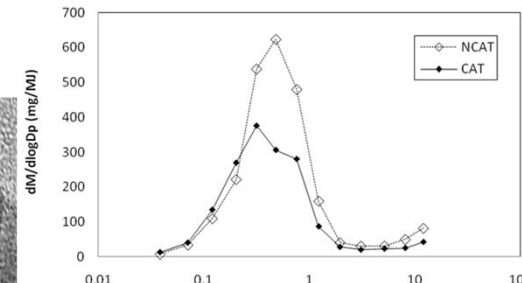
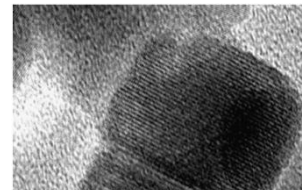
- Kulkeutuminen sisälle (rakennustekniikka)
- Altistuminen, annos
- Lyhytaikaiset / pitkäaikaiset vaikutukset

ILMASTO

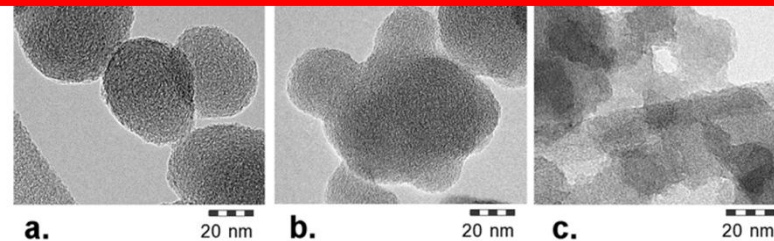
- Vaikutukset ilmakehässä
- Vaikutukset lumen ja jään pinnalla
- Nopeat / hitaat

Kaasupäästöihin verrattuna, pienhiukkasilla on monia erityisiä ominaisuuksia

- Pitoisuus, mm.
 - Lukumäärä, $\#/cm^3$
 - Massa, mg/m^3
 - PM = Particulate Matter
 - $PM_{2.5}$ = Particulate Matter below $2.5 \mu m$
- Koko
- Morfologia (pallomainen, kuitumainen, ketju, mix)
- Kemiallinen koostumus
 - Organic carbon (OC)
 - Elemental carbon (Noki, EC)
 - Metallit, PAH-yhdisteet...



Kaikilla ominaisuuksilla on oma merkityksensä ilmasto- ja terveysvaikutuksiin!

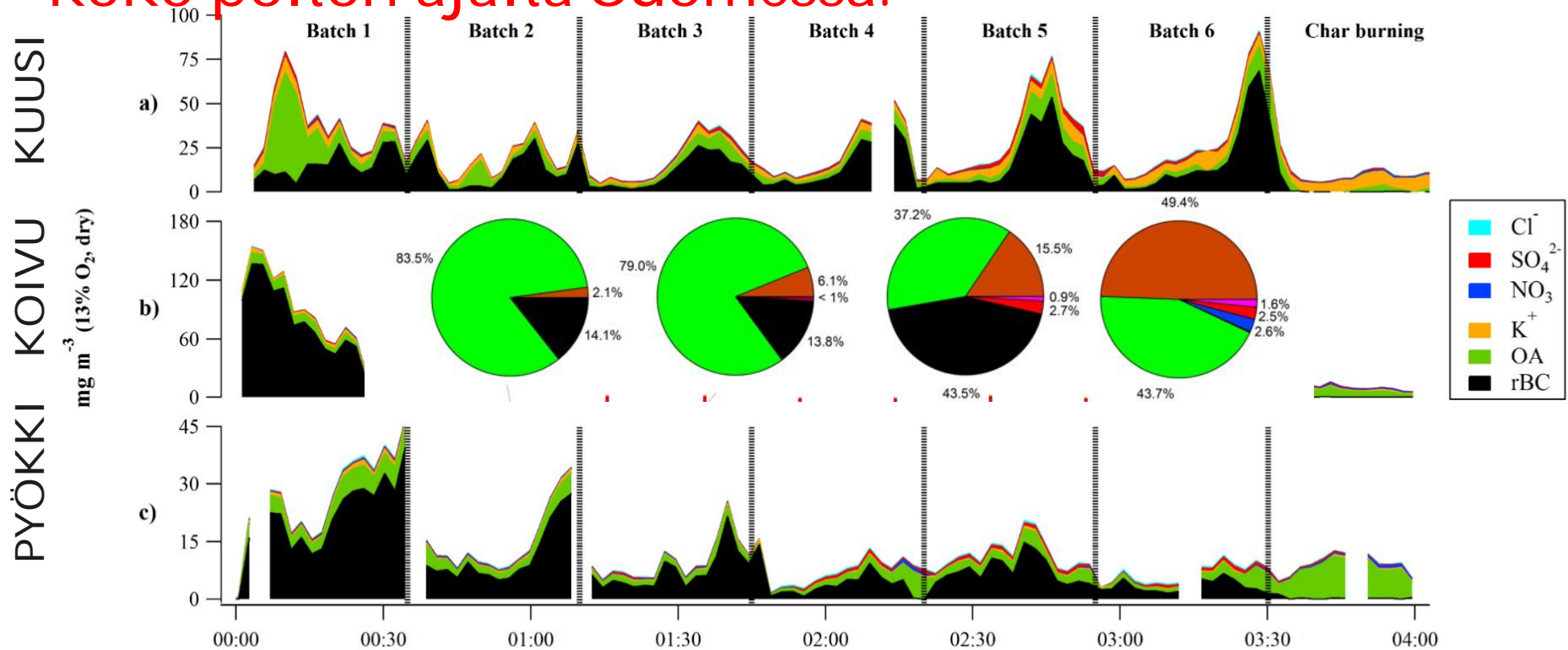


Ongelmakohtia:

Viralliset päästötulokset (CE-testaus) poikkeavat todellisista päästöistä

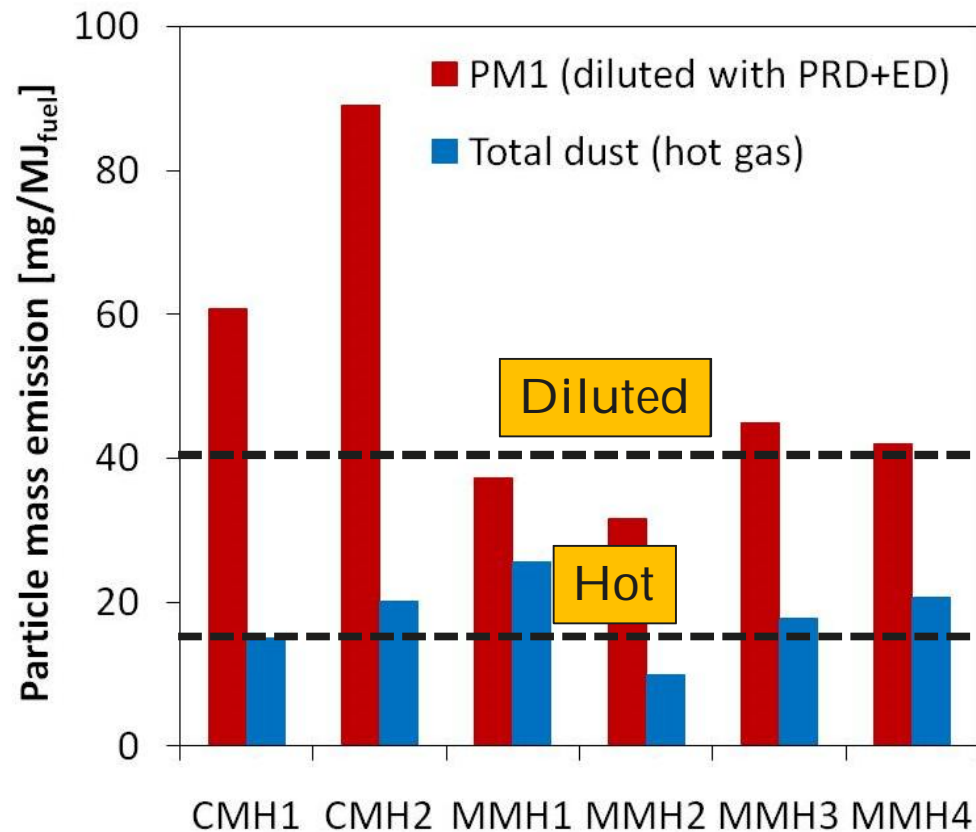
Massan ja kemiallisen koostumuksen vaihtelu...

Arvioinneissa käytetyt päästöluvut ovat keskiarvoja koko polton ajalta Suomessa.



Kortelainen, M., Jokiniemi, J., Tiitta, P., Tissari, J., Lamberg, H., Leskinen, J., Grigonyte-Lopez Rodriguez, J., Koponen, H., Antikainen, S., Nuutinen, I., Zimmermann, R. & Sippula, O. 2018, "Time-resolved chemical composition of small-scale batch combustion emissions from various wood species", *Fuel*, vol. 233, pp. 224-236.

Mittausmenetelmä vaikuttaa



UEF // University of Eastern Finland

BIOMASS AND BIOENERGY 67 (2014) 167–178

Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

<http://www.elsevier.com/locate/biombioe>

ELSEVIER

Effect of air staging on fine particle, dust and gaseous emissions from masonry heaters

K. Nuutinen^a, J. Jokiniemi^{a,b}, O. Sippula^a, H. Lamberg^a, J. Sutinen^c, P. Horttanainen^c, J. Tissari^{a,*}

^a Fine Particle and Aerosol Technology Laboratory, University of Eastern Finland, P.O. Box 1627, FI-70211 Kuopio, Finland

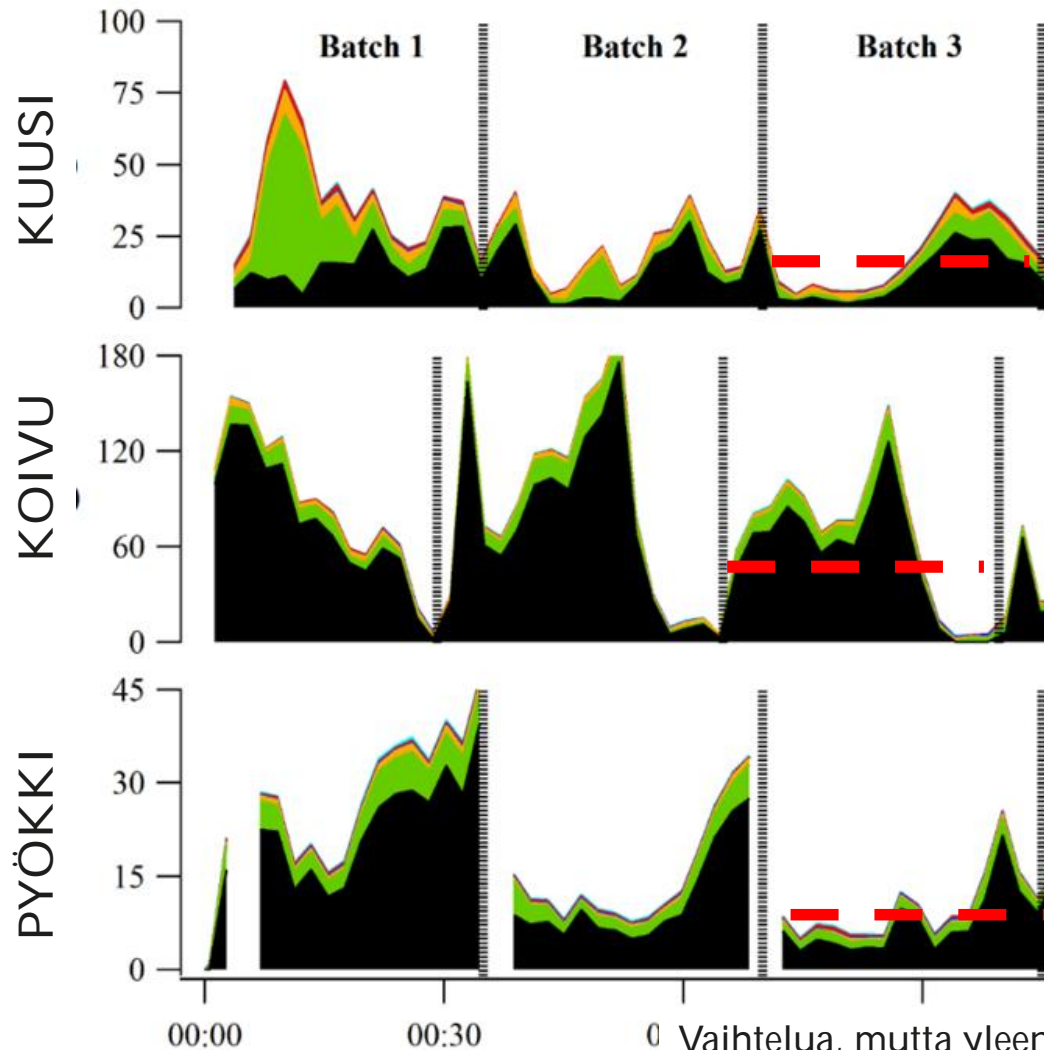
^b VTT, Technical Research Centre of Finland, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT Espoo, Finland

^c Tulikivi Ltd., FI-83900 Juuka, Finland

Suomessa "todellinen päästö",
kunnollisesti mitattu

Puulämmityspäivä, 6.2.2019 Helsinki

Kortelainen et al., 2018



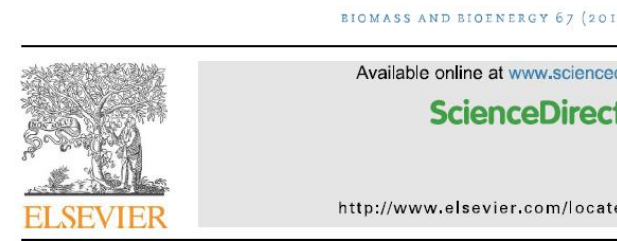
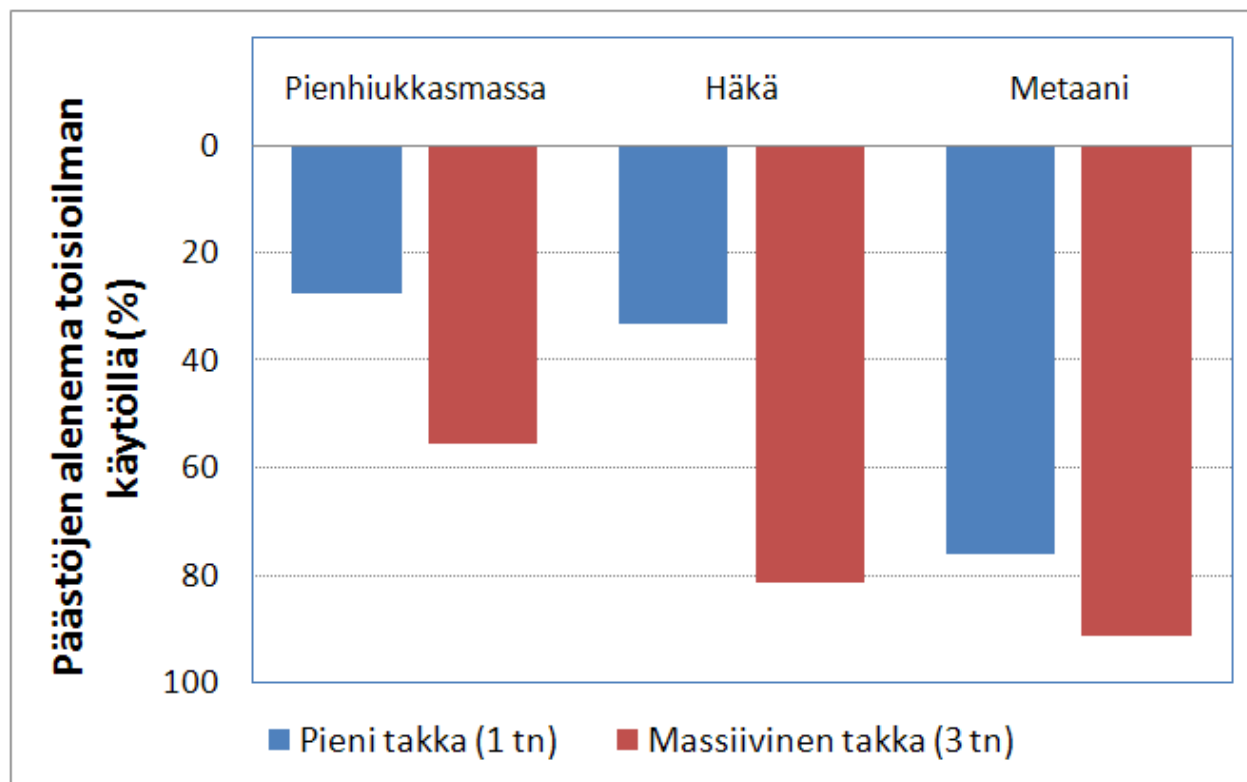
Kamiinastandardin perusteella, EcoDesign:

20 mg/m³ Hyväksytty

50 mg/m³ Hylätty

10 mg/m³ Hyväksytty

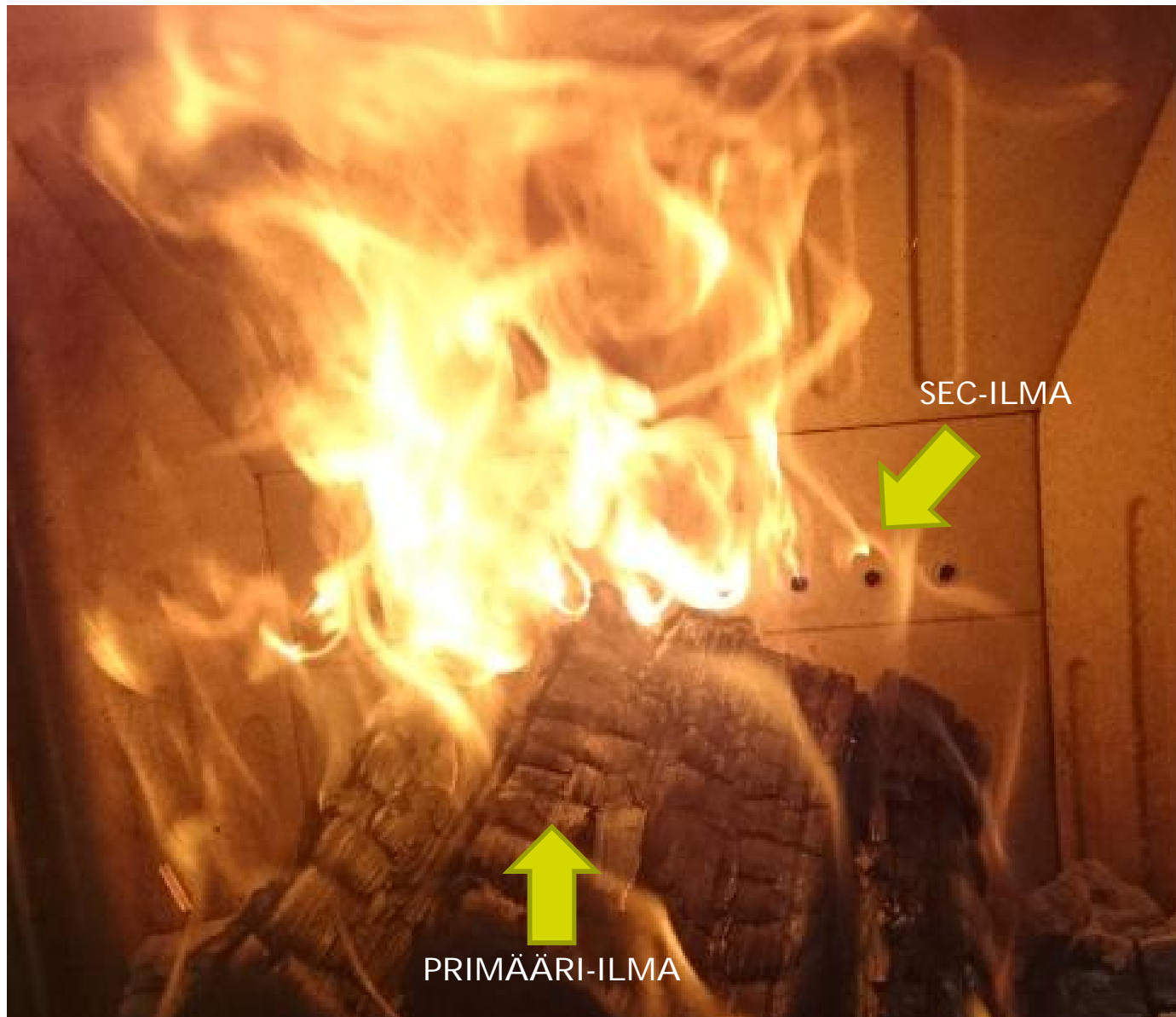
Polttotekniikka näkyy tuloksissa



Effect of air staging on fine particle, gaseous emissions from masonry hearth

K. Nuutinen ^a, J. Jokiniemi ^{a,b}, O. Sippula ^a, H. Lambertsson ^c, P. Horttanainen ^c, J. Tissari ^{a,*}

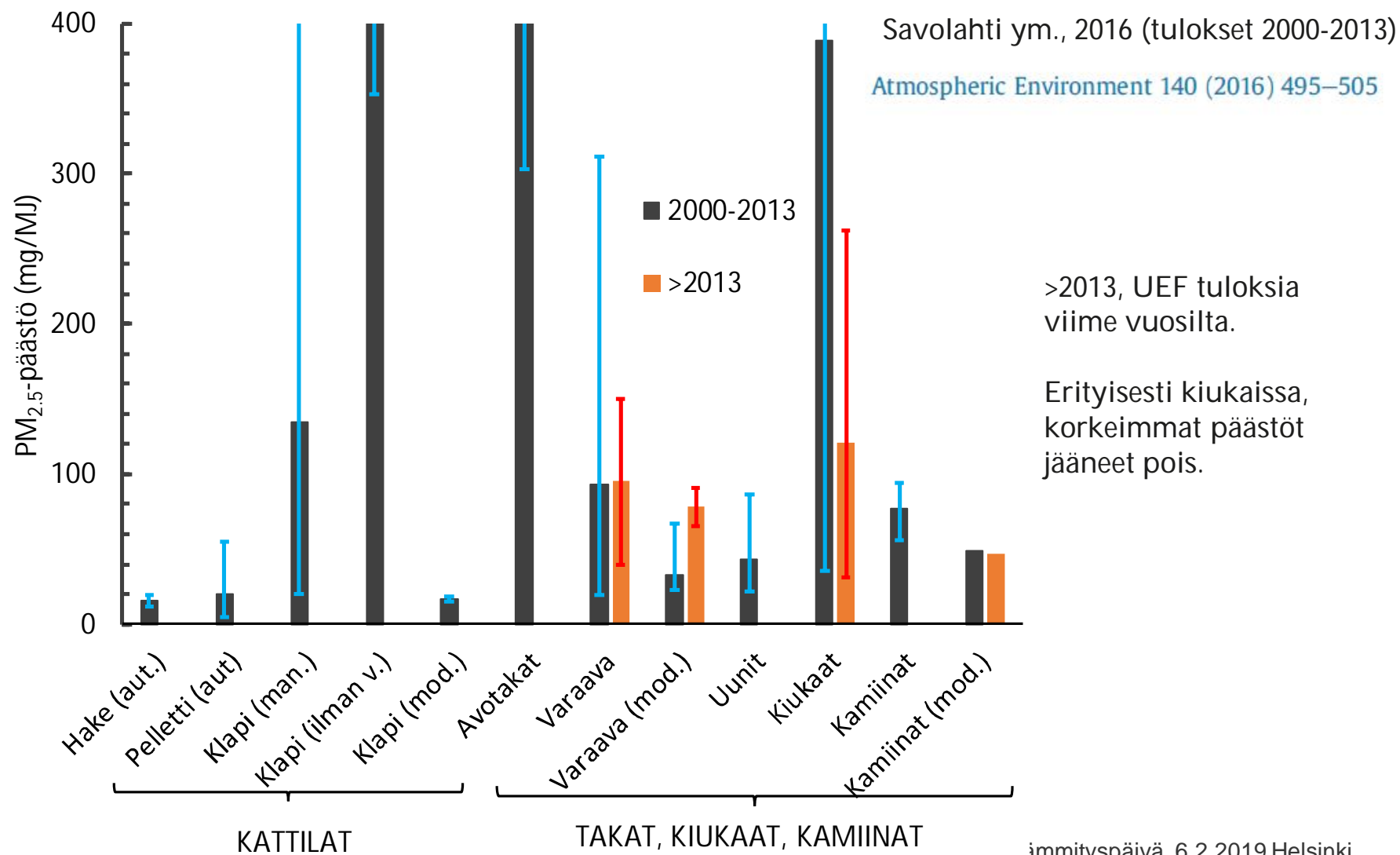
^a Fine Particle and Aerosol Technology Laboratory, University of Eastern Finland, 100101 Kuopio, Finland
^b VTT, Technical Research Centre of Finland, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT Espoo, Finland
^c Tulikivi Ltd., FI-83900 Juuka, Finland



Riittävästi ilmaa (mutta ei primääri-ilmaa)

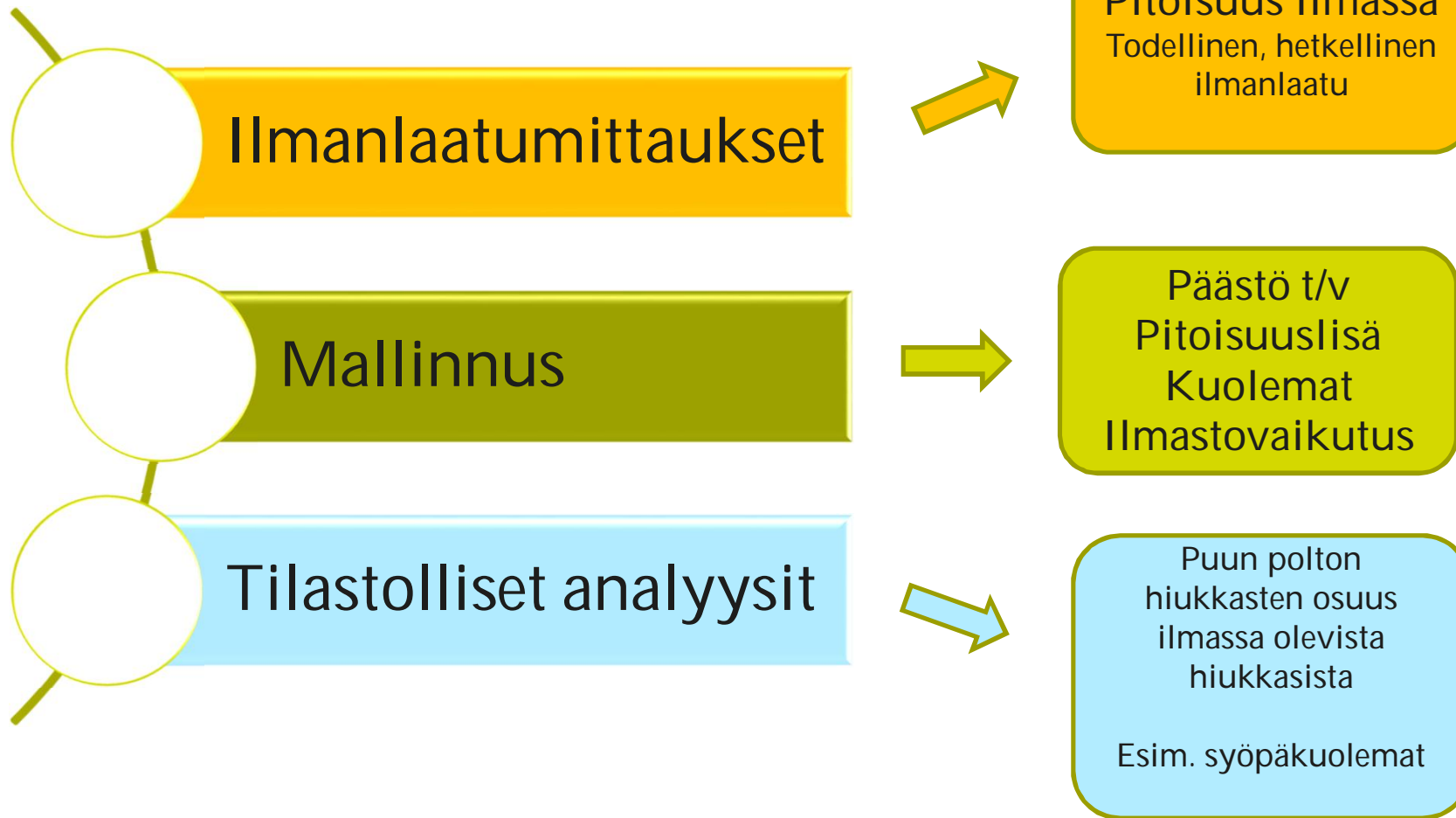
Sekoittumisen tehostaminen

Polttotekniikoita olisi mahdollista kehittää vähäpäästöisiksi ottamalla mukaan automaattisäätö (sähköt) ja riittävä anturointi (kuten moderneissa kattiloissa).



immityspäivä, 6.2.2019 Helsinki

Päästömäärien ja vaikutusten arviointi



PUUN POLTTO

MITTAUSDATA

Ilmanlaatu (HSY, kaupungit, IL)
Päästömittaukset (UEF)
Lämmitystarve (IL)

KYSELYTUTKIMUKSET

Puun käyttömäärät (LUKE)
Käyttömäärät
laitetyypeittäin (LUKE, Tilastok.)
Käyttötavat (kyselyt nuohoojille ja
käyttäjille, SYKE, TTS, HSY...)

REKISTERIT, MAANKÄYTTÖAINEISTOT

250 m x 250 m ruuduissa:
Päästöjen sijainti
Talotyypit, iät, lämmitysmuodot
Väestö-, kuolemansyy ja syöpätiedot

UEF

TILASTOLLISET MENETELMÄT (IL)

Biomassan polton
hiukkaset ilmakehässä (%)

B(a)P ilmakehässä
Pitoisuuksien vaihtelu puunpolttoalueilla

Kansal-
listen
päästöjen
MALLIN-
-NUS
(SYKE)

ALUEITTAIN:
PÄÄSTÖT (t/v)
PITOISUUSLISÄT
(µg/m³)
SKENAARIOT
TOIMENPITEIDEN
VAIKUTUKSET JA
KUSTANNUKSET

RAPORTOINTI (EU, YK)
ILMANLAATU- JA
ILMASTOTUTKIMUS

LEVIÄMIS-MALLINNUS (IL),
ALTISTUMINEN,
RISKINARVIOINTI (THL)

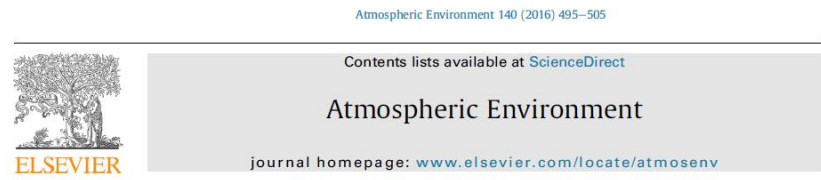
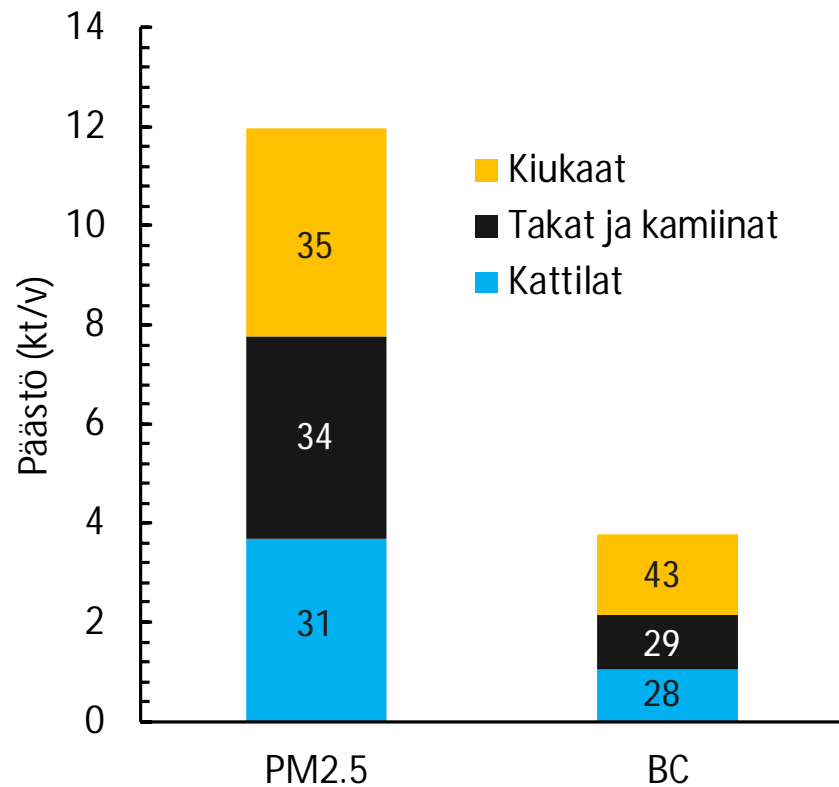
PIENHIUKKAS-
KUOLEMAT / v

TILASTOLLISET MENETELMÄT (THL)

SYÖPÄKUOLEMAT / v

Puulämmityspäivä, 6.2.2019 Helsinki

Puun polton pienhiukkaspäästöt 2010



Black carbon and fine particle emissions in Finnish residential wood combustion: Emission projections, reduction measures and the impact of combustion practices

Mikko Savolahti ^{a,*}, Niko Karvosenoja ^a, Jarkko Tissari ^b, Kaarle Kupiainen ^a, Olli Sippula ^b, Jorma Jokiniemi ^b

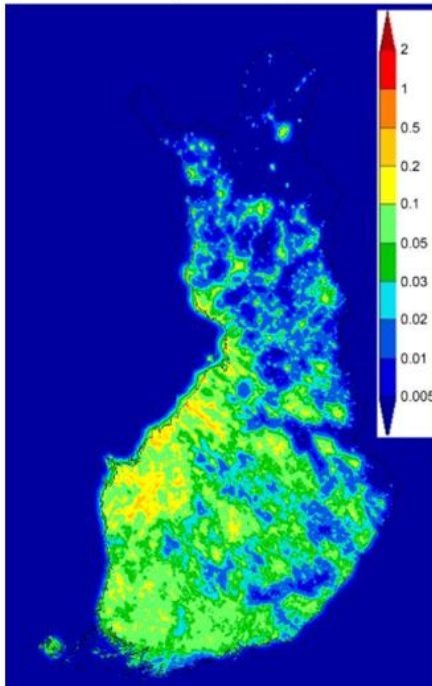
Suomen päästöistä

- 37 % PM_{2.5}:sta
- 55 % BC:stä

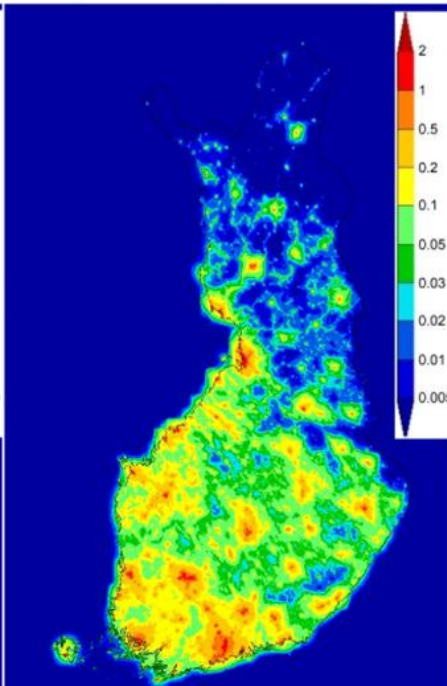
Vaikutus ulkoilmapitoisuuksiin (mallinnus)

- Lisäys taajama-alueilla $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vuosikeskiarvo)
 - Vrt. Helsingissä mitatut pitoisuudet luokkaa $4\text{--}7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2017, puolet kaukokulkeumaa, HSY)

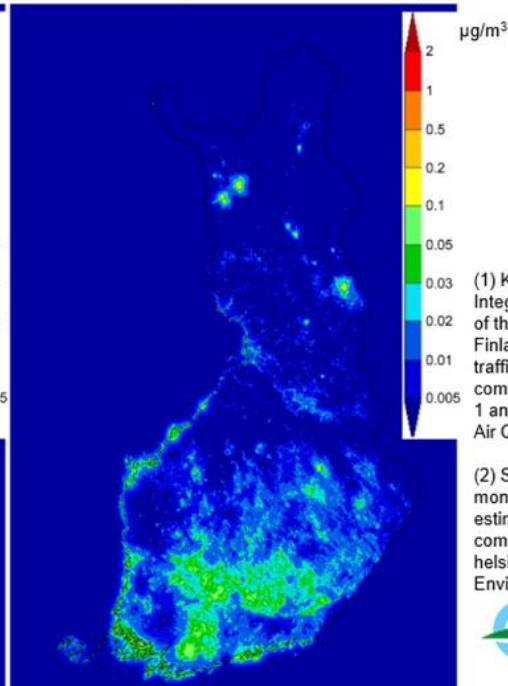
Mallinnetut primääri $\text{PM}_{2.5}$ pitoisuudet,
Pääasiallinen puulämmitys kattiloilla



Takat ja muut tulisijat lisälämmityksessä



Puun poltto kesämökeillä



(1) Karvosenoja ym. 2011. Integrated modeling assessments of the population exposure in Finland to primary $\text{PM}_{2.5}$ from traffic and domestic wood combustion on the resolutions of 1 and 10 km. Air Qual Atmos Health 4:179–188

(2) Saarnio ym. 2012. Using monosaccharide anhydrides to estimate the impact of wood combustion on fine particles in the helsinki metropolitan area. Boreal Environ Res 17:163-183

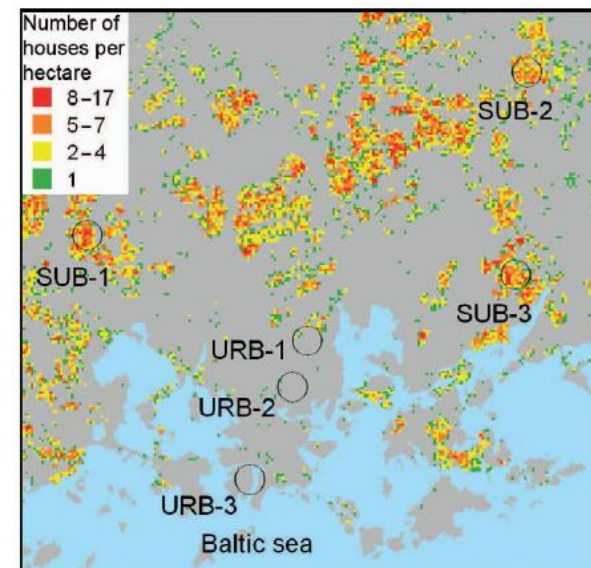


Puun polton hiukkasten osuus ulkoilmassa

- Helsingin alueella talviaikaan (2005-2009) 18-29 % (kaupunkialue) ja 31-66 % (esikaupunkialue) ilmassa olevista hiukkasista oli peräisin puun pienpoltosta (Saarnio ym., 2012).
- Paikallinen lisäys jopa 10 – 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tyypillisesti 1-3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Using monosaccharide anhydrides to estimate the impact of wood combustion on fine particles in the Helsinki Metropolitan Area

Karri Saarnio¹⁾, Jarkko V. Niemi²⁾³⁾, Sanna Saarikoski¹⁾, Minna Aurela¹⁾, Hilikka Timonen¹⁾, Kimmo Teinilä¹⁾, Maria Myllynen²⁾, Anna Frey¹⁾, Heikki Lamberg⁴⁾, Jorma Jokiniemi⁴⁾⁵⁾ and Risto Hillamo¹⁾



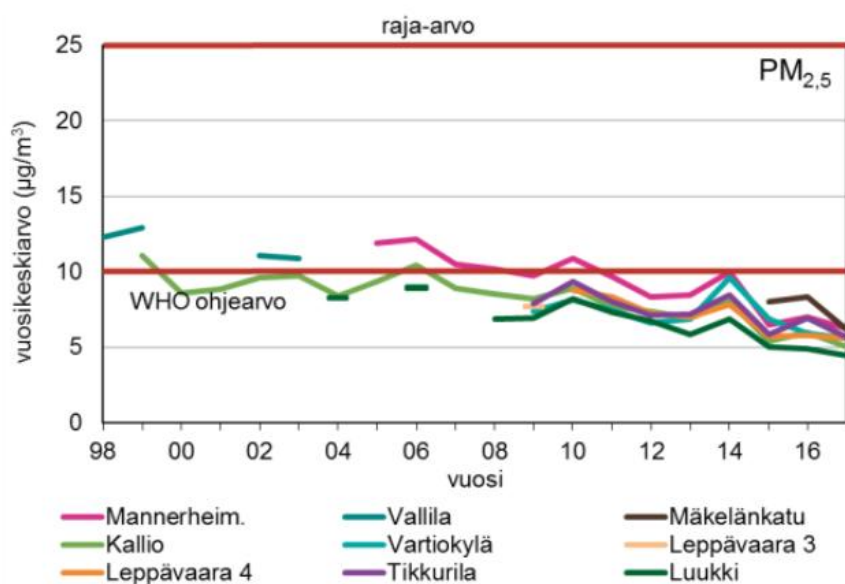
Päästöarviot, mitatut pitoisuudet sekä lähdeanalyysi antavat suuruusluokaltaan samanlaisia tuloksia.

Vaikutukset -Millaisia vaikutuksia Suomessa

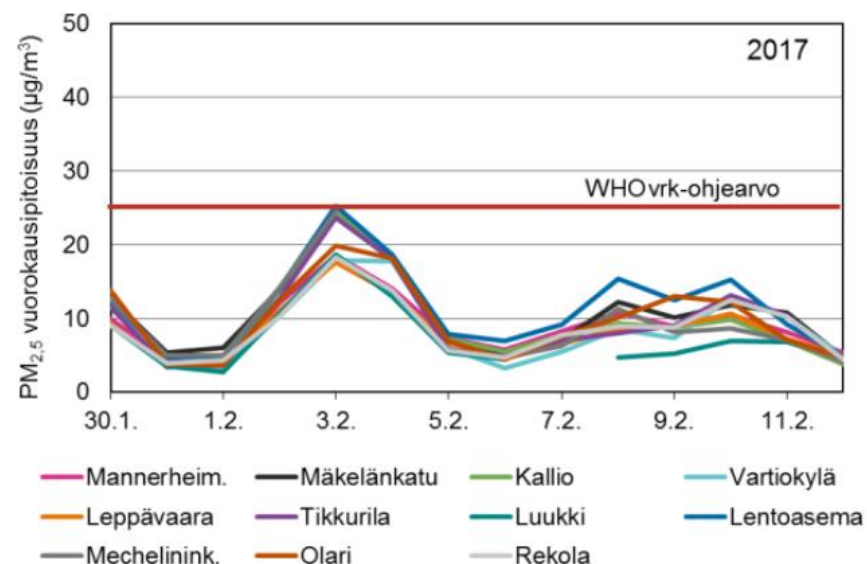
Suomessa maailman puhtain ilma



Ilmanlaatu pääkaupunkiseudulla vuonna 2017



Kuva 4.6. Pienhiukkasten pitoisuudet ovat laske-
neet pitkällä aikavälillä.



Kuva 4.8. Muutamilla mittausasemilla mitattiin
korkeahkoja, jopa WHO:n ohjearvon tasolla ole-
via pitoisuuksia helmikuun 3. päivänä.

Esimerkkejä -Terveys

- Helsingin keskustassa klo 14, hiukkasia ilmassa n. 20 000 #/cm³
- Hengityksen mukana tulee keuhkoihin
 - 0.1-0.8 Mrd # hiukkasia
 - Noin 25 % depositioituu, -> 25 – 200 M# jää keuhkoihin joka henkäyksellä.
 - Keuhkojen pinta-ala suuri (100 m²)
 - -> puolustusmekanismit aktivoituvat, vaikutukset kytköksissä ominaisuuksiin (ja annokseen)

Pitoisuuksia:
Savukaasussa
10 – 100 M/cm³
Simulaattorin sisäilmassa
- 200 000 #/cm³
Simulaattorin ulkopuolella
- 100 000 #/cm³

Haitat näkyvät erityisesti

- Herkillä väestöryhmillä
 - Vanhukset, lapset
 - Hengityselin-, sydän- ja verenkiertoelinsairailta
- Pitkällä aikavälillä
- Puun poltossa taajamissa –takkojen ja kiukaiden päästöistä
- Puun polttajien omana altistumisena

- Haitat vähenee pitoisuuksien aletessa, mutta eivät poistu



Pitkäaikaisen pienpolton päästöille altistumisen vaikutukset kuolleisuuteen ja syöpäriskiin pääkaupunkiseudulla



Kari Pasanen, tutkija
Terveystieteiden tutkimuskeskus
23.5.2018

TULOKSET: Kuolleisuus 1981-2005

- pitkäaikainen altistuminen ensisijaisen puu/hiililämmityksen yleisyyteen asuinruudulla vuonna 1980 tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä kokonaiskuolleisuuteen ja sydänkuolleisuuteen sekä miehillä että naisilla
- Korkeimman altistumisen alueella vakioitu kuolleisuus verenkiertoelinten sairauksiin miehillä 20% ja naisilla 15% korkeampi kuin alimman altistumisluokan alueella

Keskitaso + korkea altistus (väestöä 18500):
Yhteensä 2378 sydänkuolemaa 1981-2005
➤ 13 ylimääräistä kuolemaa / vuosi

TULOKSET: Syöpäilmaantuvuus 1981-2012

- pitkäaikainen altistuminen ensisijaisen puu/hiililämmityksen yleisyyteen asuinruudulla vuonna 1980 tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä
 - Miehillä kokonaissyöpään ja keuhkosyöpään
 - Naisilla kohdunkaulasyöpään ja lähes merkitsevästi aivosyöpään



Puu/hiili lämmitys
Asuntoja, 1980

- 1 - 2
- 3 - 5
- 6 - 10
- 11 -

Altistumisluokka

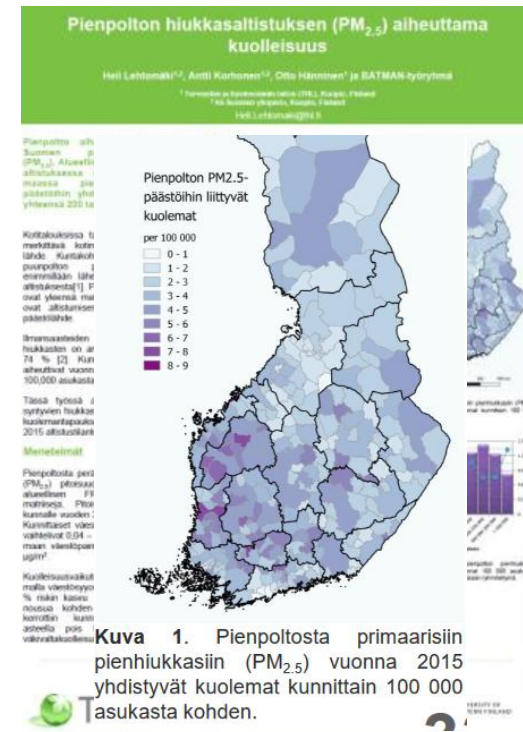
- Ref.: < 10 %
- Low: 10-19%
- Medium: 20-29%
- High: ≥ 30 %

Lähde: pienpolttoseminaari 23.5.2018,
Kuopio

Puulämmityspäivä, 6.2.2019 Helsinki

- Pohjois- Savossa

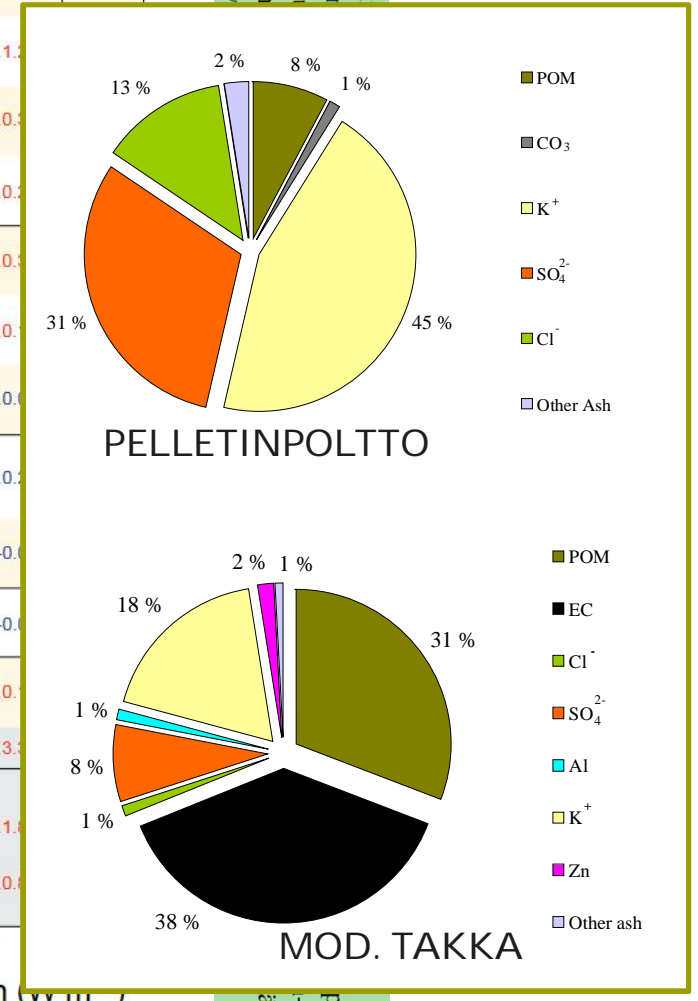
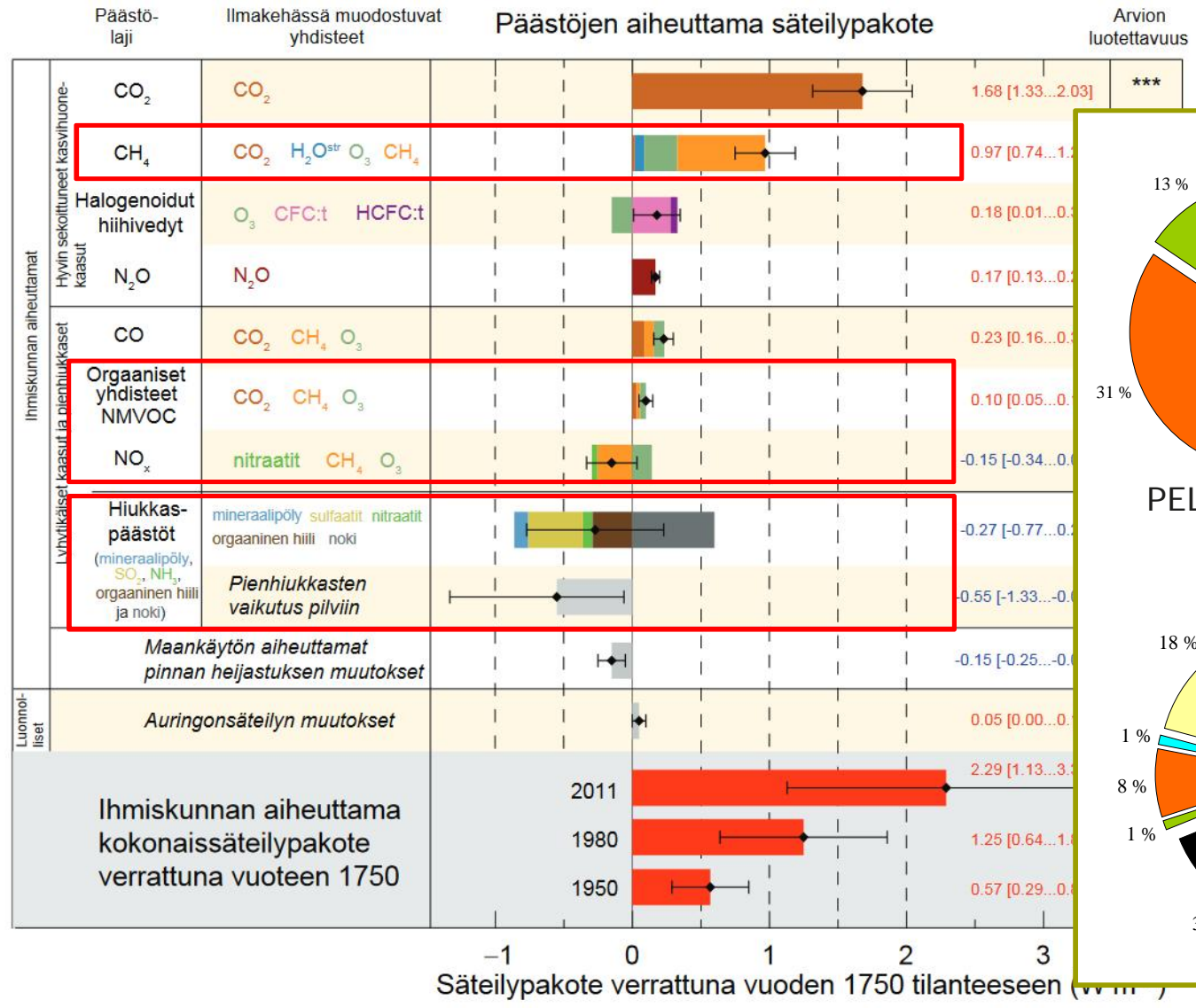
- Noin 3 kuolemaa/100 000 (Lehtomäki et al)
- n. 8 ihmistä vuosittain puun polton pienhiukkasiin.
- 6-30 hlöä liikenneonnettomuuksissa (2003-2018) (Tilastokeskus)



Lehtomäki et al,
 Pienpolttoseminaari 23.5.2018,
 Kuopio.

Puun polton ilmastovaikutukset

IPCC



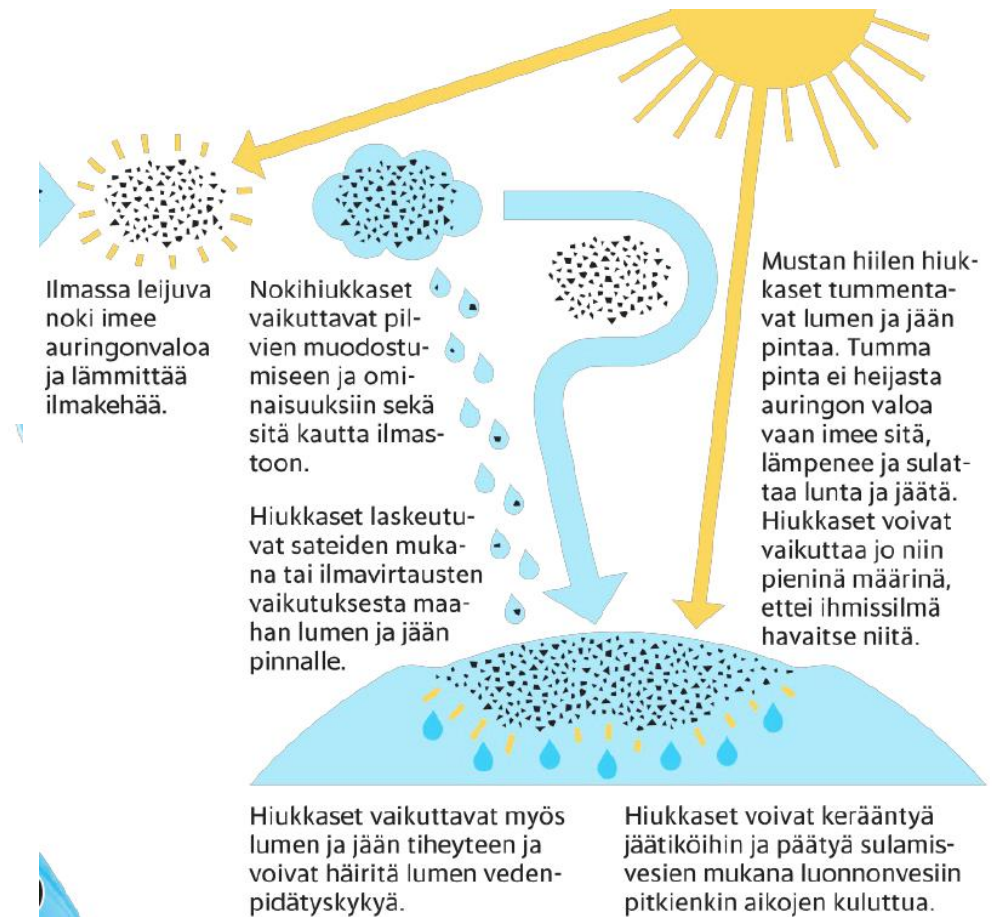
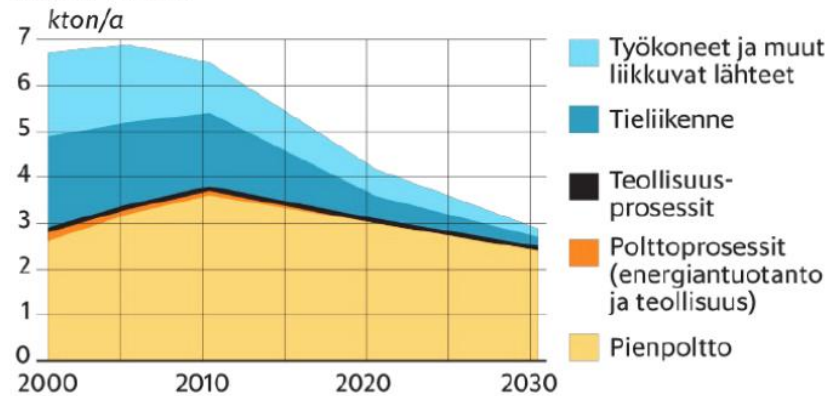
Suomen
Englannin
I Contrib
ge. Summ
verkkosiv

IPCC

HS 20.2.2018

Arktinen alue lämpenee yli kaksi kertaa nopeammin kuin maapallo keskimäärin. Noin neljännes lämpenemisestä aiheutuu mustasta hiilestä eli nokipölystä. Suomen päästöt tulevat ennen muuta puun pienpoltosta – takoista ja kiukaista.

Suomen mustan hiilen päästöt 2000–2030



Yhteenveto: puun poltto Suomessa

1. Vaikka Suomessa maailman puhtain ilma
 - Puun poltolla merkittäviä terveys- ja ilmastovaikutuksia.
2. Vaikutusten arviointi vakaalla pohjalla
 - Eri lähestymistavat antavat samansuuntaisia tuloksia ja ovat linjassa maailmalla tehtyjen tieteellisten tutkimusten kanssa.
 - Arvioinnissa kuitenkin jatkuva kehittämisen tarve (ja dataa aina liian vähän)

KUITENKIN

3. Puun pienpoltto on ja tulee olemaan merkittävä osa Suomen energiajärjestelmää.
 - Huoltovarmuus / kriisitilanteet
 - Voisiko puuta käyttää vain silloin kuin ehdoton tarve, erityisesti kaupungeissa?
 - Yhtä yksittäistä ratkaisua vaikutusten vähentämiseksi ei ole, kokonaisuus monimutkainen.
 - "Puunpolttokiellet" ei käy suomalaisten mentaliteettiin!

Puunpolttoa ei olla kieltämässä vaan päästöjä vähentämässä...

- Päästöjä vähennettävä laajalla rintamalla kaikin keinoin
 - Tiukat päästörajat (EcoDesign ++)
 - Polttotekniikkaa tulisijoissa mahdollista kehittää, kuten kattiloissa
 - Luodaan markkinat oikeasti vähäpäästöisille laitteille
 - Porkkanat vanhojen tulisijojen vaihtoon
 - Valistus: asennemuutos, omat puunpolttotavat, oma altistuminen -> politiikkakeinot hyväksyttäväksi
- Hiukkaspäästöt
 - Päästömääräyksillä ei ole merkitystä, mikäli mittaustekniikka (ja testaus) ei ole kunnossa.
 - Polttolaitteiden kehittämisellä ei ole merkitystä, mikäli ne kehitetään läpäisemään testit, mutta ei huomioida todellisia käyttöolosuhteita.
 - Vähäpäästöisiä laitteita on turha kehittää, mikäli ne eivät mene kaupaksi korkean hinnan vuoksi tai niitä käytetään väärin.

KIITOS!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi



NABCEA

UEF // University of Eastern Finland

Jarkko Tissari

Yliopistotutkija, Dos.

*Pienhiukkas- ja aerosolitekniiikan
laboratorio*

www.uef.fi/fine

040 355 3237 (työ)
040 583 8780 (koti)
jarkko.tissari@uef.fi

Ympäristö- ja biotieteiden laitos
Yliopistonranta 1, Melania
PL 1627, 70211 Kuopio



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020
SIMO



KIUAS

Puulämmityspäivä, 6.2.2019 Helsinki