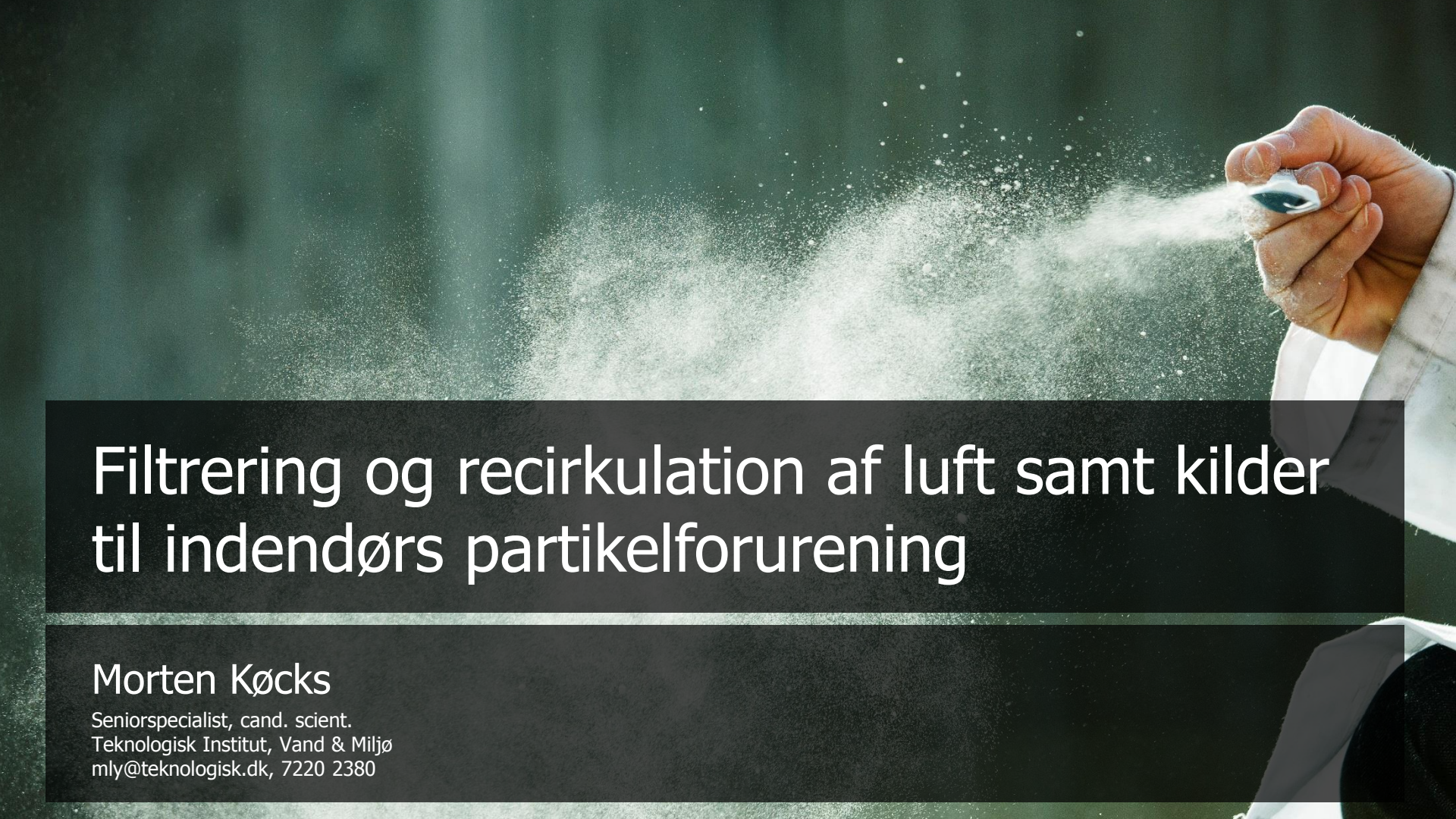




Filtrering og recirkulation af luft samt kilder til indendørs partikelforurening

Morten Køcks

Seniorspecialist, cand. scient.
Teknologisk Institut, Vand & Miljø
mly@teknologisk.dk, 7220 2380

Kilder til udendørs partikelforurening



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Primære kilder omfatter:

- Vejtransport
 - Brændeovne
 - Ikke-vejgående trafik (fx skibe og entreprenørmaskiner)
 - Landbrug
 - Industri/produktion
-
- Veldokumenterede sundheds-
effekter (PM_{10} og $PM_{2,5}$)

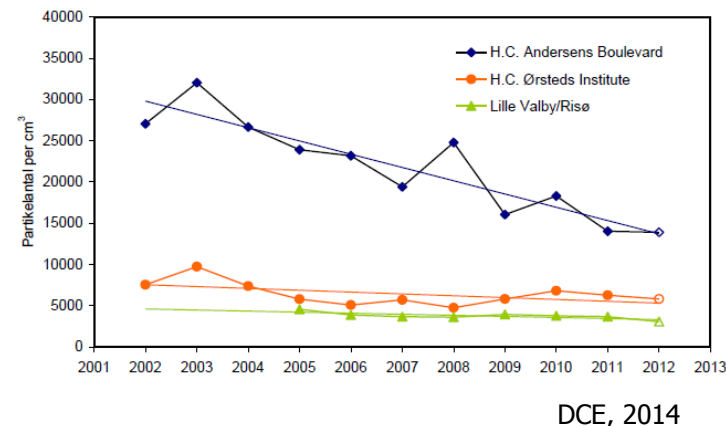


Grænseværdier og partikler



TEKNOLOGISK
INSTITUT

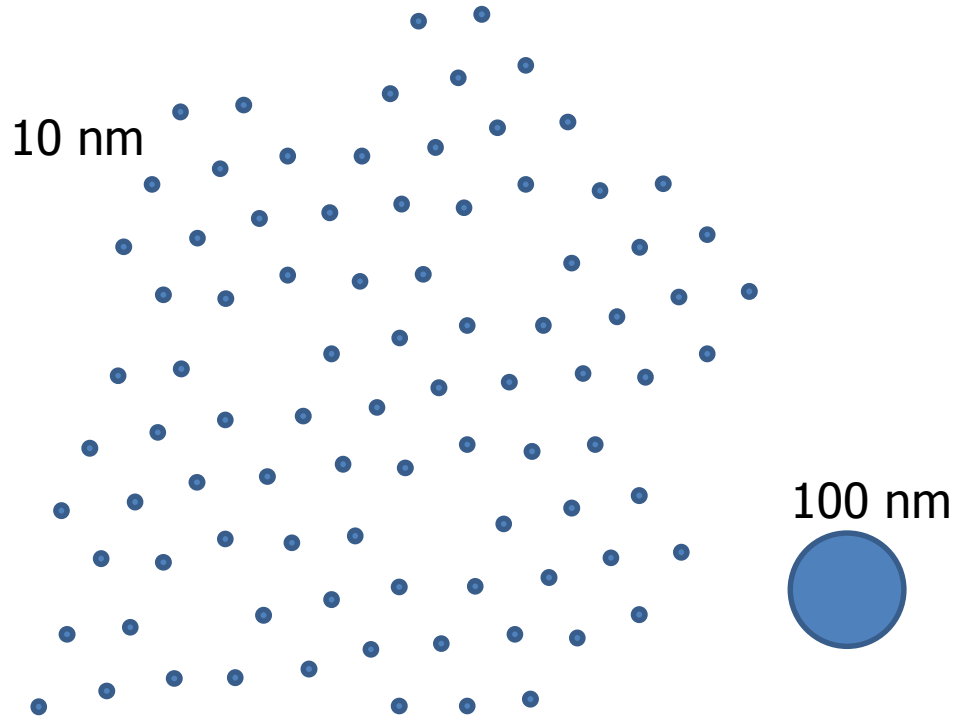
- Grænseværdier fastsat i EU's luftkvalitetsdirektiv overholdes stort set i DK
 - Fokus på partikler (PM) og NO_x
 - NO₂: Overskridelse af grænseværdi i Kbh. (HCA Boulevard)
- For partikler skelnes typisk mellem:
 - Partikelmasse, særligt PM₁₀, PM_{2.5}
 - Antal partikler, særligt ultrafine partikler (UFP)



Volumen/masse vs. antal



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Én 1.000-nm partikel vejer det samme som en mio. 10-nm partikler

Hvorfor bedre luftkvalitet / filtrere luften?



TEKNOLOGISK
INSTITUT

WHO:

- ~100 mio. sygedage og ~4-500.000 for tidlige dødsfald hvert år i Europa
- Diesel-emissioner klassificeret som kræftfremkaldende
- Højere eksponering af små partikler (PM_{2,5}) => øget sygelighed og dødelighed
- Guidelines PM_{2,5} eksponering ambient:
 - **10 µg/m³** (annual mean)
 - **25 µg/m³** (24h mean)

International Agency for Research on Cancer



PRESS RELEASE
N° 213

12 June 2012

IARC: DIESEL ENGINE EXHAUST CARCINOGENIC

Lyon, France, June 12, 2012 -- After a week-long meeting of international experts, the International Agency for Research on Cancer (IARC), which is part of the World Health Organization (WHO), today classified diesel engine exhaust as **carcinogenic to humans (Group 1)**, based on sufficient evidence that exposure is associated with an increased risk for lung cancer.

Background

In 1988, IARC classified diesel exhaust as *probably carcinogenic to humans (Group 2A)*. An Advisory Group which reviews and recommends future priorities for the IARC Monographs Program had recommended diesel exhaust as a high priority for re-evaluation since 1998.

There has been mounting concern about the cancer-causing potential of diesel exhaust, particularly based on findings in epidemiological studies of workers exposed in various settings. This was re-emphasized by the publication in March 2012 of the results of a large US National Cancer Institute/National Institute for Occupational Safety and Health study of occupational exposure to such emissions in underground miners, which showed an increased risk of death from lung cancer in exposed workers (1).

<http://www.eea.europa.eu/soer-2015/europe/air>
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>

Hvorfor bedre luftkvalitet / filtrere luften?



TEKNOLOGISK
INSTITUT

We need Globalized air quality standards

Int J Pub Health 2017: Kutlar Joss et al (open access)

Public health oriented air quality standards

«standards» do not
protect health !

	WHO Guidelines	Afghanistan, Cameroon, Iceland, Iran, Switzerland (Australia)	State of California	U.S.A. Federal Mexico	Norway	E.U.	India	China and many others
PM₁₀ Annual Mean	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 (AUST: 8 for PM _{2.5} !)	20	-- but PM _{2.5} of 12	25	40	60	70

Set and enforce science based targets as proposed by WHO to protect health!



TEKNOLOGISK
INSTITUT

EU limits are NOT SCIENCE BASE and do NOT protect people's health

Pollutant	EU limit	% citizens Exceeding EU limit	Science based Guidelines of WHO	% citizens Exceeding WHO limit
PM10	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 24 h	16	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a year	50
PM2.5	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a year	8	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a year	85
BaP	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a year	20	0.12 ng/m^3 a year	88
NO ₂	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a year	8	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a year	8
SO ₂	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 24 h	<1	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 24 h	38
O ₃	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 8 h	8	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 8 h	96

Generel udfordring i Europa

– partikler respekterer fx ikke landegrænser...



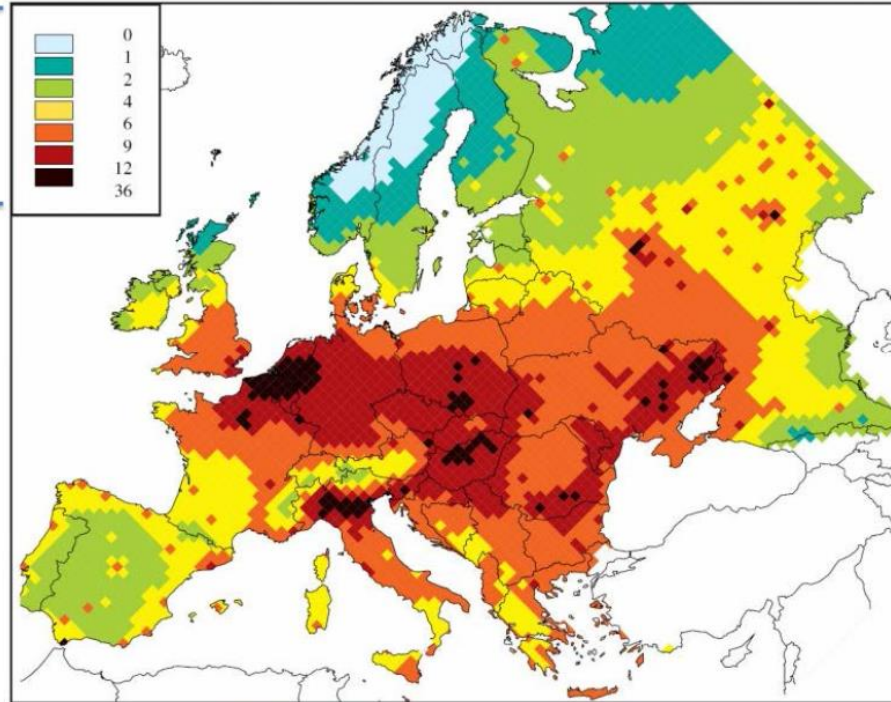
TEKNOLOGISK
INSTITUT

Loss of Life Expectancy
due to PM2.5 pollution
in months

Air pollution in Europe:

	Deaths/year
PM2.5	467 000
NO _x	71 000
O ₃	17 000
TOTAL	555 000

source: EEA



Kilder til indendørs partikelforurening



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Primære kilder omfatter:

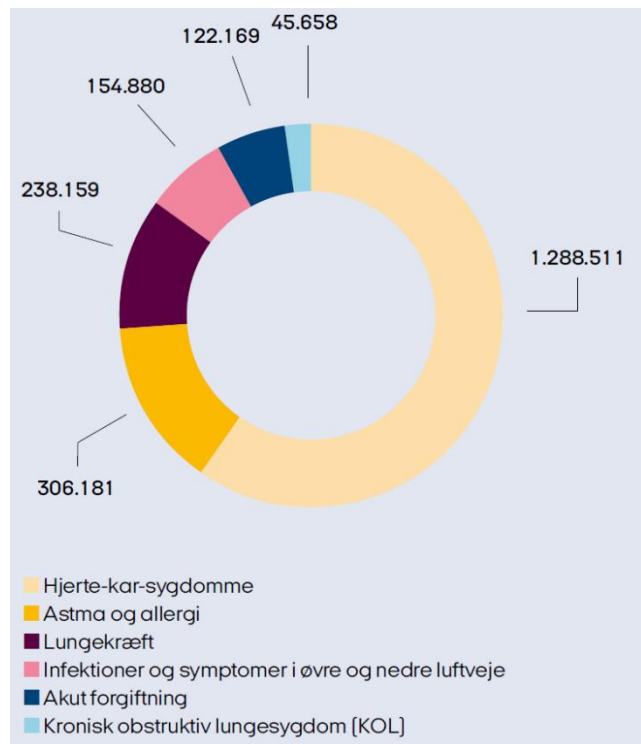
- Levende lys
 - Madlavning
 - Brændeovne
 - Udendørs kilder / lokale punktkilder
-
- Mangler viden om kemisk sammensætning
 - Stor usikkerhed omkring sundhedseffekter!



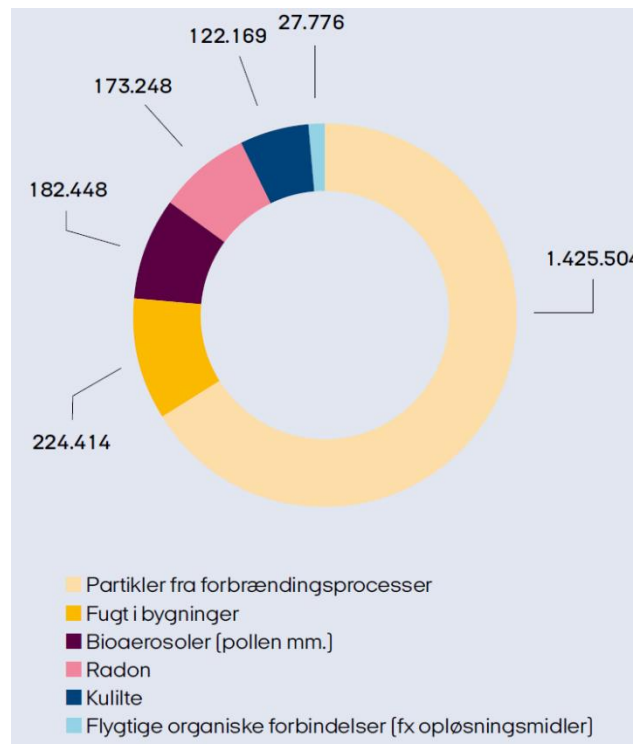
Forurening af indeluft i boliger (EU)¹



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Tab af "sunde leveår" fordelt på sygdomme



Fordeling på eksponeringskilder

¹ Kilde: CISBO (Center for Indeklima og Sundhed i Boliger), 2016

Partikler i industri- og kontormiljøer



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Langt størstedelen af partikelforureningen i københavnske boliger skyldes beboernes egne aktiviteter såsom madlavning og stearinlys, mens kun en fjerdedel af partiklerne kommer udefra.



Hvad kan vi gøre ved det?

Case 1: Recirkulation af procesluft i industri – filtererfaringer

Case 2: Kortlægning og reduktion af emissioner fra levende lys

Case 3: Luftkvalitet i DSB vogne og filtrering

Case 4: Test af luftrensere

Case: Recirkulation af procesluft i industri



TEKNOLOGISK
INSTITUT

**Projekt om vurdering og test af
filtertechnologier og tilhørende
sikkerhedssystemer i forbindelse med
recirkulation af procesluft med forurening
af metallslibestøv**

Rapport

Dato
21. december 2015

Udarbejdet for
Arbejdstilsynet
Louise Thorup Mundt
Landskronagade 33
2100 København Ø

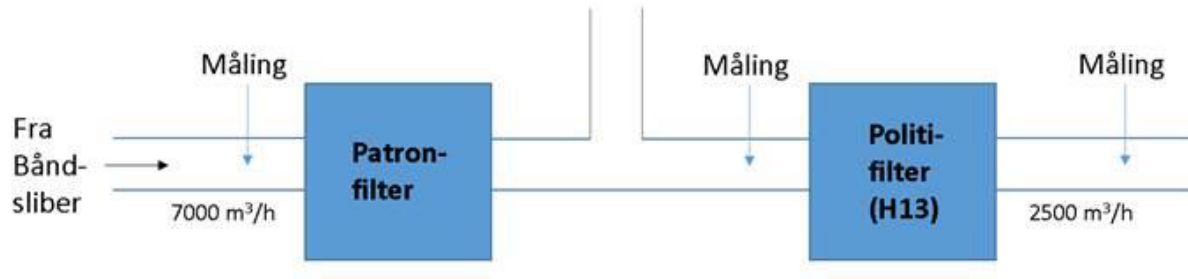
Udarbejdet af
Teknologisk Institut
Kemi- og Bioteknik
Peter Bøgh Pedersen
Morten Køcks
Thomas N. Jensen
Manja A. Behrens

- 2 arbejdsprocesser identificeret med potentiale for recirkulation:
 - Båndslibning af "sort jern" (carbonstål)
 - Båndslibning af aluminium
- Felttest hos 2 danske virksomheder



Case: Recirkulation af procesluft i industri

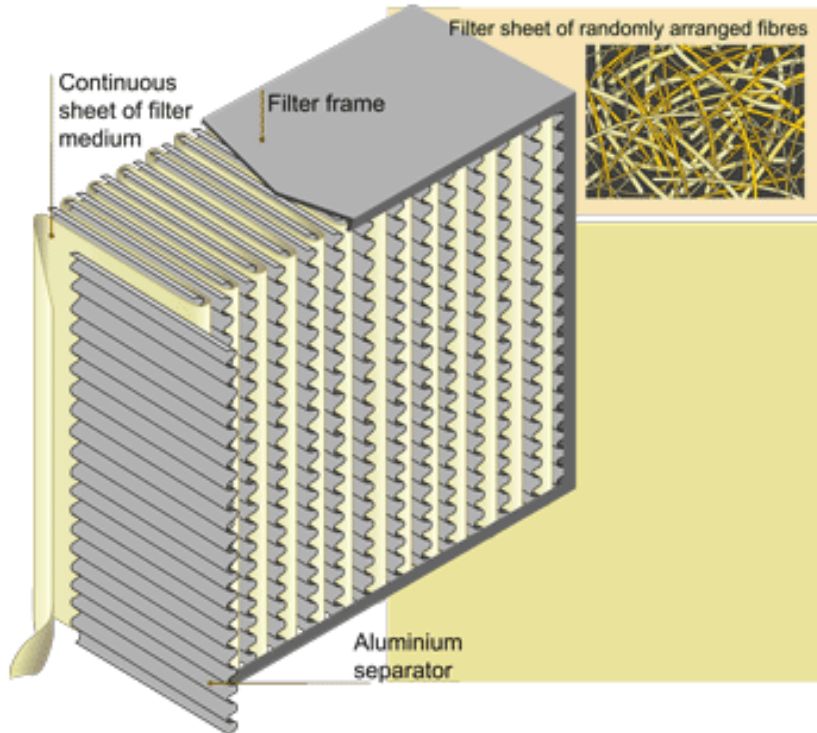
- Filtreringssystem af hovedfilter (patron-, grovfilter) + politifilter (HEPA)



HEPA-filtre (high-efficiency particulate arrestance)



TEKNOLOGISK
INSTITUT

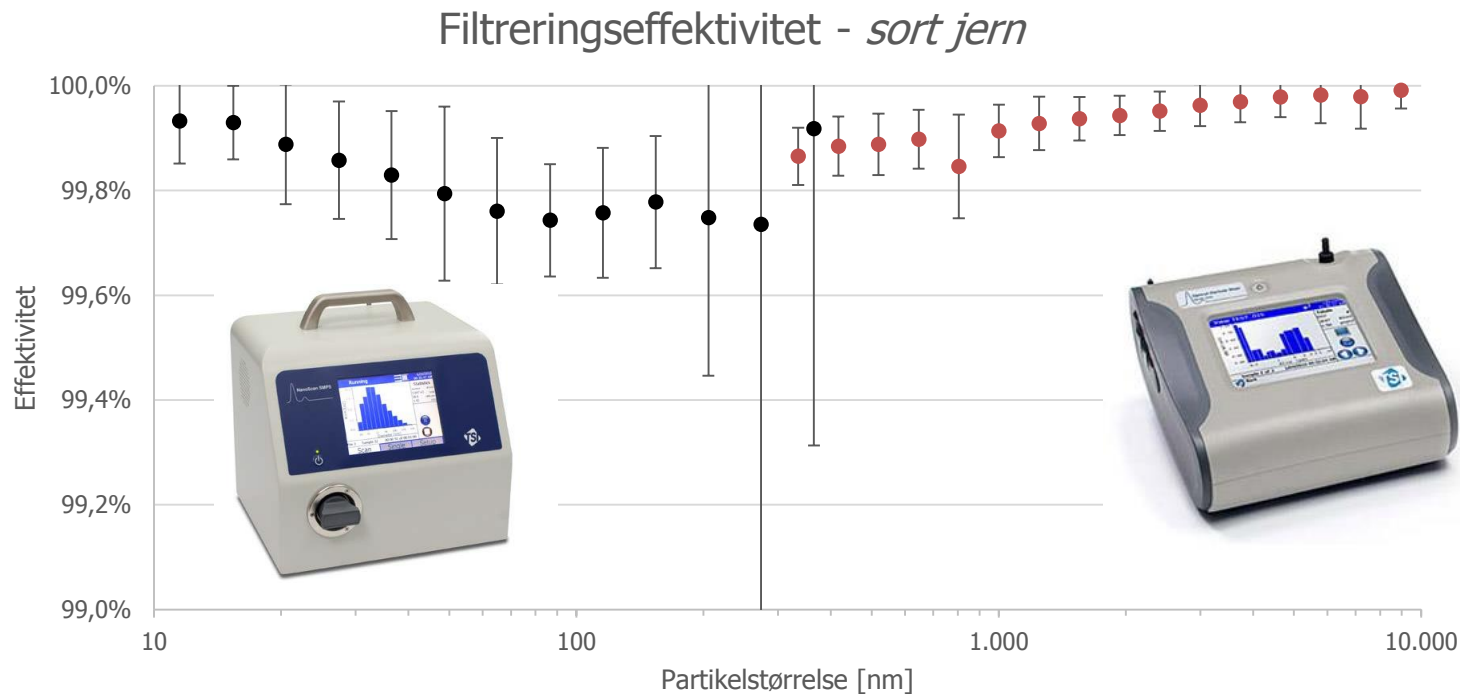


Usage	Class	Performance
Fine filters (used as Secondary)	M5	40–60%
	M6	60–80%
	F7	80–90%
	F8	90–95%
	F9	95%–
Semi HEPA	E10	85%
	E11	95%
	E12	99.5%
HEPA	H13	99.95%
	H14	99.995%
ULPA	U15	99.9995%
	U16	99.99995%
	U17	99.999995%

Case: Recirkulation af procesluft i industri



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Case: Recirkulation af procesluft i industri



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Dokumentationsmålinger af effektivitet:

- Metaller
- Totalstøv / partikler
- VOC (stikprøvekontrol)

	Før hovedfilter	Efter politifilter
Middelkoncentration (10-420 nm) [antal/cm ³]	57.000 ± 20.000	113 ± 27
Middelkoncentration (0,3-10 µm) [antal/cm ³]	547 ± 98	1 ± 1
Middeldiameter [nm]	67 ± 9	77 ± 8

- Det samlede filtersystem renser effektivt for partikler – lavere konc. end i typisk rumluft
- Målt indhold af metaller, opsamlet efter politifilter, langt under de af Arbejdstilsynet fastsatte grænseværdier
- Ikke målt indhold af VOC

	Før hovedfilter [mg/m ³]	Efter politifilter [mg/m ³]
PM ₁	0,41 ± 1,7	<0,002
PM _{2,5}	0,44 ± 1,8	<0,002
PM ₄	0,48 ± 2,2	<0,002
PM ₁₀	0,60 ± 3,6	<0,002
PM _{total}	0,63 ± 3,8	<0,002

Case: Recirkulation af procesluft i industri



TEKNOLOGISK
INSTITUT

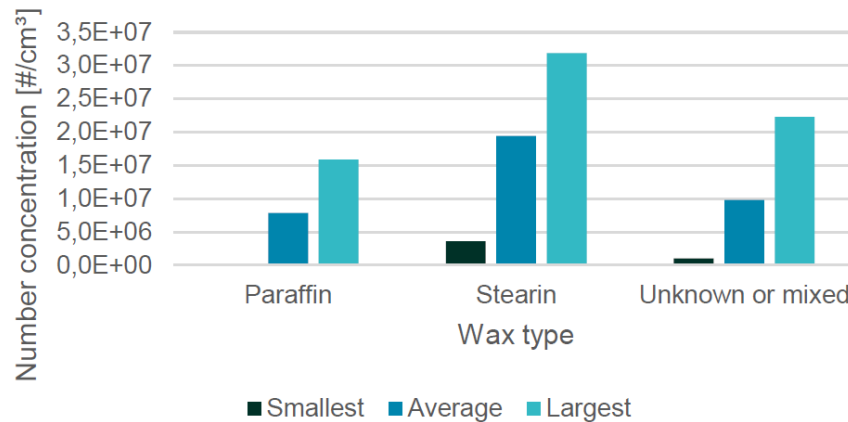
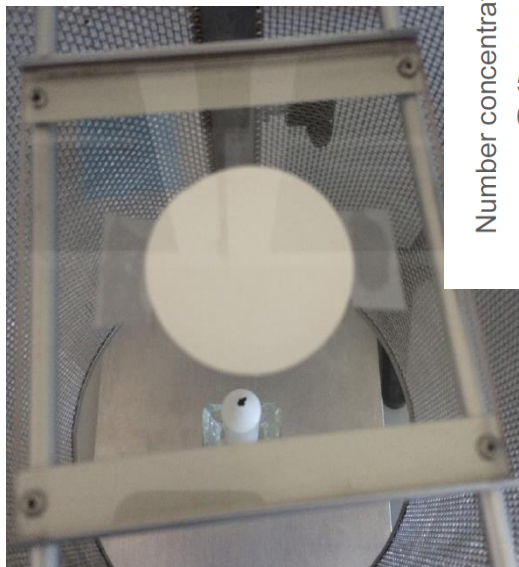
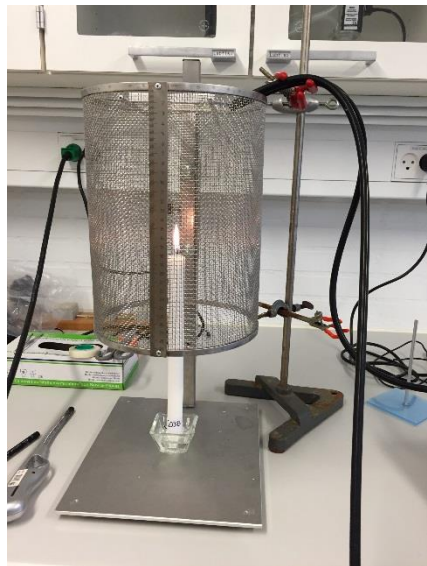
- Konklusion:
 - Filtreringsløsningen er egnet til de pågældende processer – renser meget effektivt for partikler
 - ⇒ Undtagelse i recirkulationsforbud
- Obs. punkt vedr. gasformige emissioner (bl.a. fra køle/smøremidler)
 - Rensning ikke tilstrækkelig (gasser), derfor forbud mod recirkulation
- Kan potentielt overføres til andre brancher end metalindustri (tørslibning)
 - Afdækning undervejs, igangværende projekt
 - Resultater forventes ult. 2017

Case: Levende lys – kortlægning

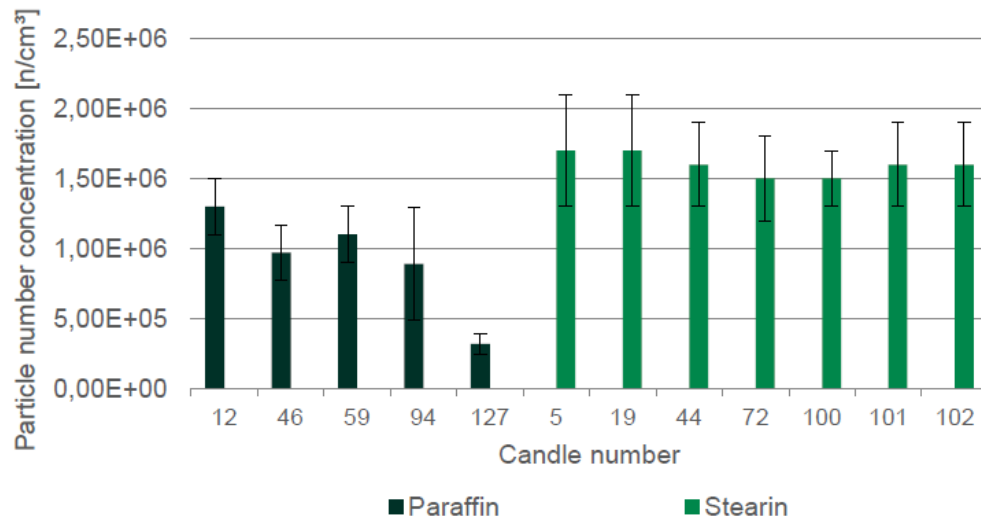
- Danmark er det land i verden, som brænder flest levende lys per indbygger – ca. 5 kg/årligt
- Stor undersøgelse fra Miljøstyrelsen¹
- 129 forskellige stagelys fundet i Aarhus og omegn
- Kortlægning og emissionsmålinger på udvalgte hvide stagelys
 - 90% af alle stagelys er hvide i DK²
- Målt på 64 lys (32 dobbeltbestemmelser)



Case: Levende lys – kortlægning



Case: Levende lys – kortlægning



Målte
rumkoncentrationer
– 1,5 m fra lyset

- Faktor 100-1.000 over typisk rumkoncentration (fx kontormiljø)

Case: Levende lys – outlook



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Udvikling af lavemissions levende lys ved at kombinere nye typer af voks og væger (2016-2018)
- Kemisk sammensætning og sundhedseffekter af partikler fra lys i høj grad ukendt – nye initiativer igangsat



**Ministry of Environment
and Food of Denmark**

Environmental
Protection Agency



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Case: Luftkvalitet i DSB vogne



1. målekampagne



TEKNOLOGISK
INSTITUT

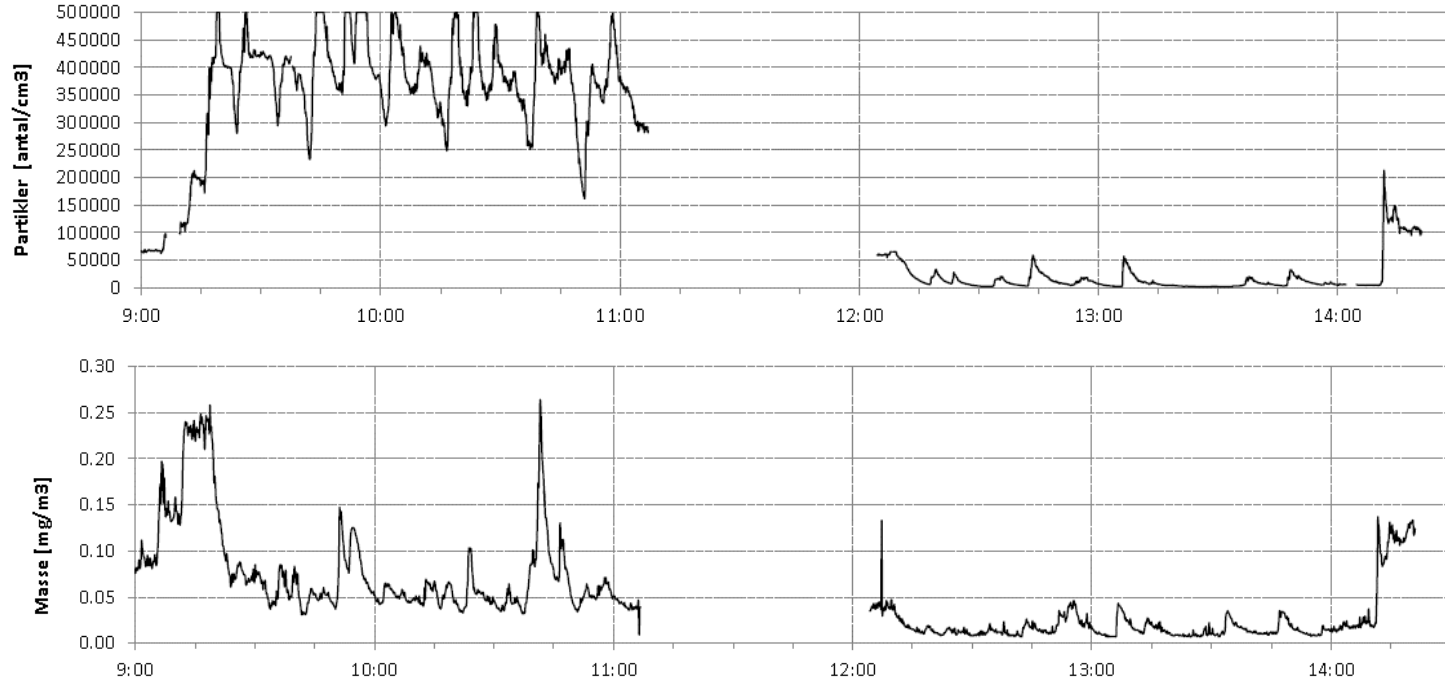
- Måling af forskellige parametre i dobbeltdækkervogn trukket/skubbet af ME lokomotiv
 - Online partikelantal
 - Online partikelmasse
 - Totalstøv
 - NO_x , NO_2
 - CO
 - Polyaromatiske hydrocarboner (PAH)
 - Grundstofanalyse



Udvalgte resultater – 1. kampagne



TEKNOLOGISK
INSTITUT

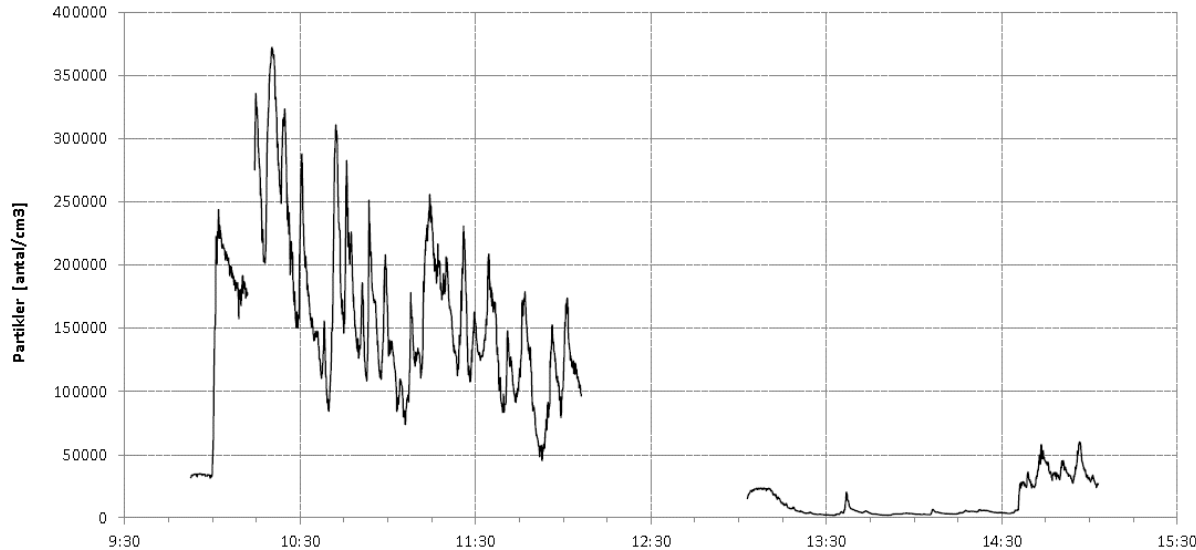


- Tydelig forskel på når ME-lokomotiv hhv. trækker og skubber.

Udvalgte resultater – 2. kampagne med filter på indsugning



TEKNOLOGISK
INSTITUT



- Igen tydelig forskel på når ME-lokomotiv hhv. trækker og skubber.

Konklusioner – måling i tog



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Tydelig forskel i partikelantal og partikelmasse målt i vogne når ME-lokomotiv hhv. trækker og skubber
- Målinger med nyt filter på indsugning indikerer ca. 50 % forbedring
- Forholdsvis lave partikelantal målt i andre typer DSB togvogne end ME og MR
- Alle arbejdsmiljøgrænseværdier overholdes (Totalstøv, NO_2 , NO_x , CO, PAH) i dobbeltdækkervogn trukket af ME lokomotiv

Case: Test af luftrensere

- Opgaver for flere filterproducenter
 - Luftrensere testet for effektivitet overfor partikler og potentiel ozonfrigivelse (UV-induceret)
- Ofte UV-fotokemisk luftrensning + filtrering (forfilter – HEPA filter – kulfilter)
 - Testet overfor bl.a. cigaretrøg



Forsøgsprogram og analysemetoder

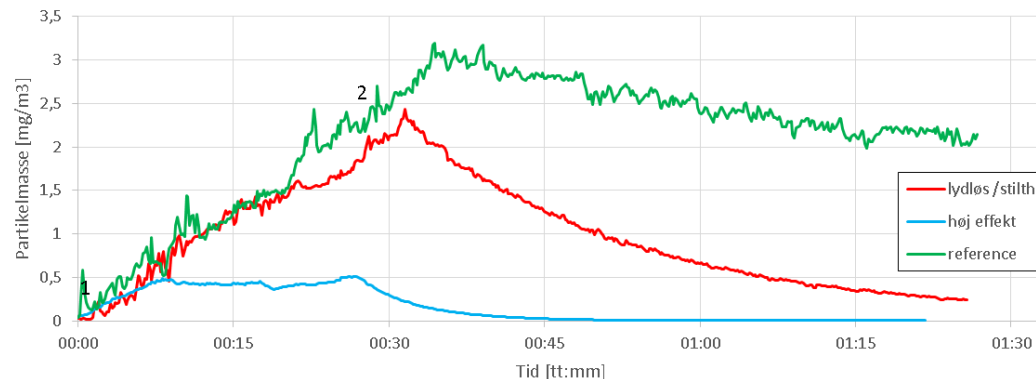
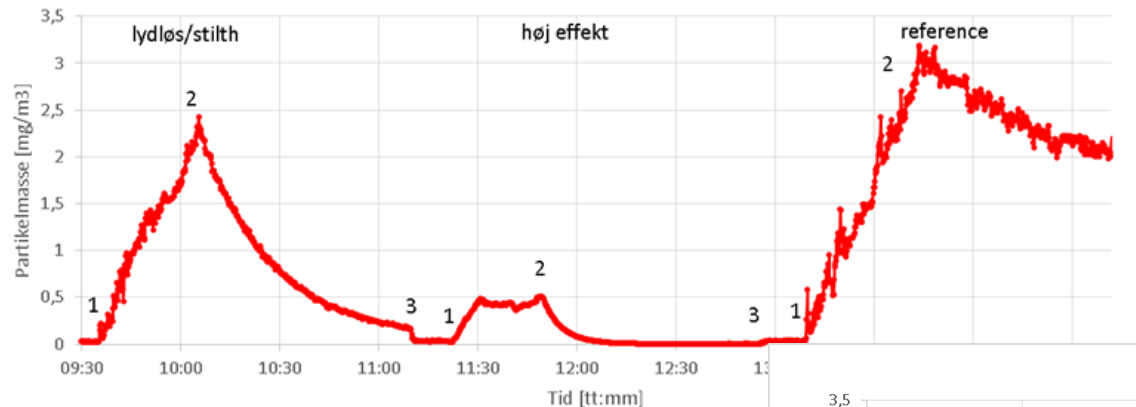
- 3 sekventielt røgne cigaretter (~25 min) med "rygerobot" efterfulgt af 1 times online-måling
- Online-måling af:
 - Partikelmasse (PMtotal, PM10, PM4, PM2.5, PM1)
 - Partikelantal (20-1.000 nanometer)
- Ozon punktmålinger med indikatorrør
 - Detektionsgrænse 0,05 ppm



Resultater – online **PM** måling (masse)



TEKNOLOGISK
INSTITUT



1: rygning start, 2: stop rygning efter tredje cigaret

Opsummering



TEKNOLOGISK
INSTITUT

- Partikelforurening påvirker menneskers helbred negativt og har store samfundsøkonomiske omkostninger
 - Gennem regulering er luftkvaliteten gradvist forbedret i Europa
 - Dog stadig plads til forbedring – små reduktioner har stor betydning
- Det er teknisk muligt effektivt at filtrere luft fra stort set alle kilder via partikelfiltre
 - Transportsektoren, industri, indeklima, ...
- Indendørs kilder kan give meget høje partikelkoncentrationer
 - Lokale forhold ofte afgørende
 - Kan i mange tilfælde effektivt mindske personeksponering (udluftning / filtrering)
 - Luftrensning kan være en vej til bedre indeklima, særligt i forurenede områder
 - Ukendte forhold ved sundhedseffekter af indendørs forureningskilder



For yderligere information:

Partikelemission og partikler i arbejdsmiljøet:

<http://www.teknologisk.dk/ydelser/partikelemission-og-partikler-i-arbejdsmiljoeet/30455>

Partikelanalyser og partikelkarakterisering:

<http://www.teknologisk.dk/ydelser/partikelanalyser-og-partikelkarakterisering/22762>