



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Udvikling og test af teknologi til reduktion af partikeludledning fra kedler

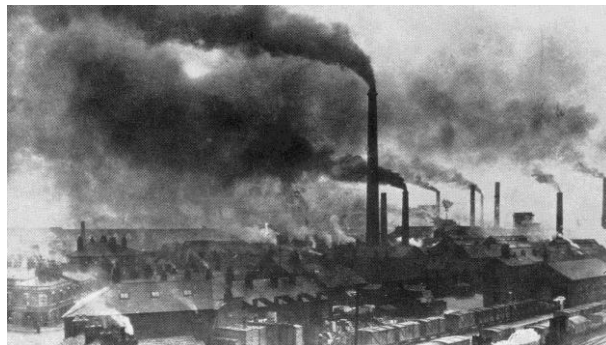
Thomas Nørregaard Jensen
Konsulent, ph.d. nanoscience

tnje@teknologisk.dk – mob. 7220 3246



Agenda

- Luftforurening: kilder og helbredseffekter
- Partikelantal og partikelmasse (regulering)
- Luftaktiviteter på Teknologisk Institut
- SHREK: **S**ekundær **H**øjeffektiv **R**eduktion af **E**missioner fra **K**edler





Kilder til luftforurening

- Transport: vejgående trafik, skibsfart og fly
- Landbrugsmaskiner og entreprenørmaskiner
- Industri
- Brændeovne og kedler





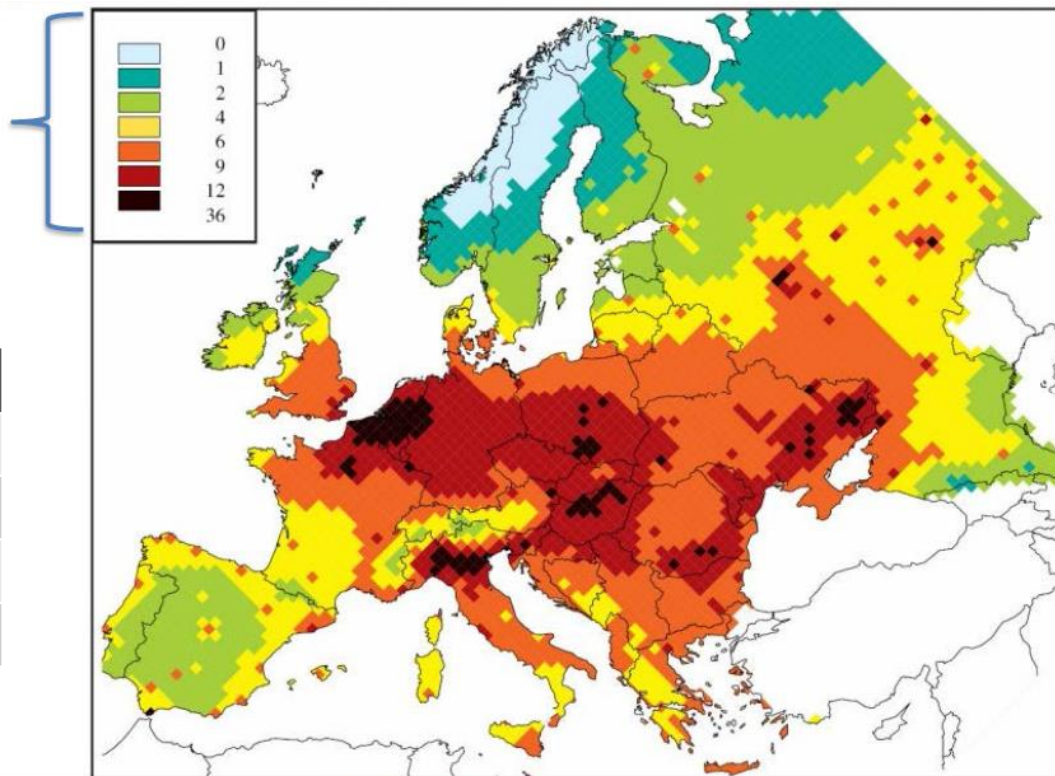
Generel udfordring i Europa

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





EU grænseværdier og WHO-anbefalinger

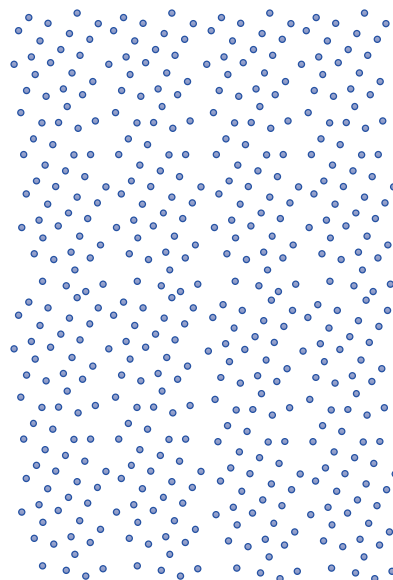
Pollutant	EU limit	% citizens Exceeding EU limit	Science based Guidelines of WHO	% citizens Exceeding WHO limit
PM10	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 24 h	16	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a year	50
PM2.5	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a year	8	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a year	85
BaP	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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



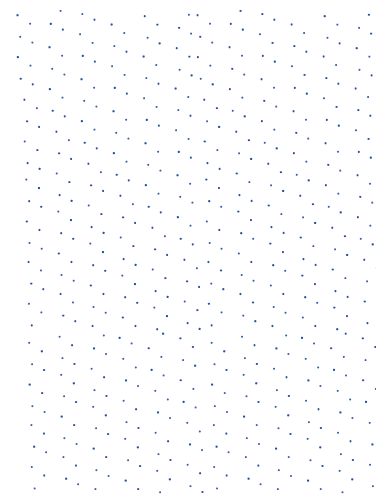
Partikelantal vs. partikelmasse



1.000.000 partikler
500 nm diameter



1.000.000.000 partikler
50 nm diameter





Vejgående trafik

Stage	Date	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM	PN
		g/km					#/km
Positive Ignition (Gasoline)							
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	-	-
Euro 2	1996.01	2.2	-	0.5	-	-	-
Euro 3	2000.01	2.30	0.20	-	0.15	-	-
Euro 4	2005.01	1.0	0.10	-	0.08	-	-
Euro 5	2009.09 ^b	1.0	0.10 ^d	-	0.06	0.005 ^{e,f}	-
Euro 6	2014.09	1.0	0.10 ^d	-	0.06	0.005 ^{e,f}	6.0×10 ¹¹ e,g
Compression Ignition (Diesel)							
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	0.14 (0.18)	-
Euro 2, IDI	1996.01	1.0	-	0.7	-	0.08	-
Euro 2, DI	1996.01 ^a	1.0	-	0.9	-	0.10	-
Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05	-
Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025	-
Euro 5a	2009.09 ^b	0.50	-	0.23	0.18	0.005 ^f	-
Euro 5b	2011.09 ^c	0.50	-	0.23	0.18	0.005 ^f	6.0×10 ¹¹
Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005 ^f	6.0×10 ¹¹



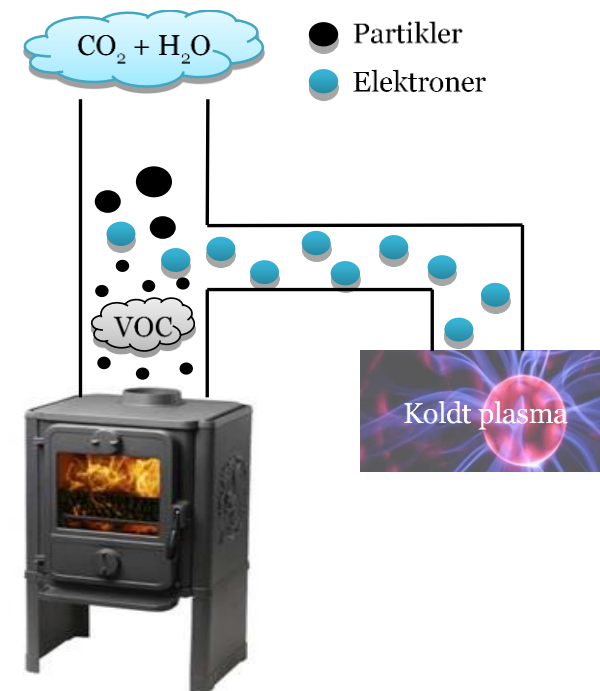
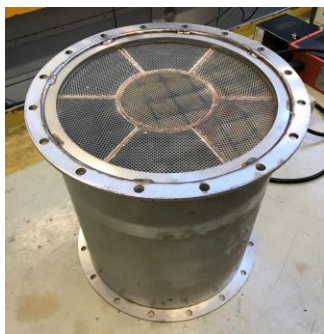
Ikke-vejgående trafik

Category	Ign.	Net Power	Date	CO	HC	NOx	PM	PN
		kW		g/kWh				1/kWh
NRE-v/c-1	CI	$P < 8$	2019	8.00	7.50 ^{a,c}		0.40 ^b	-
NRE-v/c-2	CI	$8 \leq P < 19$	2019	6.60	7.50 ^{a,c}		0.40	-
NRE-v/c-3	CI	$19 \leq P < 37$	2019	5.00	4.70 ^{a,c}		0.015	1×10^{12}
NRE-v/c-4	CI	$37 \leq P < 56$	2019	5.00	4.70 ^{a,c}		0.015	1×10^{12}
NRE-v/c-5	All	$56 \leq P < 130$	2020	5.00	0.19 ^c	0.40	0.015	1×10^{12}
NRE-v/c-6	All	$130 \leq P \leq 560$	2019	3.50	0.19 ^c	0.40	0.015	1×10^{12}
NRE-v/c-7	All	$P > 560$	2019	3.50	0.19 ^d	3.50	0.045	-



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Luftaktiviteter på Teknologisk Institut





TEKNOLOGISK
INSTITUT

SHREK: Sekundær Højeffektiv Reduktion af Emission fra Kedler

PHX *innovation*





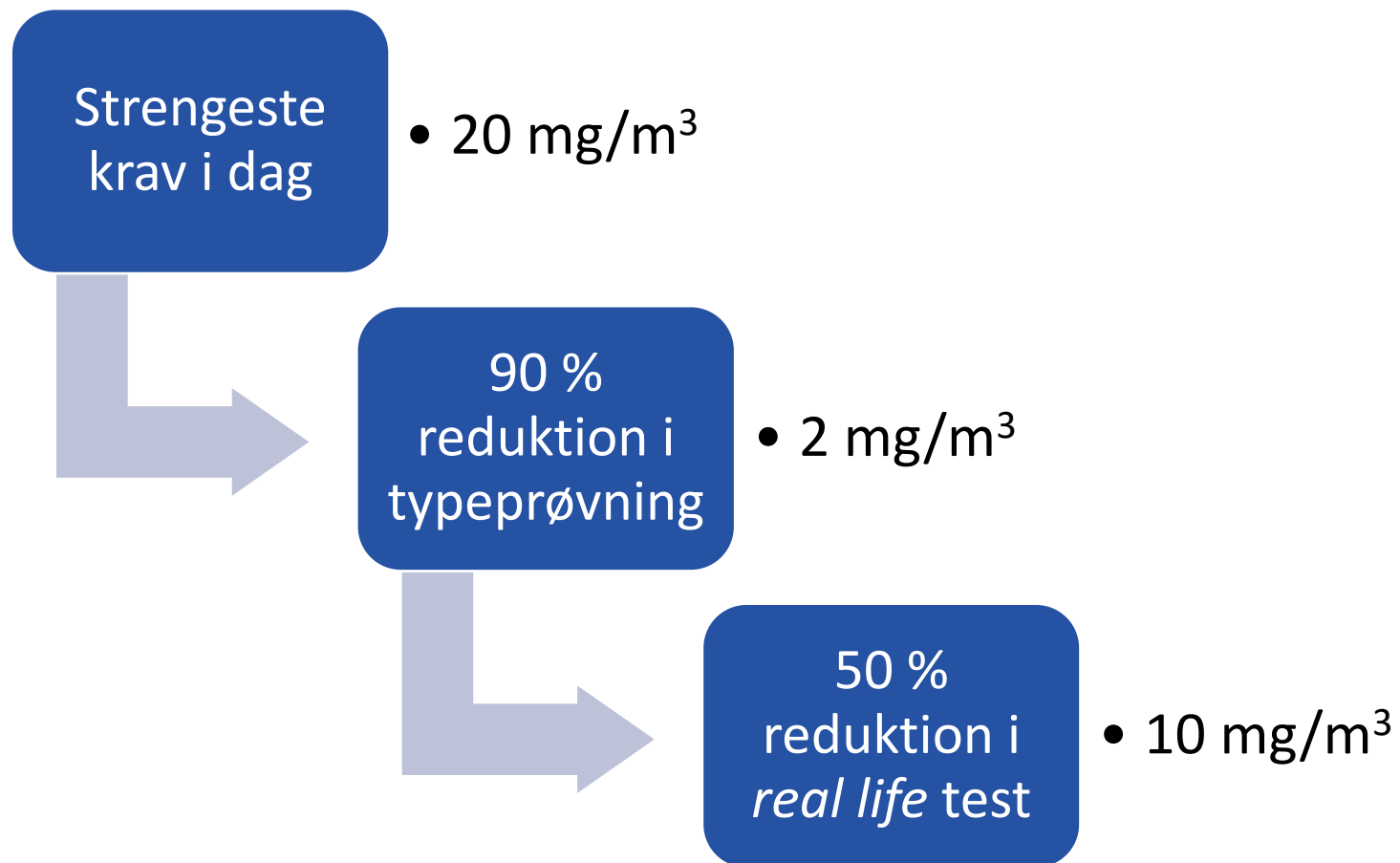
Baggrund

- I 2011 udgjorde træafbrænding 57 % af den samlede PM10-emission i en mindre tysk by¹
- Regionalt grænseværdi i Tyskland på 20 mg/m³ – det kan være udfordrende at udvikle små kedler som overholder dette
- 130.000 kedler i Danmark

¹ Paur, H.R. et al. 2014 Int. Aerosol Conf.: Control of ultrafine particle emissions from small-scale wood combustion boilers by optimized combustion and electrostatic precipitation



Formål





TEKNOLOGISK
INSTITUT

PHX *innovation*

Elektrostatisk
filter



Kondenserende kedel

Elektrostatisk
filter



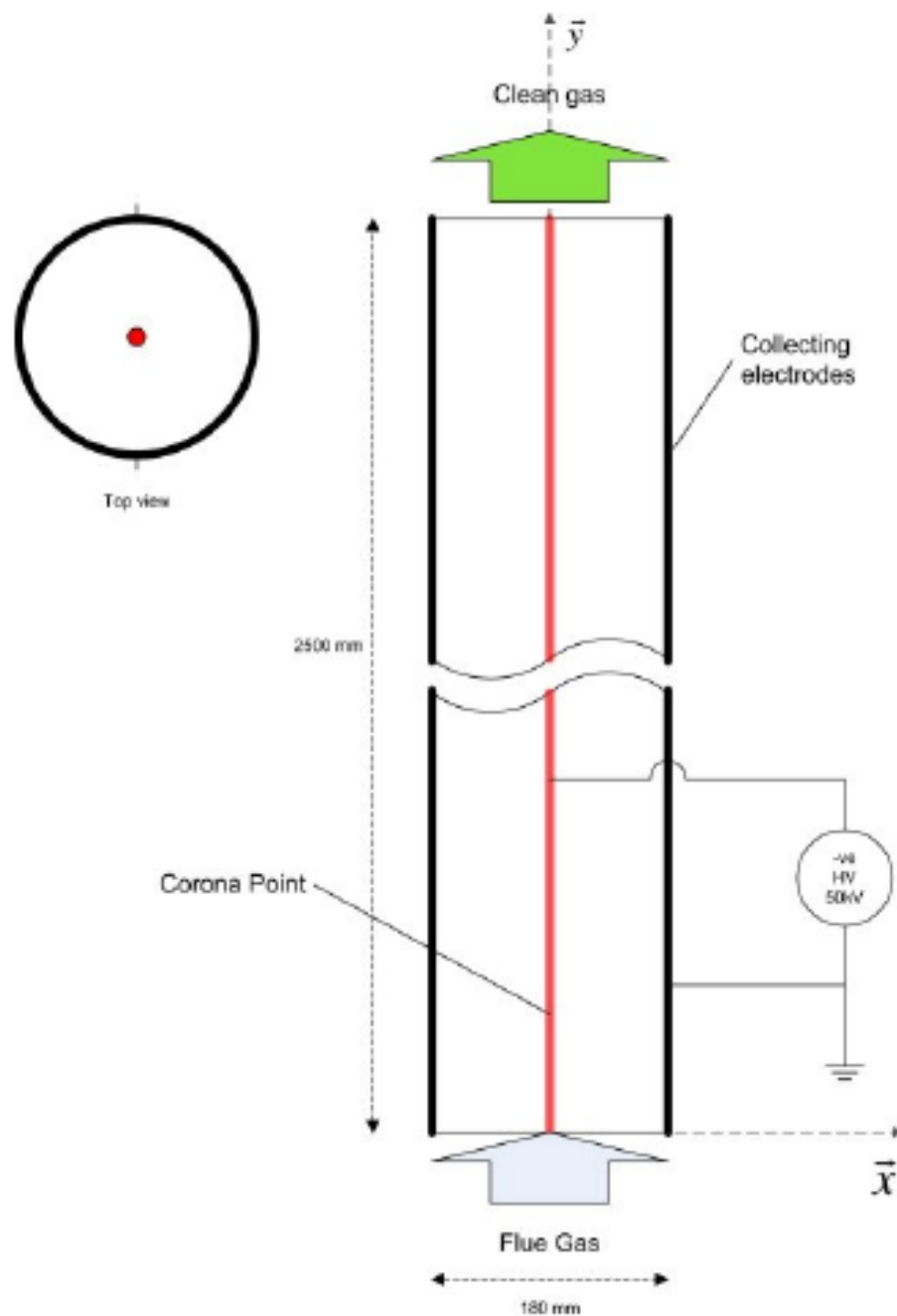
Ikke-kondenserende kedel

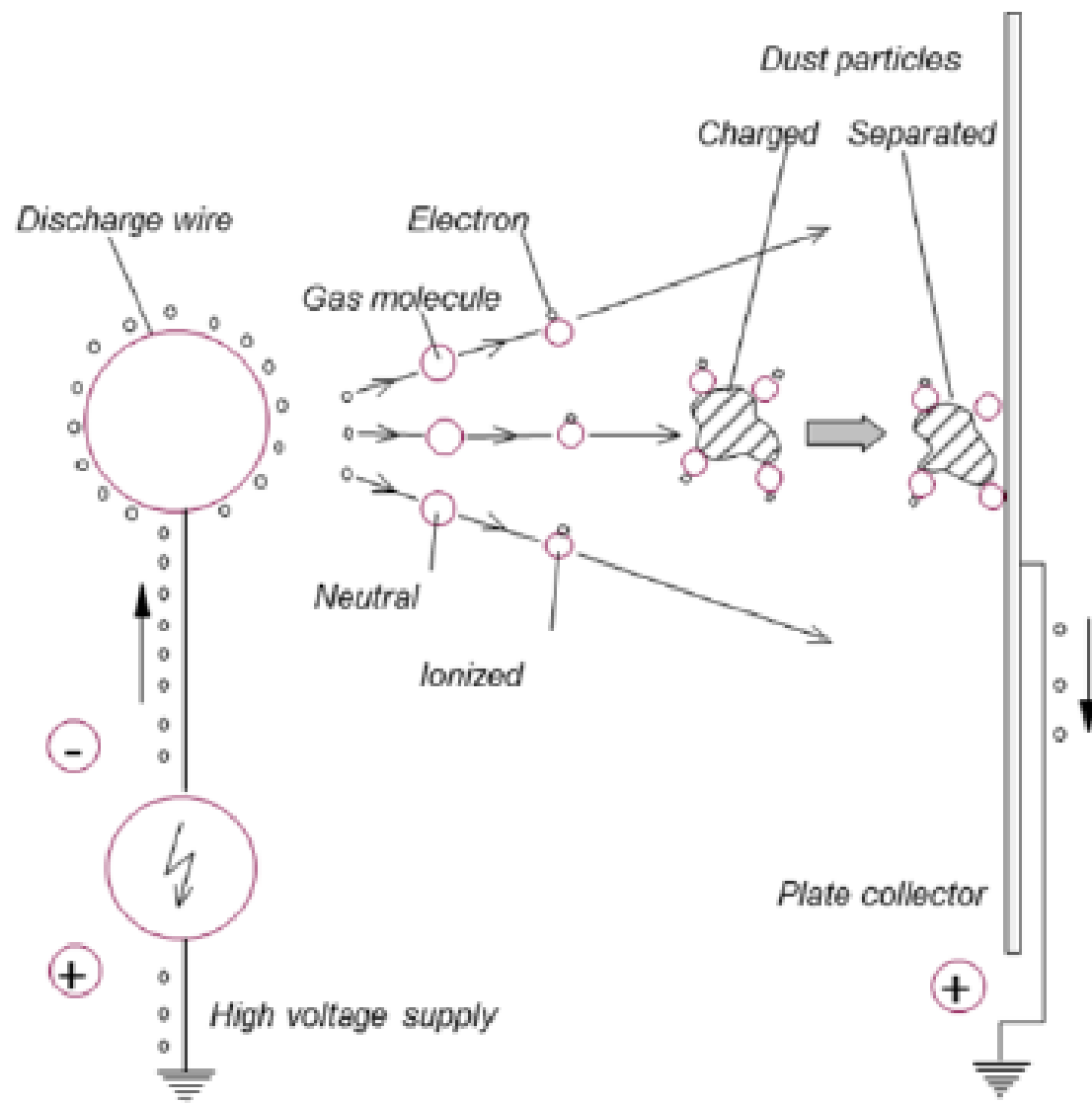


TEKNOLOGISK
INSTITUT

ESP

- 50 kV i midten
- Ydre elektrode (rør) med jordpotentiale







Tak for opmærksomheden!

- Spørgsmål?
- Yderligere information:
 - <https://www.teknologisk.dk/ydelser/partikelanalyser-og-partikelkarakterisering/22762>
 - <https://www.teknologisk.dk/ydelser/luftforurening-og-arbejdsmiljoe/30455>