

NÄKÖKULMIA PUUNPOLTON PIENHIUKKASALTISTUksen TORJUNTAAN

-

Otto Hänninen
PhD, Adj.prof.



NATIONAL INSTITUTE FOR HEALTH AND WELFARE

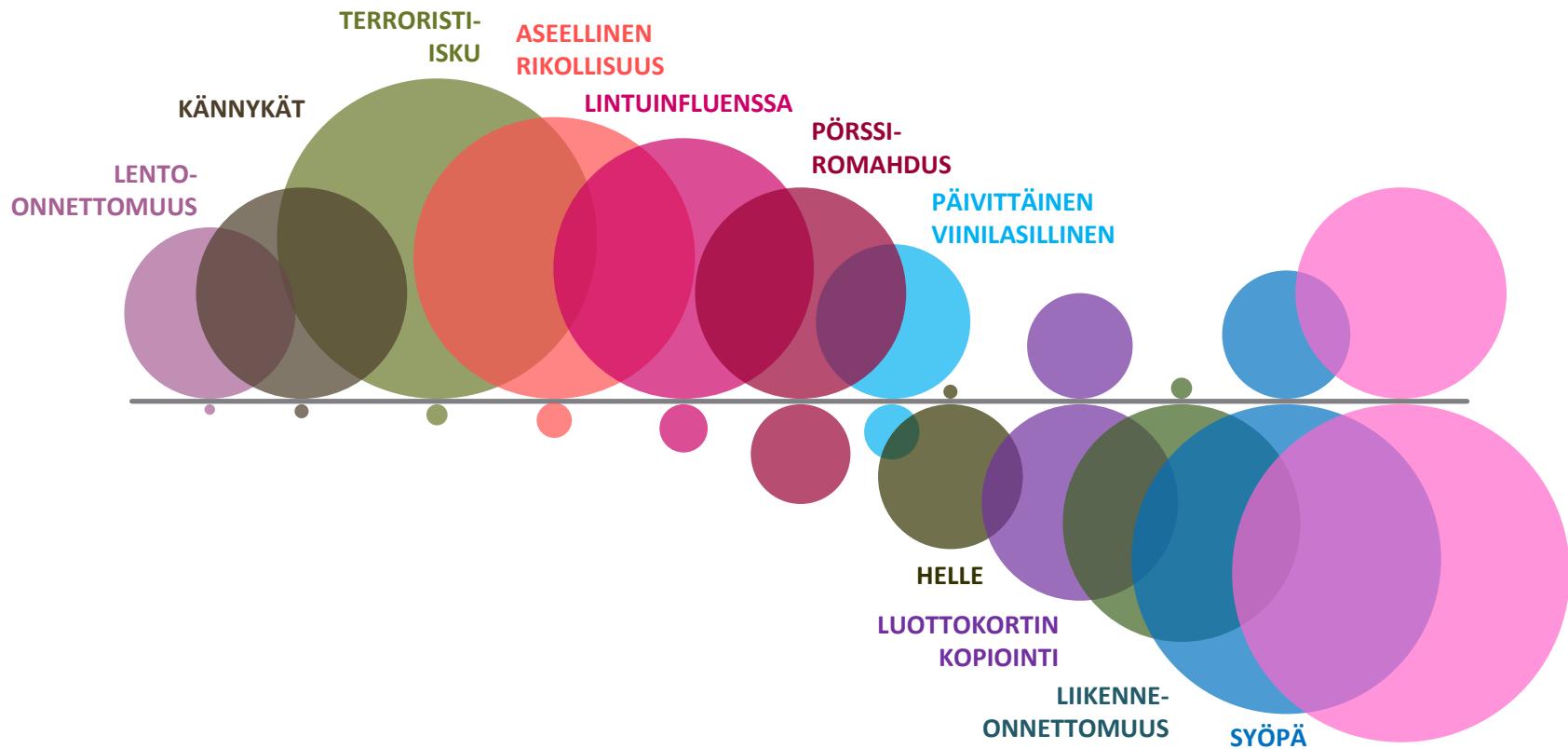
OUTLINE

- Kansanterveys, riskitekijät ja hiukkaset
- Koetut ja arvioidut ympäristöriskit (Juho Kutvonen, 2014)
 - Torjuntatoimenpiteiden kustannus- ja arvotehokkuus
- BATMAN-arviot
 - päästöt, altistus, terveysvaikutukset
 - valittujen toimenpiteiden vaikuttavuus 2030 mennessä
 - toimenpiteiden arvointi

Miksi kvantitatiivinen riskinarviointi on tärkeää?

KOETTU RISKI

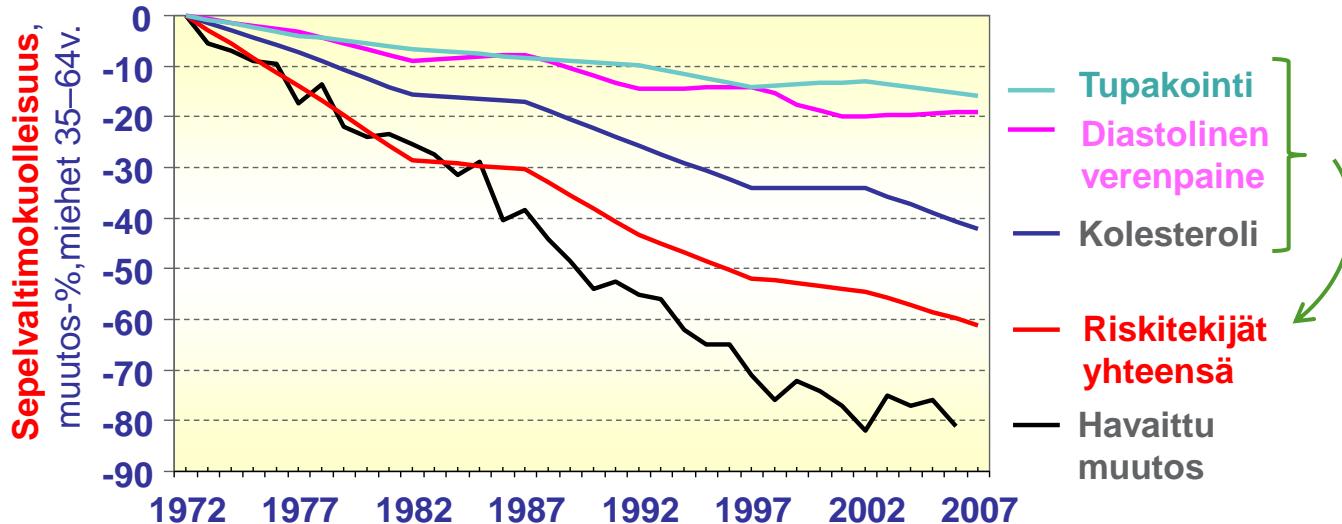
TOTEUTUNUT RISKI



Susanna Hertrich, 2008 : "Reality Checking Device"

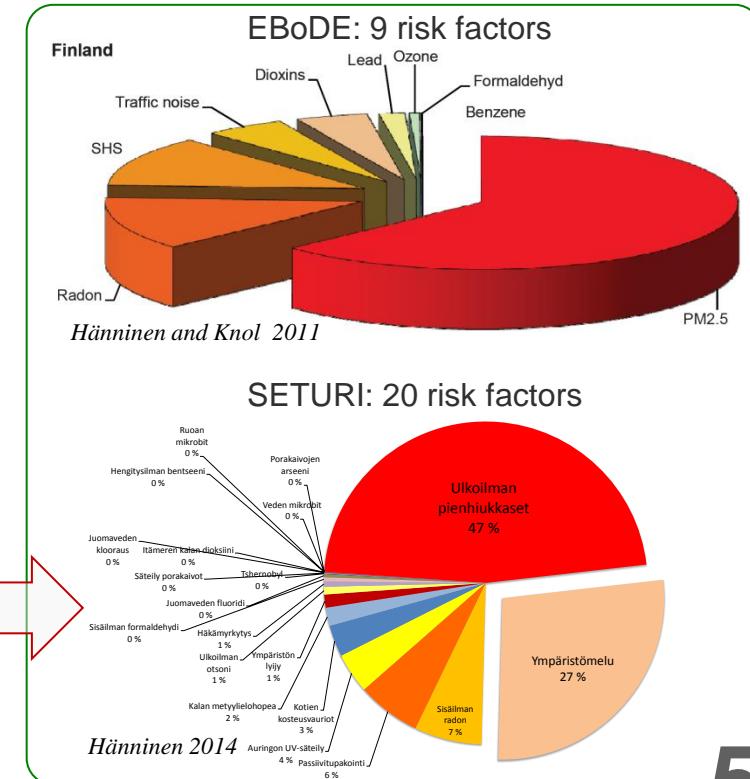
RISKITEKIJÖIDEN VAIKUTUS KUOLLEISUUDEN LASKUUN

Seppo Koskinen 2014
Soterko-Risky -seminaari



TÄRKEIMMÄT YMPÄRISTÖRISKIT: ILMANSAASTEET, MELU, RADON, PASSIIVINEN TUPAKOINTI, UV

Ympäristöriskit kuvattuna haittapainotettuina elinvuosina (DALY)



BATMAN BASELINE 2015

Lehtomäki et al. 2018



Indikaattori	Huuttopaineisto-tilin vuodet (DALY)	Sairastavuus (YLD)	Menehtyvyydellinen vuodet (YLL)	Kuoleman-vaikuttajat (kg/a)
A: Pääasvio	25 000	4 900	20 000	1 400
PM _{2,5}	18 000	2 600	15 000	980
PM ₁₀	4 300	1 900	2 400	130
NO ₂	2 300	400	1 900	220
O ₃	530	32	500	62
B: Täydentävä arviointi	2 900	1 600	1 300	75
Kokonaisvaikuttaja (A+B)	28 000	6 500	21 000	1 500

} 1100

¹Täydentävän arvion ilmansaasteet: As, BaP (benzo(a)pyreeni), Cd, CO, C₆H₆ (benseni), Ni, Pb, PMc (karkeat hiukkaset), SO₂ ja TRS (haisevat nikkihdisteet)

Lehtomäki ym., Ympäristö ja terveys, 8/2016

ISTE, target year 2013
Exposures from monitoring

->

target year 2015
Exposures from SILAM (1 km)



2018-05-23

Fig. 4. Parametric uncertainties

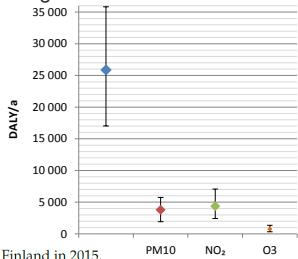


Fig. 3a,b. By age groups.

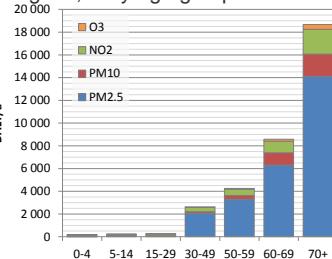


Table 5. Estimates of attributable disease burden for four main air pollutants in Finland in 2015.

Pollutant	DALY	(95% CI)	YLL/YLD	Deaths	YLL/Death
PM _{2,5}	26,000	(17,000–36,000)	61	1600	16
PM ₁₀	3800	(1900–5700)	3	160	18
NO ₂	4400	(2400–7100)	10	240	17
O ₃ ^a	750	(330–1300)	11	40	17
Total	35,000	(25,000–46,000)	17	2000	17

DALY disability-adjusted life years, YLL years of life lost, YLD years lived with disability, CI confidence interval.

^a Ozone impacts are based on SOMO3.

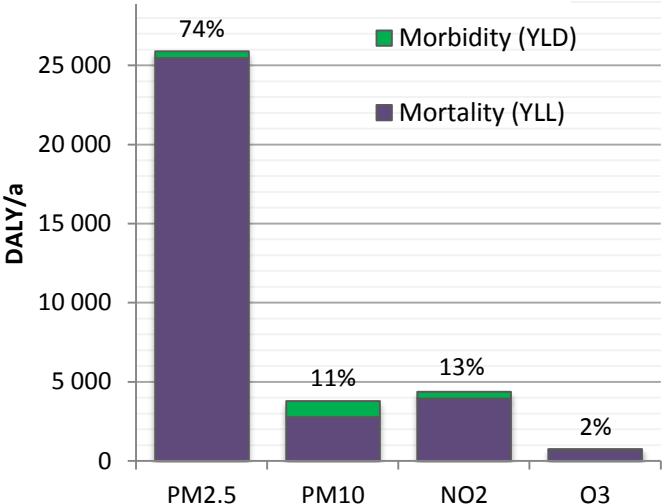
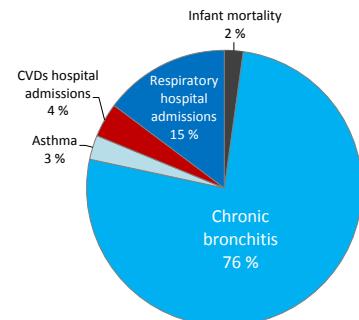


Fig. 2a. Impacts by pollutant.

Hänninen et al. Domestic combustion

Fig. 2b. Impacts excluding natural mortality.



6

KANSALLINEN IDYLLI



Kuvat: www.konttila.fi

AINO KALLAS (1878-1956) KATINKA RABE (1920)

"He poikkeavat joskus talon pihallekin, joka on syväällä kuin kaivossa, noen ja tahman laskeutuessa viereisten talojen savupiipuista armotta sen kolmelle sireenille ja ainoalle vaahteralle."

(luku 6)

VANHAAN HYVÄÄN AIKAAN



Kuva: Toivo Räsänen, 1960. Kuopion museo.

Ilmanlaatu sisällä ja ulkona
puhas vesi, hygienia
lämmitys



Kuva: www.facebook.com/pages/vintage-kuopio

KAUKOLÄMMITYS POISTI SAVUT – IISALMI

1960-luku



1970-luvulta eteenpäin



KAUKOLÄMMITYS POISTI SAVUT – KUOPIO

1958-luku



2002



Talvinäkymä Kuopiosta vuosina
noin 1958 ja 2002

(vas. Kuopion kulttuurihistorial-
linen museo, Olavi Korhonen,
oik. Terveyden ja hyvinvoinnin
laitos, Olli Herranen).

Lähde: Jouko Tuomisto 2014: Mutu s. 26.

Pitäisikö huolestua? 2,2 miljoonaa suomalaiskotia tupruttellee taivaalle pienhiukkasia



16.12.2016 21:28 | TEKSTI Joonas Gustavsson

Suomessa ilmansaasteiden pitoisuudet ovat yleisesti ottaen pieniä. Liikenteen päästöt ovat lähinnä kaupunkien ongelma, mutta puun pienpoltosta syntyvä bentso(a)pyreeni ylittää WHO:n tavoitearvon Suomessa lähes kaikkialla.

JAKOA



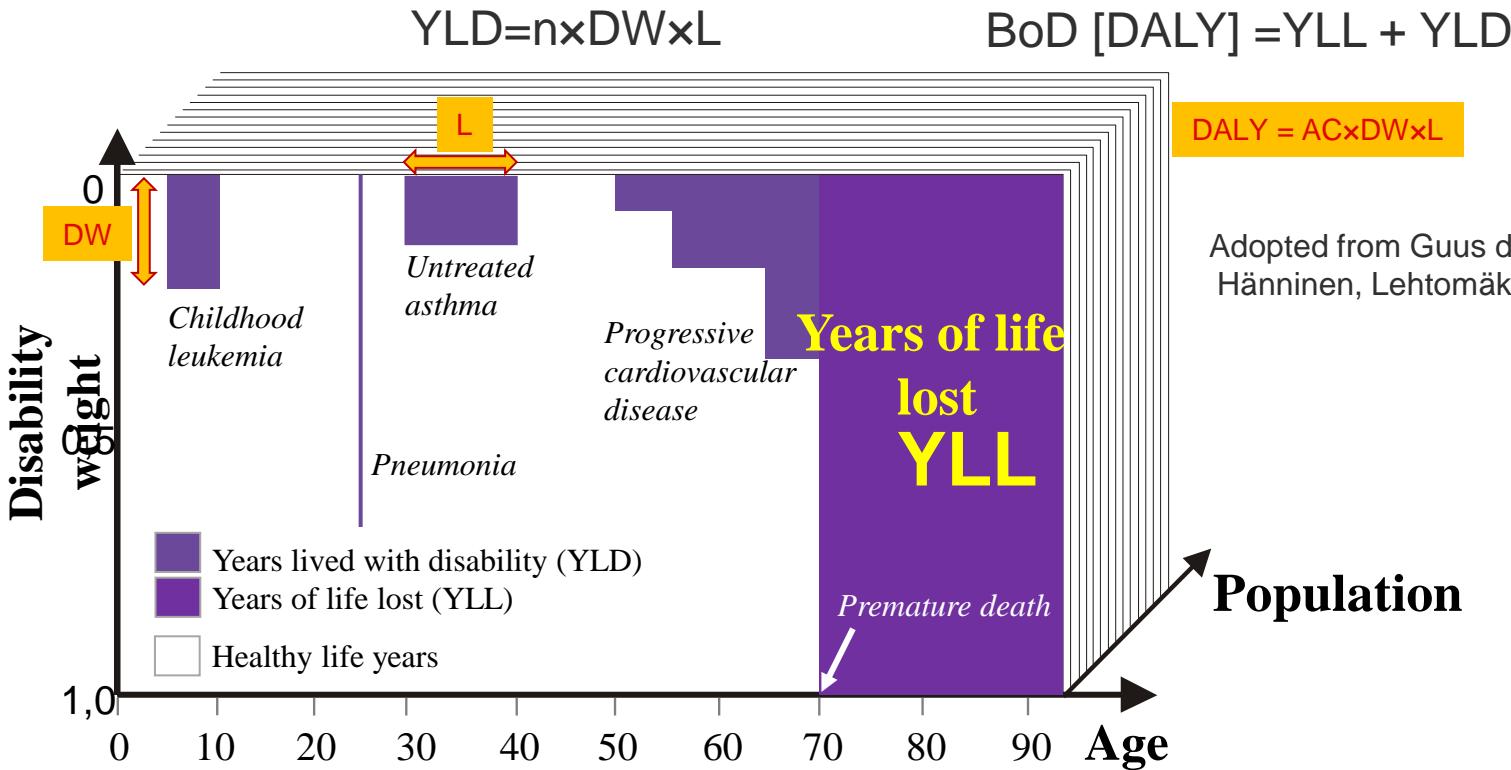
Euroopan ympäristöviraston arvion mukaan ilmansaasteet aiheuttavat vuosittain lähes puoli miljoonaa ennenkaista kuolemaa Euroopassa. Näistä noin 1500 tapahtuu Suomessa.

<https://tekniikanmaailma.fi/pitaisikko-huolestua-22-miljoonaa-suomalaiskotia-tupruttellee-taivaalle-pienhiukkasia/>

LUOTETTAVAATIETOA PÄÄTÖKSENTEON TUEKSI



HAITTAPAINOTETTU ELINVUOSI (DALY)



Adopted from Guus de Hollander et al., 1999
Hänninen, Lehtomäki et al. 2016 (in Finnish)

JUHO KUTVONEN 2014-02-11

VALUE EFFECTIVENESS

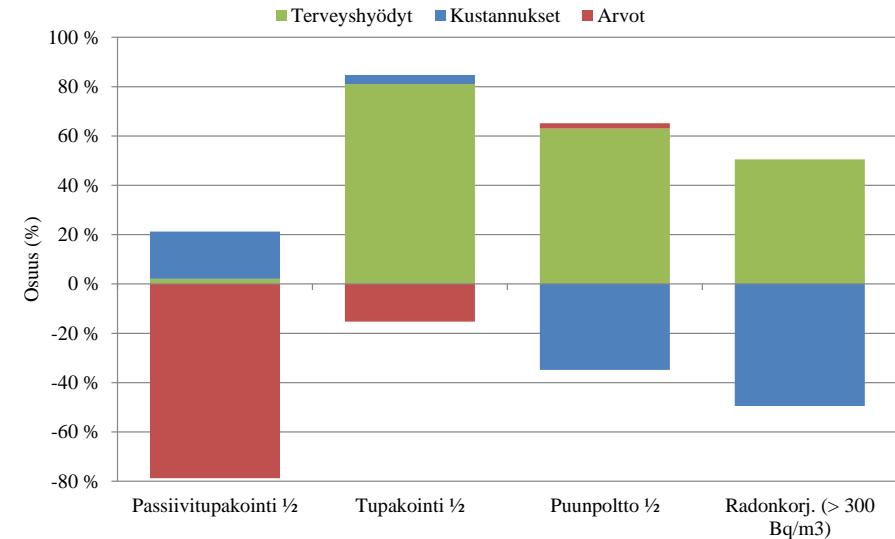
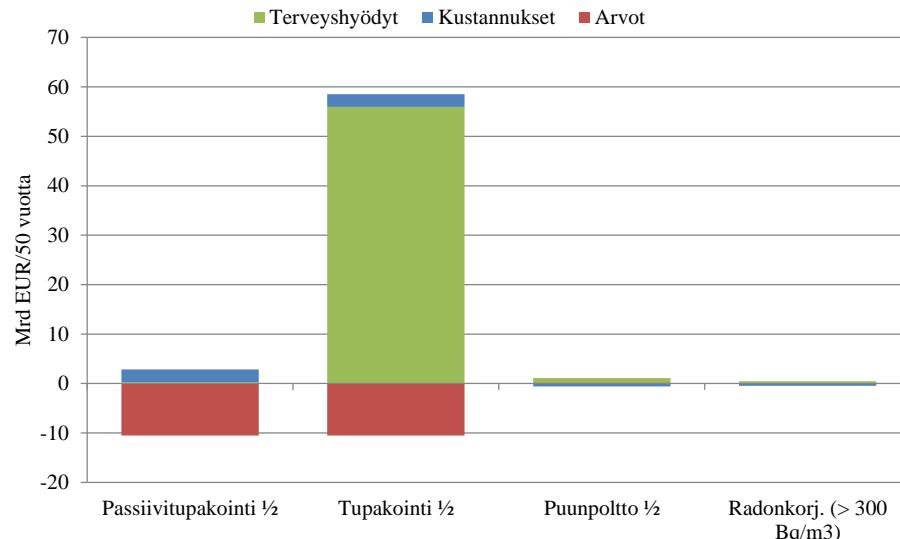
- Reduction scenarios for the top EBD exposures
 - PM_{2.5} (traffic tailpipe emissions; RWC)
 - radon
 - second hand smoke (& smoking)

- Cost effectiveness => Value-effectiveness
 - implementation cost vs. health benefits vs. perceived values
 - value questionnaire (n=468/1946 (24%))



JUHO KUTVONEN 2014-02-11

VALUE EFFECTIVENESS



File: Kutvonen 2014 tulokset.xlsx (2018-05-15)

PM_{2.5} ALTISTUKSEN ALENTAMINEN

- Juho Kutvonen, Itä-Suomen yliopisto, FM opinäytetyö 2014:
<http://urn.fi/urn:nbn:fi:uef-20140442>
"Ympäristöriskien torjunta-toimenpiteiden terveyshyötyjen, kustannusten ja koettujen arvojen vertailu"
 - mukana mm. **pienhiukkaset**
 - Osajulkaisu Ilmansuojelu-uutiset touko/2014

Juho Kutvonen, Itä-Suomen yliopisto ja Tervyden ja hyvinvoinnin laitos
Arja Asikainen, tutkija, Tervyden ja hyvinvoinnin laitos
Otto Hänninen, erikoistutkija, Tervyden ja hyvinvoinnin laitos

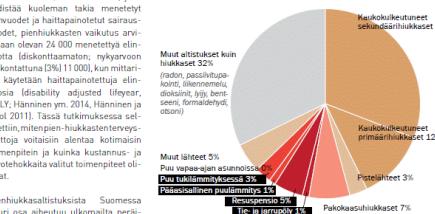
Tutkimus pienhiukkas- altistuksen alentamisesta:

Taajamien puun pienpolttorajoitusten ja alennettujen nopeusrajoitusten terveyshyötypotentiaali sekä kustannus- ja arvotehokkuus

Kotimaisin päätöksin voidaan pienihiukkasalitustuksia alentaa lähinnä liikennettä ja energiantuontaa kehitämällä. Tässä arvioidut kolme valittuja toimenpidetä ovat kaikki kustannustehokkaita, mutta nopeusrajoitusten osalta kustannushyötystä menetetään, jos väestön arvot otetaan mukaan laskelmaan.

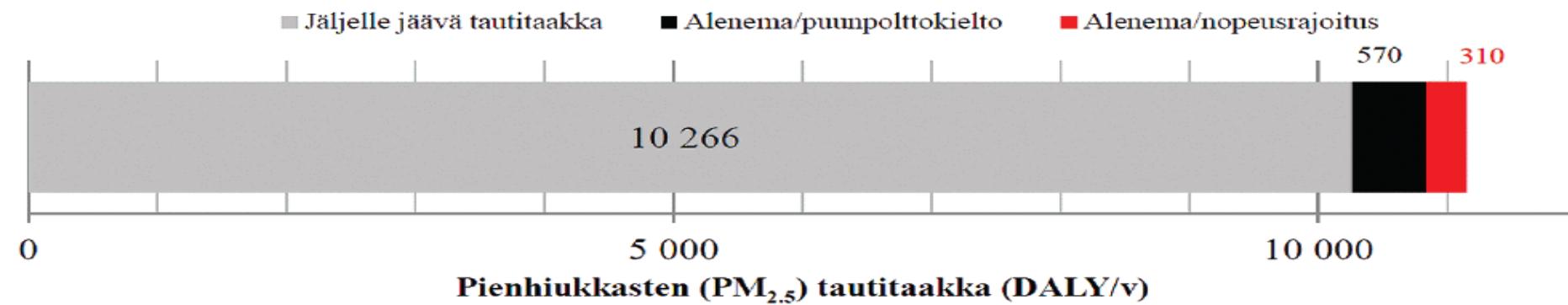
Viime vuosien selvitykselä ovat vahvistaneet kuviata siitä, että pienhuopalaisten ovaalikansanterveydelleisesti yksi haalistimmaa ymparistoiltaisesta leisimästä on Hänninen ym. 2010, 2014, Hänninen ja Asikainen 2013, Asikainen ym. 2013). Pienhuopulasten (PVL) julkaisut ovat heuttavat. Suomessa vuosittain noin 1000-2000 ennenkaan syötä- ja verisuorisrairauksia ja leuhkuksia.

Kuva 1. Ympäristötautiaakaan jakautuminen lähteisiin. Hänninen ym. 2014 mukaan ja hiukkasten suuntaava jatottelu lähteisiin. 2015 vastaa 68 prosenttia tarkasteltuja terveyshaittoja, joista valtaosa aiheutuu kaukolukumäestä. Kotimaisissa lähteistä merkittävässä roolissa ovat erityisesti liikenne ja pienpolto.



Kutvonen vm., 2014. Ilmansuojelu-uutiset 1/2014

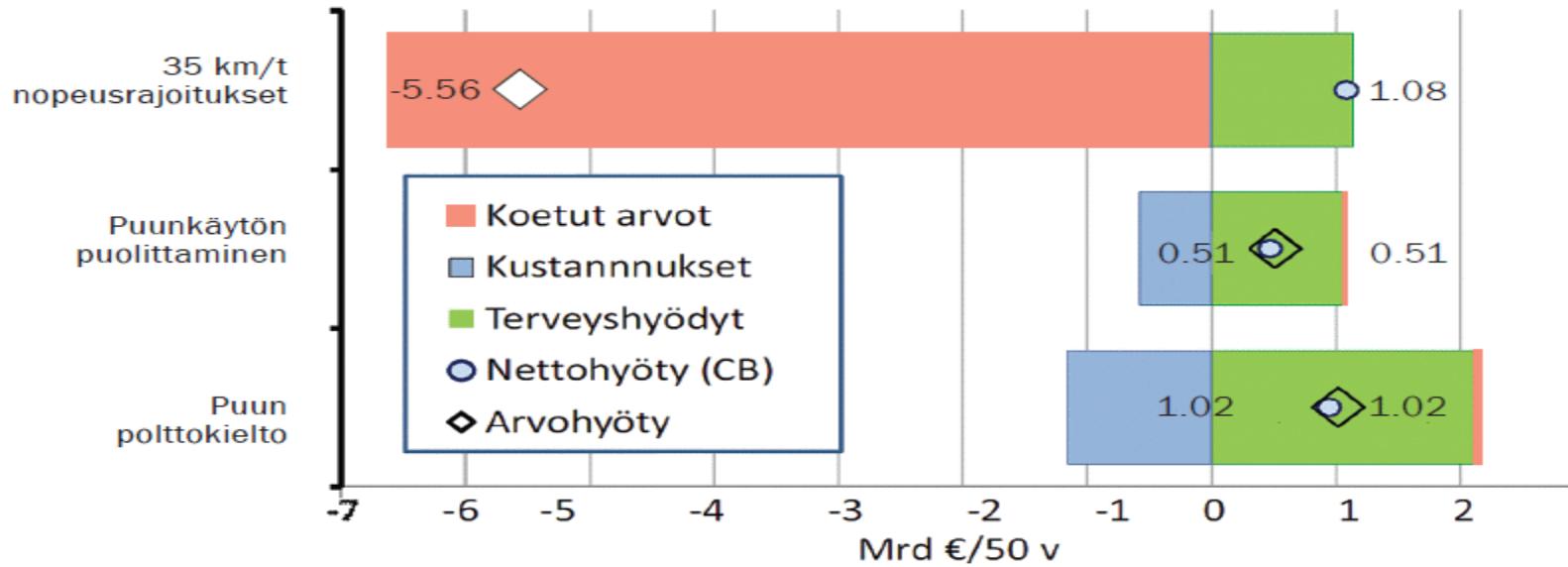
PIENHIUKKASTEN TAUTITAAKKAOSUUS (PER VUOSI)



Kuva 2. Taajamiin kohdistuvien puun polttokiellon ja nopeusrajoitusten vaikutus pienhiukkasten aiheuttamaan tautitaakkaan.

Kutvonen ym., 2014, Ilmansuojelu-uutiset 1/2014

NETTOVAIKUTUKSET: KUSTANNUS-HYÖTY JA ARVOHYÖTY



Kuva 3. Valittujen toimenpiteiden kumulatiiviset terveyshyödyt, kustannukset ja koetut haitat/hyödyt (Mrd €/50 vuoden tarkastelujakso) sekä vastaavat kustannushyödyn (●) ja arvohyödyn (◊) nettoarvot.

Kutvonen ym., 2014, Ilmansuojelu-uutiset 1/2014

BATMAN -PROJECT



- Environmental impact assessment of airborne particulate matter: the effects of aBATement and MANagement strategies
- Academy of Finland, 3-year project (2015-2018)
- SYKE-FMI-THL

BATMAN SUBPROJECTS 1-3

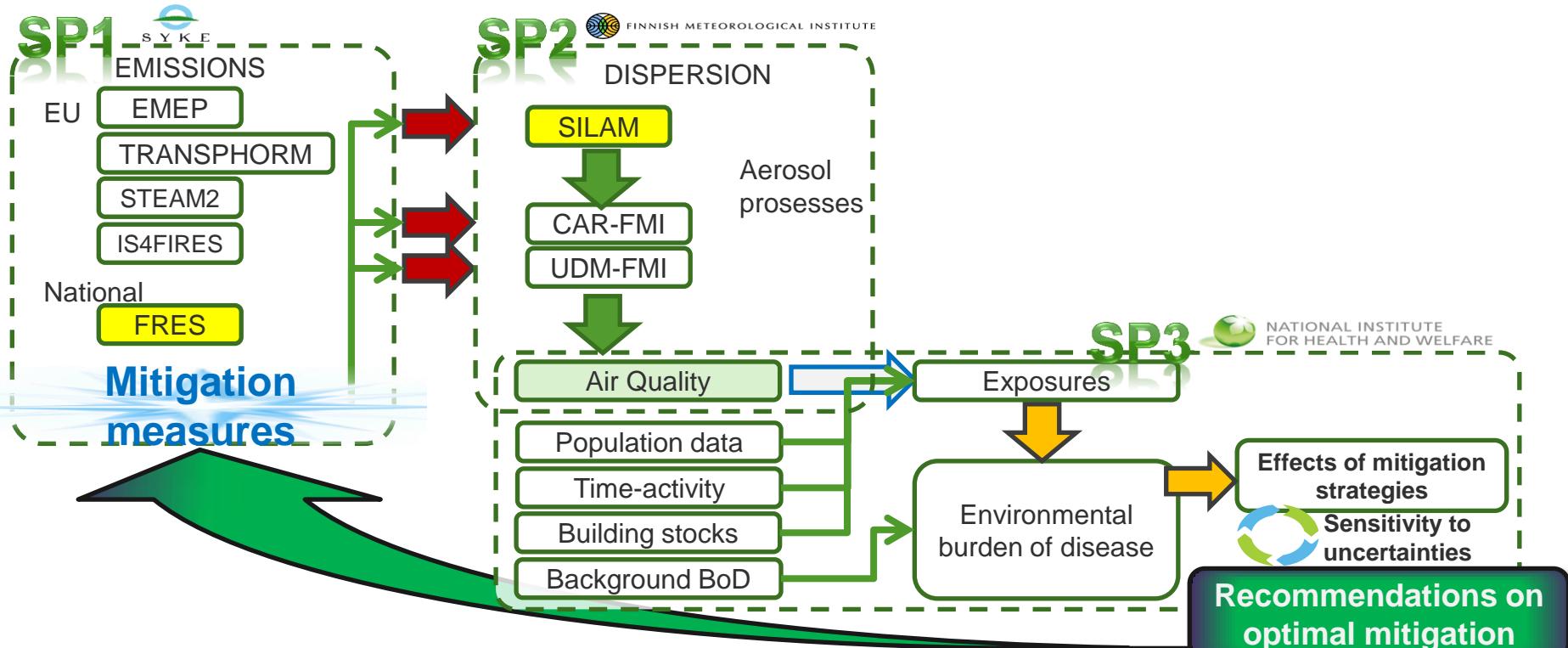


Figure 1. Linkage of sub projects, models and datasets as used in the project.

SYKE -- FRES



FRES



SILAM

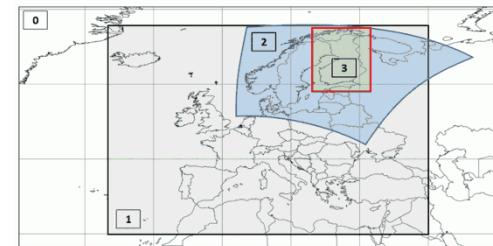


ISTE

- Domestic emissions and corresponding annual concentrations (partial concentration)
- Source-receptor matrices updated from 1 km to 250 m resolution in collaboration with FMI
 - uniform met. fields; 10 selected representative locations
 - non-reactive unit emissions
 - 20x20 and 40x40 km sizes (traffic, domestic)
 - annual mean concentration
- Updated emission factors
 - Savolahti et al. 2016
- Linked with population grid to calculate all ages population weighted concentrations (PWC)



FMI -- SILAM



FRES



SILAM



ISTE

- Chemical transportation model
 - Air / photochemistry
 - Concentrations from transboundary air pollution (LRT) and national emissions (total concentration)
- Four nested domains hemispheric to Finland
 - down to 1 km resolution
- Meteorological forcing
- Vertical layers, atmospheric chemistry
- Hourly resolution (8760 h/a)
- Aerosol processes
 - volatility, condensation, aggregation, solubility



THL -- ISTE



FRES



SILAM

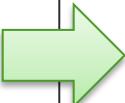


ISTE

- Health impact model using disability adjusted lifeyear and population attributable fraction approaches
- Air pollution and other risk factors
- Concentration-response function library
 - including IER, log-lin and UR shapes
- (Sub)Population approach with variability and parametric uncertainty options

BATMAN MITIGATION MEASURES

Table 1. Eleven core mitigation measures to be evaluated in this project.



Scope	Emission source	Mitigation measure	Description
FI	Residential combustion	<i>Ecodesign directive implementation National sauna stove standards Targeted information campaigns End-of-pipe filtration requirements Regional combustion bans</i>	<i>EU standard for wood stoves and boilers Complementary national standard Training of stove users Technologies for very low emission levels Bans for certain technologies, areas or meteorological conditions</i>
FI	Street dust	<i>Dust binding Modern street cleaning practices Limiting dust generation</i>	<i>Solvent application for binding street dust Advanced sweeping/washing technologies Non-studded tires, stud modification etc.</i>
EU	Shipping	<i>Emission control areas Low sulphur fuels Liquid natural gas fuel ships</i>	<i>Sulphur emissions spatially restricted Transition from 0.5% to, 0.1%S Replacement of old vessels with LNG</i>

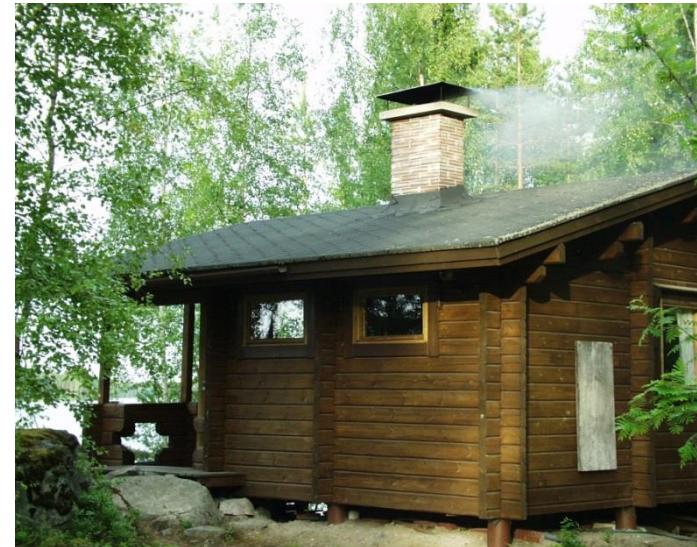
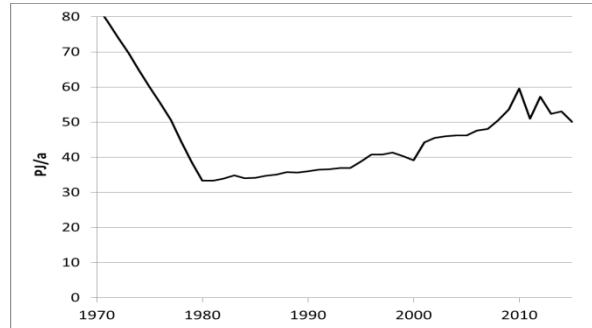
MITIGATION MEASURES

1. RESIDENTIAL COMBUSTION

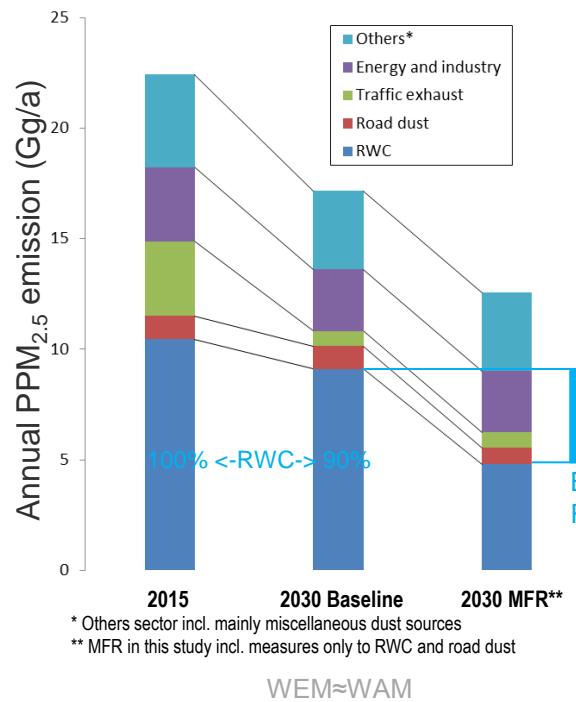
- 1.1 *Ecodesign directive implementation*
- 1.2 *Targeted information campaigns (cities, country)*
- 1.3 *National sauna stove standards (2020)*
- 1.4 *End-of-pipe filtration requirements*
- 1.5 *Regional combustion bans (cities)*

Residential Wood Combustion in Finland

- ~2 million small-scale wood-burning devices + 0.8 million sauna stoves
- 47% of Finnish PM_{2.5} emissions in 2015
- No emission regulation
- Wood use increases:

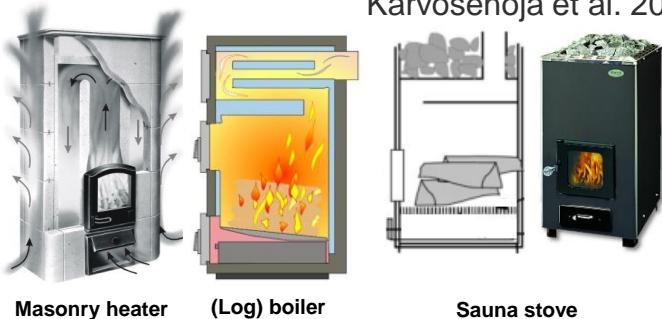


PÄÄSTÖSKENARIOT SYKE



Soimakallio ym. 2017

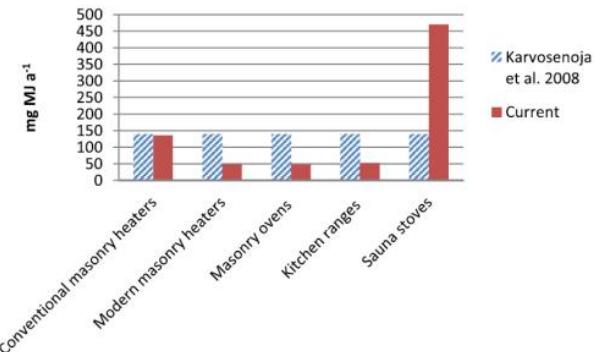
- Baseline at 2015 BAU scenario 2030 (WEM, with existing measures, WAM additional measures)
- BATMAN measures & packages
- Source receptor matrixes at 250 m resolution (Karvosenoja et al. 2011)



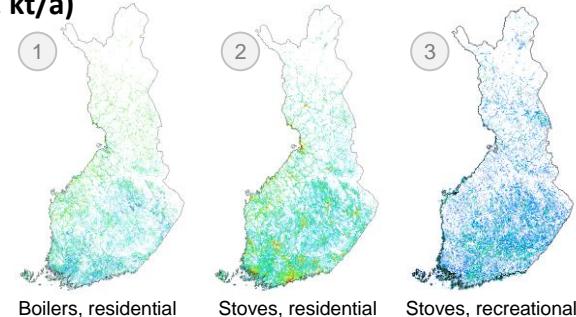
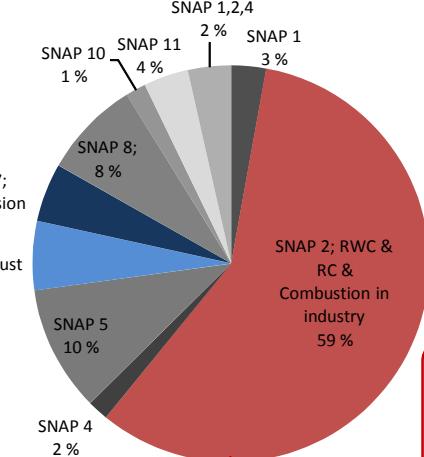
EMISSIONS OVERVIEW

Korhonen et al. 2018
(unpublished)

Savolahti et al. 2016, emission factor development



Total PM_{2.5} emissions in 2015 (22 kt/a)



ca. 80 % of SNAP2=RWC

SNAP2, PM_{2.5} emissions in 2015 (12.8 kt/a)

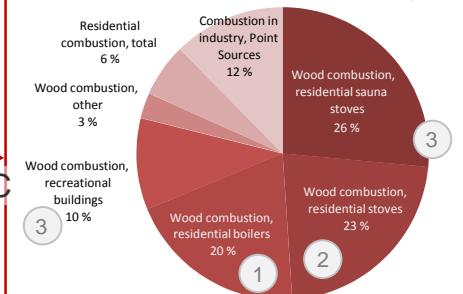
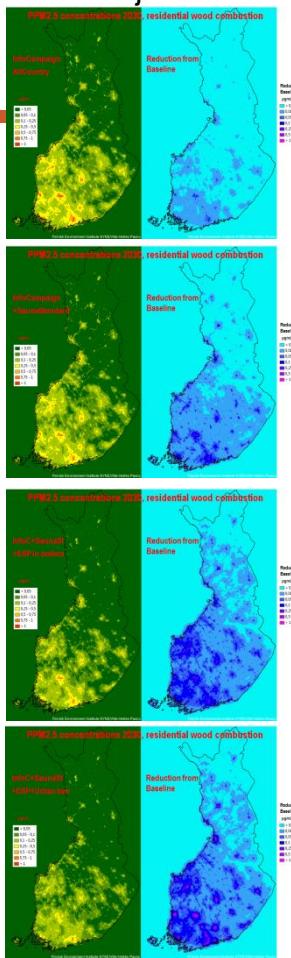
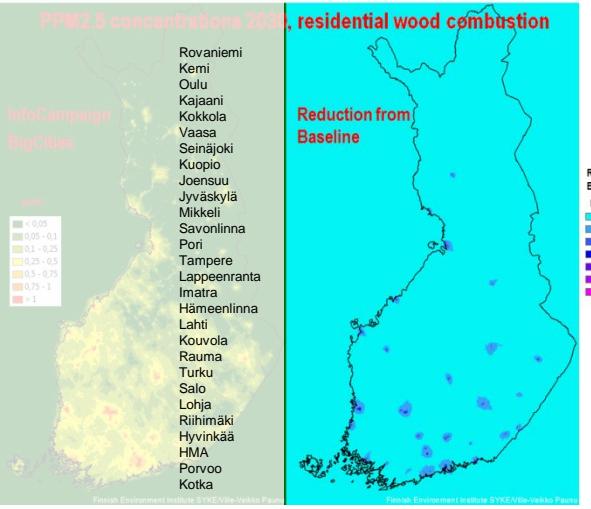
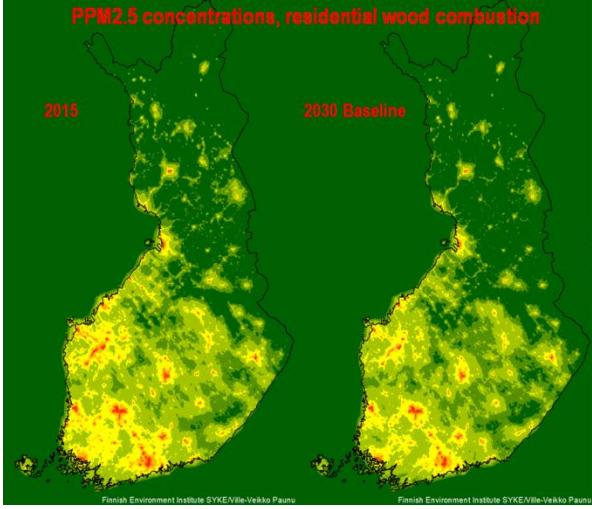


Fig. 3. PM_{2.5} emission factor for an aggregated stove group "other stoves and ovens" in Karvesenoja et al. (2008), compared to the appliance-specific emission factors in the current calculation scheme.

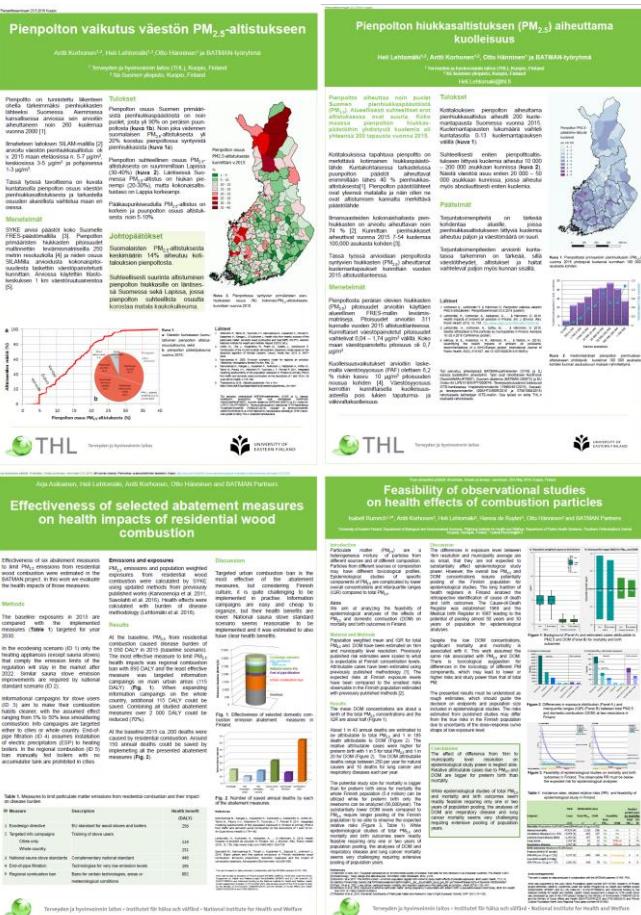
RWC Emission reductions -> PPM_{2.5} Conc.



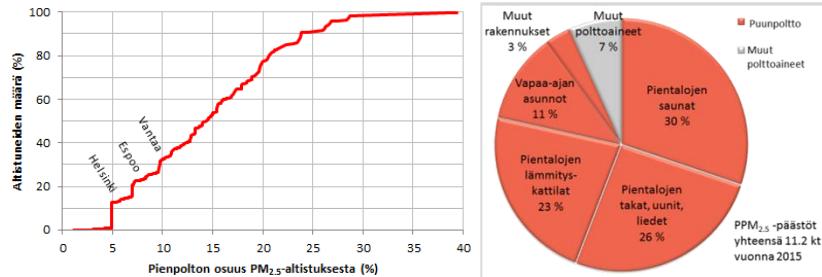
Kartat: SYKE, V-V Paunu

POSTERS

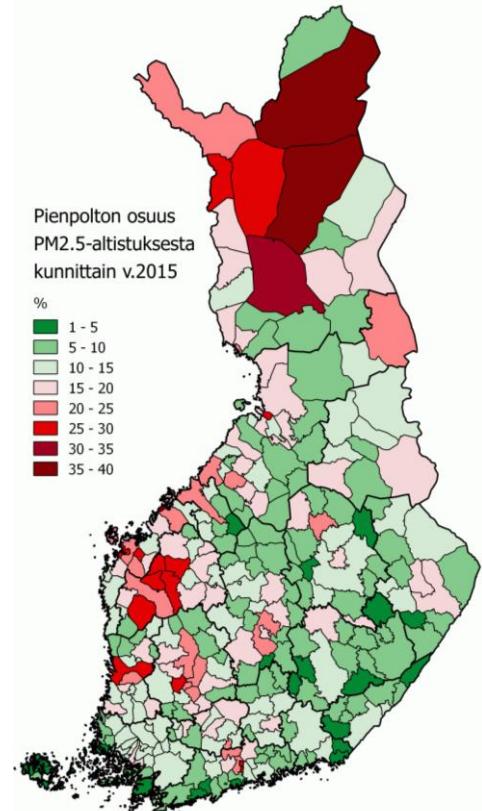
- Antti Korhonen: PM_{2.5} altistus
- Heli Lehtomäki: Kuolleisuus
- Arja Asikainen: Toimenpidevertailu
- Isabell Rumrich: Epi



KORHONEN -- EXPOSURES

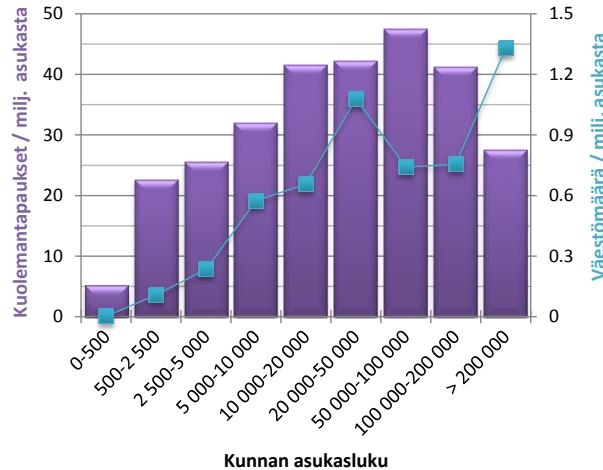


Kuva 1. a: Väestön kuntatason kumulatiivinen pienpolton altistus-osuuksjakama, sekä b: pienpolton päästöjakama vuonna 2015.

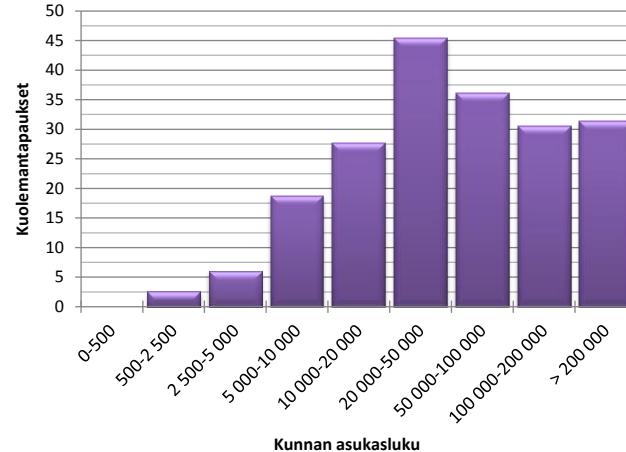


Kuva 2. Pienpoltossa syntyvien primääristen pien-hiukkasten osuus (%) kokonais-PM_{2.5}-altistuksesta kunnittain vuonna 2015.

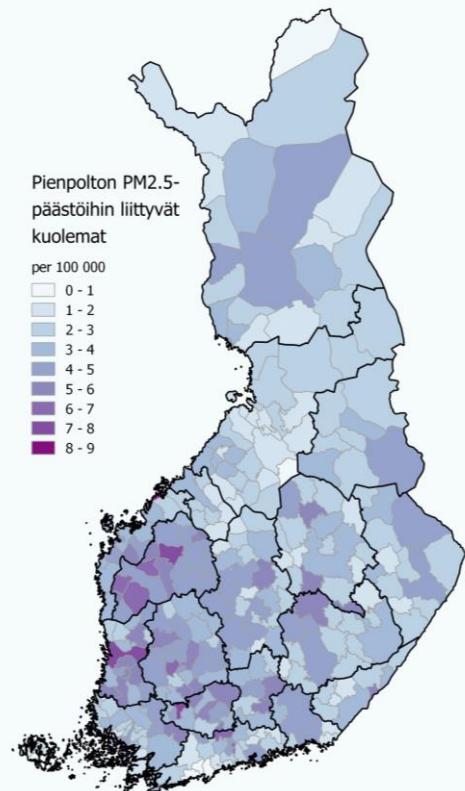
LEHTOMÄKI – HEALTH IMPACTS



Kuva 2. Keskimääräiset pienpolton pienihiukkas-altistukseen yhdistyvät kuolemat miljoonaa asukasta kohden kunnan asukasluvun mukaan ryhmiteltyinä.



Kuva 2b. Kuolemantapausten lukumäärä.



Kuva 1. Pienpoltosta primaarisiiin pienihiukkasiin ($PM_{2.5}$) vuonna 2015 yhdistyvät kuolemat kunnittain 100 000 asukasta kohden.

ASIKAINEN -- REDUCTION

Table 1. Measures to limit particulate matter emissions from residential combustion and their impact on disease burden.

ID	Measure	Description	Health benefit (DALY)
1	Ecodesign directive	EU standard for wood stoves and boilers	256
2	Targeted info campaigns	Training of stove users	
	Cities only		114
	Whole country		231
3	National sauna stove standards	Complementary national standard	449
4	End-of-pipe filtration	Technologies for very low emission levels	195
5	Regional combustion ban	Bans for certain technologies, areas or meteorological conditions	892

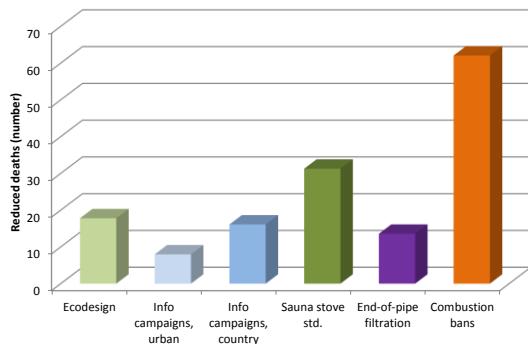


Fig. 2. Number of saved annual deaths by each of the abatement measures.

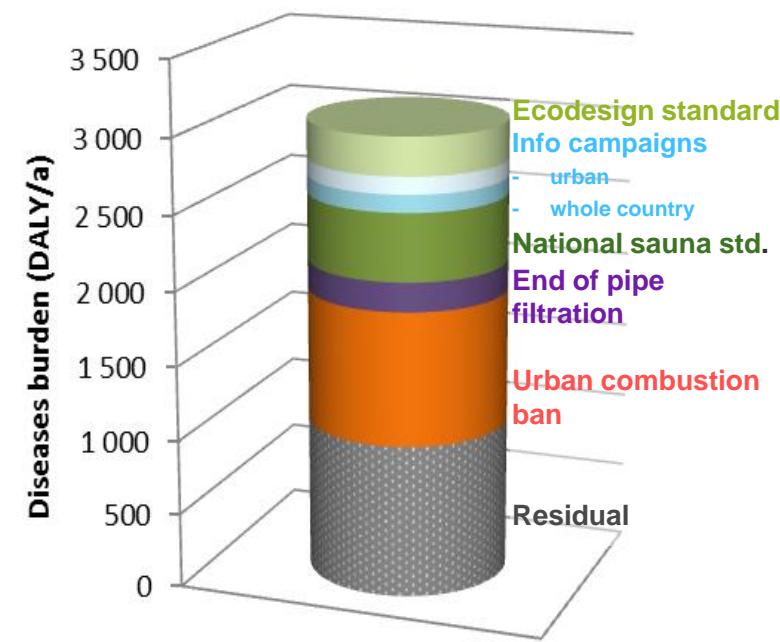


Fig. 1. Effectiveness of selected domestic combustion emission abatement measures in Finland.

RUMRICH – OBSERVATIONAL STUDIES

Endpoint	Total		Attributable cases		Feasibility	Needed pooled years for feasibility			
	Cases	Total PM _{2.5}	a ¹	a ¹					
	2015	a ¹	a ¹	Total PM _{2.5}	DOM	Total PM _{2.5}	DO	M	
Mortality (Population 5,397,457/year) (RR=6% per 10 µg m⁻³ [5])									
Natural mortality	47,520 [4]	1,103	256	Yes	Yes	1	1		
Circulatory diseases (incl. IHD)	19,955 [4]	463	107	Yes	Yes	1	1		
Ischemic heart disease (IHD)	11,050 [4]	257	59	Yes	Yes	1	2		
Lung cancer	2,182 [4]	51	12	Yes	Difficult	2	14		
Respiratory diseases	2,027 [4]	47	11	Yes	Difficult	2	14		
Birth outcomes (Newborns 55,963/year)									
Preterm birth (<37 weeks)									
(RR=38% per 10 µg m ⁻³ [6])	3,172 [3]	649	156	Yes	Challenging	2	6		
Low birth weight (<2.5kg)									
(RR=70% per 10 µg m ⁻³ [7])	2,392 [3]	334	78	Yes	Challenging	4	8		

Table 1. Incidence rates, related relative risks (RR) and feasibility of epidemiological study in Finland

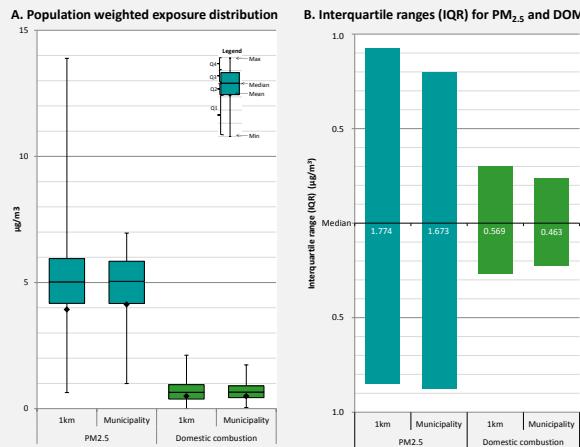


Figure 1. Background (Panel A) and estimated cases attributable to PM_{2.5} and DOM (Panel B) for mortality and birth outcomes

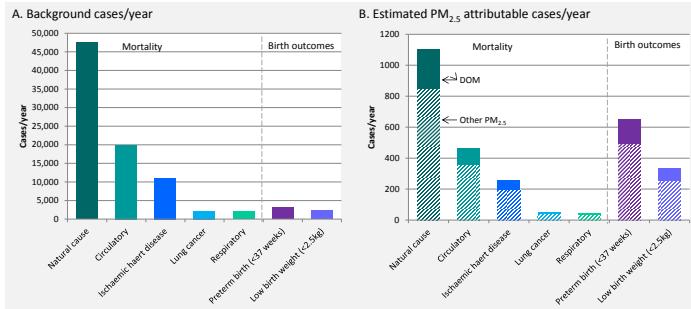


Figure 2. Differences in exposure distribution (Panel A,) and interquartile ranges (IQR) (Panel B) between total PM_{2.5} and domestic combustion (DOM) at two resolutions in Finland

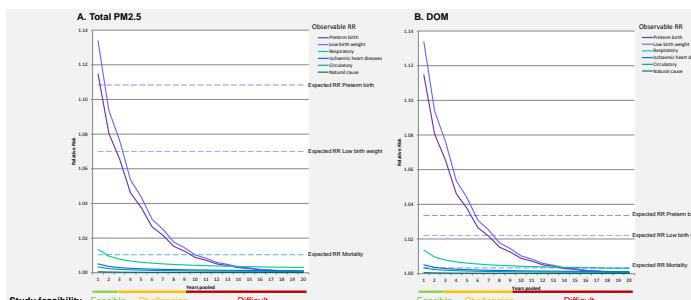


Figure 3. Feasibility of epidemiological studies on mortality and birth outcomes in Finland. The observable RR must be below the expected risk for epidemiological analyses

RESULTS 1 -- BASELINE

- At 2015 baseline RWC causes ca. 51% of national PM_{2.5} emissions and 55% of exposures, indicating quite equal population-based spatial distribution
- Small scale combustion caused 18% ($0.89 \mu\text{g m}^{-3}$) of total PM_{2.5} exposures in 2015
- Existing (limited) regulation of RWC is expected to reduce population exposures by 9% by 2030

RESULTS 2 -- MEASURES

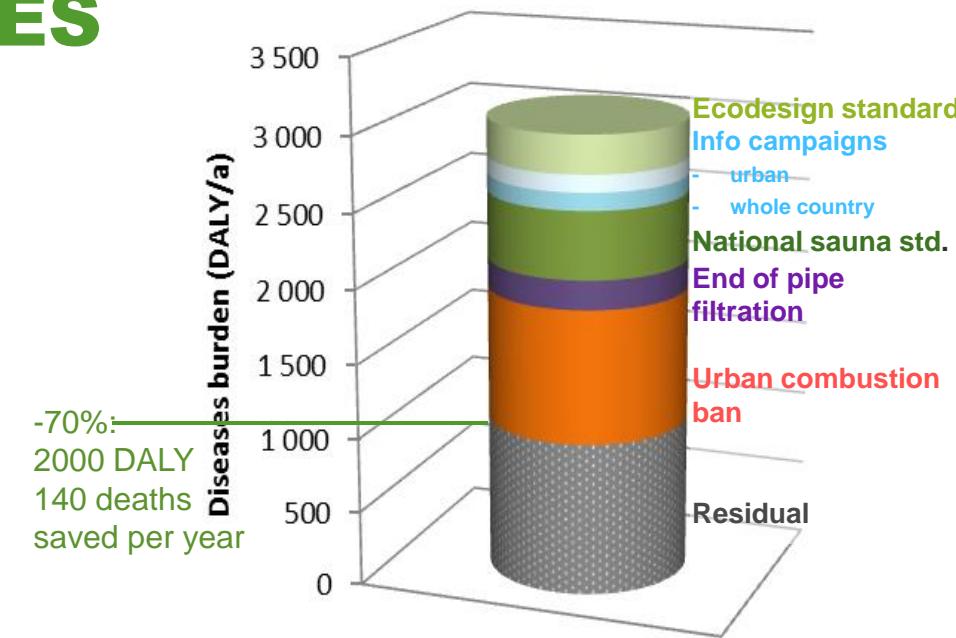
- All measures together would reduce domestic emissions by 55% and exposures by 70%
- Largest impact is by regional combustion bans (-29% of PWC) followed by sauna stove standard (-15%) and ecodesign directive (-8%)
- Info campaign, when implemented in whole country, produces same results (-8%)
- End of pipe filtration, while most efficient regarding emissions (-15%), reduces exposures only by 6%

RESULTS 3 -- PACKAGES

- Larger health benefits can be obtained by combining the measures as packages

upto -70% reduction possible by 2030

partly rapidly (e.g. bans)
partly quite slowly
(equipment renewal)



RESULTS 4 -- DISCUSSION

- Results, until now, are estimated using SR-matrices and thus subject to uncertainties related to aerosol processes
 - Integrated modeling by SILAM to be completed
- Comparison with road dust measures and shipping
 - studded tyres, street cleaning, dust binding
 - PM composition based differences in toxicity?
- Wood combustion in power plants is clean
- C-R functions at low exposures (linearity? threshold?)

CONCLUSIONS

- Domestic combustion a dominant national PM source
- Substantial reduction potential (70%)
 - valuation of wood combustion and hazards controversial
- Economical issues
 - potential tax benefits
 - new innovations & products

Thank you for your interest!

<3



Photo: Courtesy of City of Kuopio

Welcome to Kuopio

otto.hanninen@thl.fi

2018-05-23

Hanninen et al. Domestic combustion

41