



SINTEF

Resultater fra SusWoodStoves

Øyvind Skreiberg, Sjeforsker / Dr. ing.

SINTEF Energi



Teknologi for et bedre samfunn



SINTEF

Innhold

- Kort om prosjektet og bakgrunn
- Utslipp fra vedfyring
 - Utslippsfaktorer i det nasjonale utslippsregnskapet
 - Utslippsfaktorer for dagens moderne ovner
 - Behov for endringer
 - Forslag til implementering av de nye utslippsfaktorene
- Energivirkningsgrad
- Muligheter for forbedringer
- Vedovner i energisystemet
- Miljø-, klima- og helseeffekter
- Behov for videre arbeid

Kort om prosjektet og bakgrunn

SusWoodStoves

Økt bærekraft for vedovn verdikjeden

Bakgrunn

Vedfyring er viktig i og for Norge, og bidrar betydelig til boligoppvarming og avlastning av strømmettet, samt til energiforsyningsikkerhet når strømmen faller ut. Men, vedfyring bidrar også til luftforurensning, og det er et behov for å øke bærekraften til vedfyring gjennom optimalisering av ovn, bygningsintegrasjon og vedovn verdikjeden, som er prosjektets hovedfokus.

Mål

- 1) Spesifisering og kvantifisering av utslipp av partikler og gasser fra vedovner for representative ovnsteknologier og operasjonsbetingelser,
- 2) Reduksjon av klima- og helsepåvirkende utslipp gjennom tiltak for utslippsreduksjon og virkningsgradsøkning,
- 3) Optimal bygningsintegrasjon av vedovner,
- 4) Vurdering av verdikjede ytelsene til eksisterende og forbedrede vedovnsteknologier og tilknyttede systemer for forskjellige ovn-bygning konfigurasjoner i Norge,
- 5) Tekno- og sosioøkonomiske vurderinger av nåværende og fremtidig rolle til vedovner i det norske energimarkedet,
- 6) Utvikling av et veikart for bærekraftige vedovner i Norge,
- 7) Utdanning, og kursing av industripartnere,
- 8) Overvåking av aktiviteter og forskningsfronten innen området og disseminering av kunnskap til industripartnere og andre aktører.



Prosjekttittel: Sustainable wood stoves through stove, building integration and value chain optimization (SusWoodStoves)

Prosjektleder: SINTEF Energi AS

Partnere: NTNU, Jøtul AS, Nordpeis AS, Norsk Kleber AS, Norsk Varme

Prosjektperiode: 2021-2024 (26)

Type: Kompetansebyggende prosjekt for næringslivet

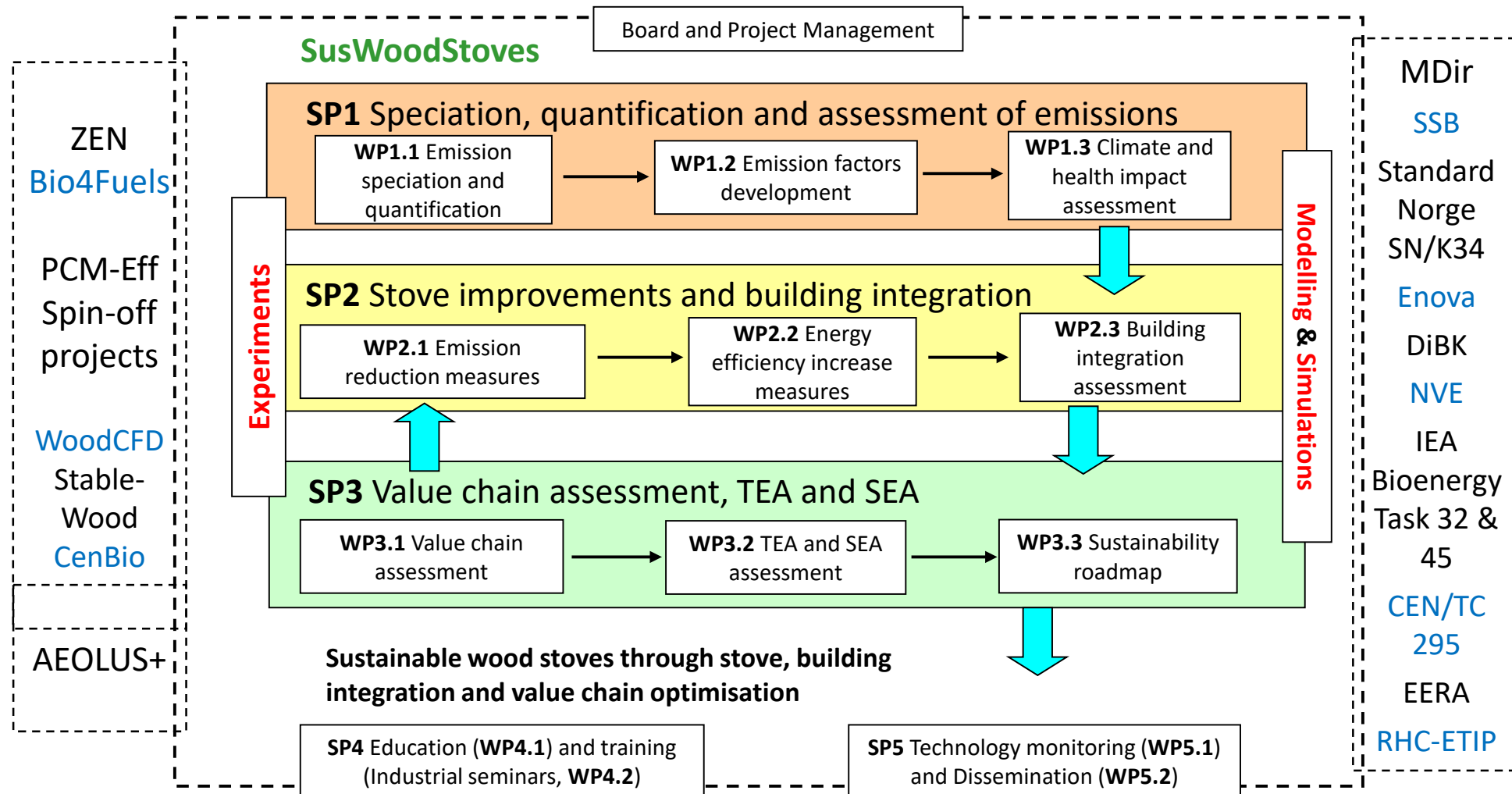
Finansiering: 18,6 mill. kroner (15,1 fra NFR)

Prosjektnummer: 319600



SusWoodStoves - Prosjektstruktur

Mer info på
prosjektets
[hjemmeside](#)





Bakgrunn

- Kunnskap øker og teknologier forbedres
- Forskning og utvikling har ført til kontinuerlig reduksjon av en rekke utslippskomponenter fra vedfyring i moderne vedovner - de blir bedre og bedre
- Da er det et behov for å hensynta dette i det nasjonale utslippsregnskapet og i offentlig statistikk, og ved prediktering av effekter av vedfyring
- I det kompetansebyggende prosjektet SusWoodStoves er det kjørt omfattende målekampanjer med ulike typer vedovner som er representative for dagens moderne vedovner
- Basert på dette arbeidet er utslippsfaktorer for dagens moderne vedovner dokumentert - og bør hensyntas i vårt nasjonale utslippsregnskap og i andre sammenhenger hvor utslippsfaktorer benyttes til analyse av effekten av utslipp, inklusive klima- og helseeffekter



Utslippsfaktorer - Historikk

			Open fireplace	Old stove	New stove	Open fireplace	Old stove	New stove	Open fireplace	Old stove	New stove
		<2001	2001			2013			2017		
PM10	g/kg	10	17.3	40	6.2	17	22.2	13.1	17	23.13	8.3
CO	g/kg	100	126.3	150	50.5	126.3	150	50.5	126.3	102.025	85.73
SO2	g/kg	0.37	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.348	0.348	0.348
NOx	g/kg	0.7	1.3	0.97	0.97	1.3	0.97	0.97	1.3	0.97	0.97
N2O	g/kg	0.07	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032
CH4	g/kg	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	16.1445	3.883
NMVOC	g/kg	6.9	7	7	7	7	7	7	7	22.284	15.218
Cd	mg/kg	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.16	0.16	0.16
PAH-total	mg/kg		17.4	52	0.0226	17.4	52	0.0226			
PAH-6 (OSPAR)	mg/kg		6.1	8.1	0.045	6.1	8.1	0.045			
PAH-4 (LRTAP)	mg/kg		3	2.7	0.025	3	2.7	0.025	3	2.7	0.025
TSP	g/kg					17.3	22.7	13.4	17.3	24.145	8.44
PM2.5	g/kg					16.4	21.6	12.7	16.4	20.855	7.85
NH3	g/kg					0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066
Pb	mg/kg					0.05	0.05	0.05	0.487	0.487	0.487
Hg	mg/kg					0.010244	0.010244	0.010244	0.0025	0.0025	0.0025
As	mg/kg					0.159	0.159	0.159	0.00036	0.00036	0.00036
Cr	mg/kg					0.152	0.152	0.152	0.152	0.152	0.152
Cu	mg/kg					0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354
Dioxins	ng/kg					5.9	5.9	5.9	5.9	9.9375	3.758
BC	g/kg						0.96	0.86	1.47915	1.044	0.653
OC	g/kg						16.74	10.47		13.2405	4.497

Øyvind Skreiberg, Morten Seljeskog, Franziska Kausch (2022). [A critical review and discussion on emission factors for wood stoves](#). Chemical Engineering Transactions 92:235-240.

Nåværende (fra 2017) og tidligere utslippsfaktorer for vedovner i Norge. Ikke alltid en konsistent historie.

BC og OC benyttes per i dag ikke, men er linket til utslippet av partikler, og er relevante for beregning av klimaeffekten av vedfyring.



Utslippsfaktorer - Historikk



CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS

VOL. 92, 2022

Guest Editors: Rubens Maciel Filho, Eliseo Ranzi, Leonardo Tognotti

Copyright © 2022, AIDIC Servizi S.r.l.

ISBN 978-88-95608-90-7; ISSN 2283-9216



The Italian Association
of Chemical Engineering
Online at www.cetjournal.it

DOI: 10.3303/CET2292040

235

A Critical Review and Discussion on Emission Factors for Wood Stoves

Øyvind Skreiberg*, Morten Seljeskog, Franziska Kausch

Thermal Energy Department, SINTEF Energy Research, Trondheim, Norway
oyvind.skreiberg@sintef.no

[Link](#)

Large variations exist in emission factors used in national emission inventories in the Nordic countries as well as when comparing with EMEP/EEA 2019 emission factors

There is a real need to derive more representative emission factors for wood stoves and to align these for inclusion in national emission inventories



Utslipp fra moderne vedovner

241

CET CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS

VOL. 105, 2023

Guest Editors: David Bogle, Flavio Manenti, Piero Salatino

Copyright © 2023, AIDIC Servizi S.r.l.

ISBN 979-12-81206-04-5; ISSN 2283-9216

A publication of

AIDIC

The Italian Association
of Chemical Engineering
Online at www.cetjournal.it

DOI: 10.3303/CET23105041

How much has the modern wood stoves improved since 1998?

(from when only clean-burning stoves could be sold in the Norwegian market)

Emission Levels and Emission Factors for Modern Wood Stoves

Øyvind Skreiberg*, Morten Seljeskog, Franziska Kausch, Roger Khalil

Thermal Energy Department, SINTEF Energy Research, Trondheim, Norway

oyvind.skreiberg@sintef.no

[Link](#)



SINTEF

Utslipp fra moderne vedovner

[Link](#)

Januar 2024

Faktaark: Utslipp fra moderne vedovner

Utslippene fra vedfyring er sterkt redusert de siste tiårene, takket være kontinuerlig forskning og teknologiutvikling på området. Det viser et av resultatene fra det kompetansebyggende prosjektet [SusWoodStoves](#), støttet av Forskningsrådet og norske industriaktører.

I SusWoodStoves har vi sammenlignet utslippsfaktorene som i dag benyttes for moderne vedovner i det norske nasjonale utslippsregnskapet med tre moderne vedovner.

Da fant vi at de tre moderne vedovnene i gjennomsnitt har:

- 52 % lavere utslipp for de minste (og farligste) partiklene (PM_{2,5})
- 72 % lavere utslipp for CO (karbonmonoksid)
- 76 % lavere utslipp for CH₄ (metan)
- 77 % lavere utslipp for andre relativt lette gasser (NMVOC)
- 70 % lavere utslipp for de tyngste gasskomponentene som kondenserer ut som væskepartikler i atmosfæren.

Utslippsregnskapet må oppdateres

Resultatene er gode nyheter som også må reflekteres i vårt nasjonale utslippsregnskap. Oppdaterte utslippsfaktorer (per kg tørr ved) må benyttes når de samlede utslippene fra vedovnsparken i Norge beregnes basert på type teknologi (gammel vedovn – før 1998; moderne vedovn – fra 1998; og åpen peis) og vedforbruk i disse.

Les mer i SINTEF bloggen

[Utslipp fra vedfyring – Forskning og utvikling gir stadig lavere utslipp.](#)

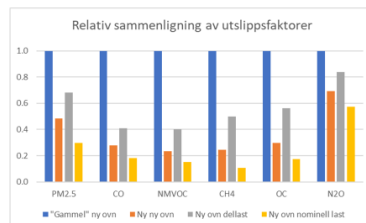
og den vitenskapelige publikasjonen [Emission levels and emission factors for modern wood stoves.](#)

Samtidig er virkningsgraden forbedret, og ligger i snitt på 80%, som gir ytterligere reduserte utslipp per kWh nyttiggjort varme.

Vil du vite mer? Kontakt:

[Øyvind Skreiberg](#)

Sjef forsker ved SINTEF Energi

[Link](#)

#ENERGI BIOENERGI

Utslipp fra vedfyring – Forskning og utvikling gir stadig lavere utslipp



AV ØYVIND SKREIBERG
AUGUST 8, 2023

KOMMENTARER
2





SINTEF

Utslipp fra moderne vedovner

[Link](#)

January 2024

Factsheet: Emissions from modern wood stoves

Emissions from wood burning are strongly reduced the last decades, thanks to continuous research and technology development. This is one of the results from the knowledge building project [SusWoodStoves](#), supported by the Research Council of Norway and industry.

In [SusWoodStoves](#) we have compared the emission factors that today are used in the Norwegian national emission inventory for modern wood stoves with three modern wood stoves.

Then we found that the three modern wood stoves on average has:

- 52 % lower emissions for the smallest (and most dangerous) particles (PM2.5)
- 72 % lower emissions for CO (carbon monoxide)
- 76 % lower emissions for CH₄ (methane)
- 77 % lower emissions for other relatively light gases (NMVOC)
- 70 % lower emissions for the heaviest gas compounds that condense out as liquid particles in the atmosphere

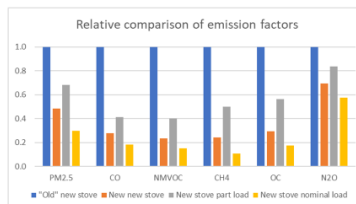
The emission inventory must be updated

The results are good news that also must be reflected in our national emission inventory. Updated emission factors (per kg dry wood) must be used when the total emissions from the wood stove fleet in Norway is calculated based on technology type (old stove: before 1998; modern stove: from 1998; and open fireplace) and the wood consumption in these.

Read more in the SINTEF blog [Research and Development Reduce Emissions from Wood Burning](#). And in the scientific publication [Emission levels and emission factors for modern wood stoves](#).

At the same time the stove efficiency has been improved, being on average 80%, which gives further reduced emissions per kWh net heat output.

Want to know more? Contact: [@yvind Skreiberg](#)
Chief Scientist at SINTEF Energy Research

[Link](#)

#ENERGY BIOENERGY

Research and Development Reduce Emissions from Wood Burning

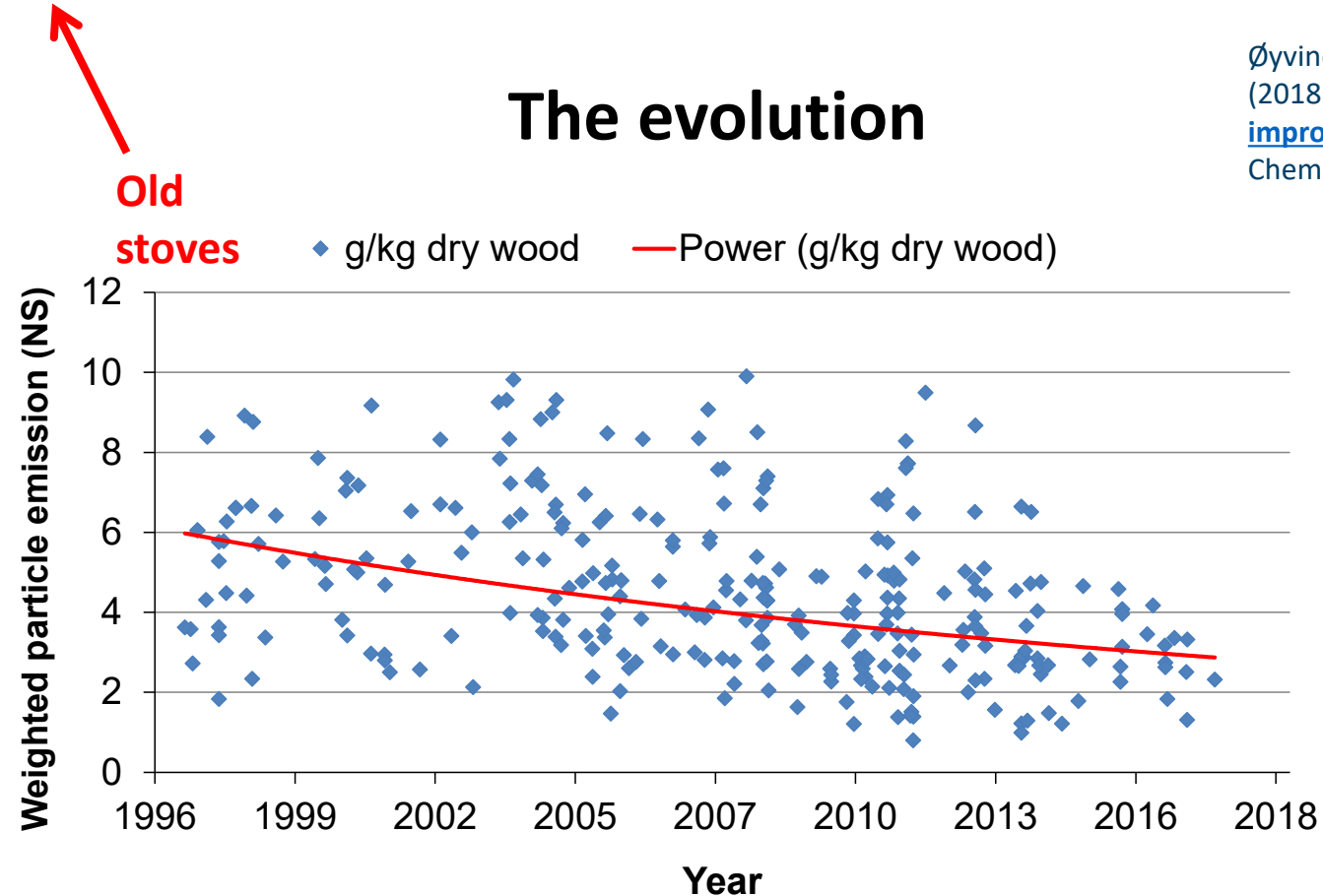
BY ØYVIND SKREIBERG
FEBRUARY 8, 2024COMMENTS
0



Utslipp fra moderne vedovner

Øyvind Skreiberg, Morten Seljeskog (2018). [Performance history and further improvement potential for wood stoves](#). Chemical Engineering Transactions 65:199-204.

The evolution



SusWoodStoves (more real life)

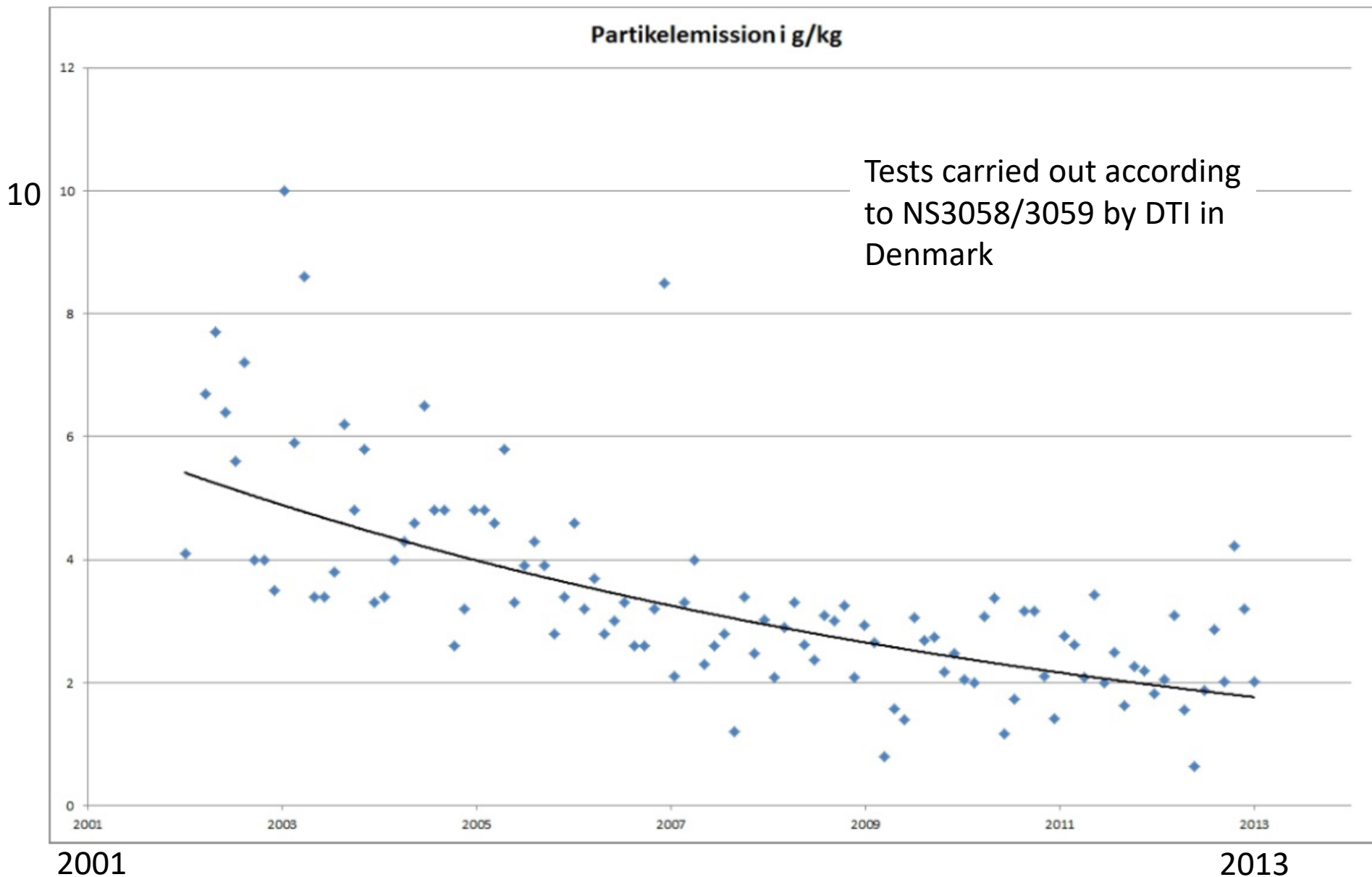
Weighted emission limit: 10 g/kg, 20 for a single load, NS3058/3059, using a dilution tunnel

Nordic Swan label: 2 g/kg, and 5 for a single load

Weighted particle emission levels as a function of year or development degree
 From type approval testing mainly in Norway

Utslipp fra moderne vedovner

Figure 4. Development in particle emissions measured in grammes/kg for the wood-burning stoves measured by the Danish Technological Institute during the past 11 years.



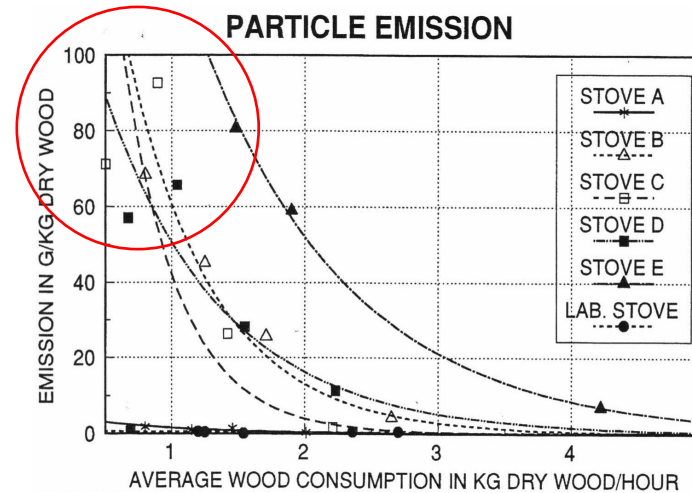
<https://www.nordic-ecolabel.org/product-groups/group/DownloadDocument/?documentId=4235>



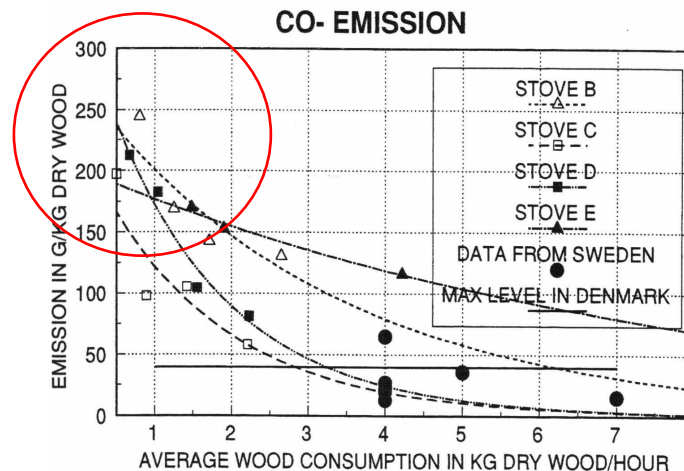
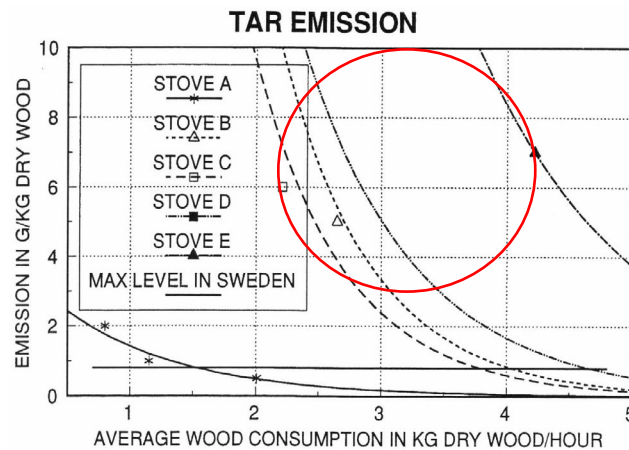
Utslipp fra moderne vedovner

Not so long ago...,
and in fact still happening today

Emissions increase with lower average
wood consumption - part load operation



A: with catalytic afterburner
B-D: traditional (old) stoves
E: fireplace
LAB. STOVE: with staged air combustion

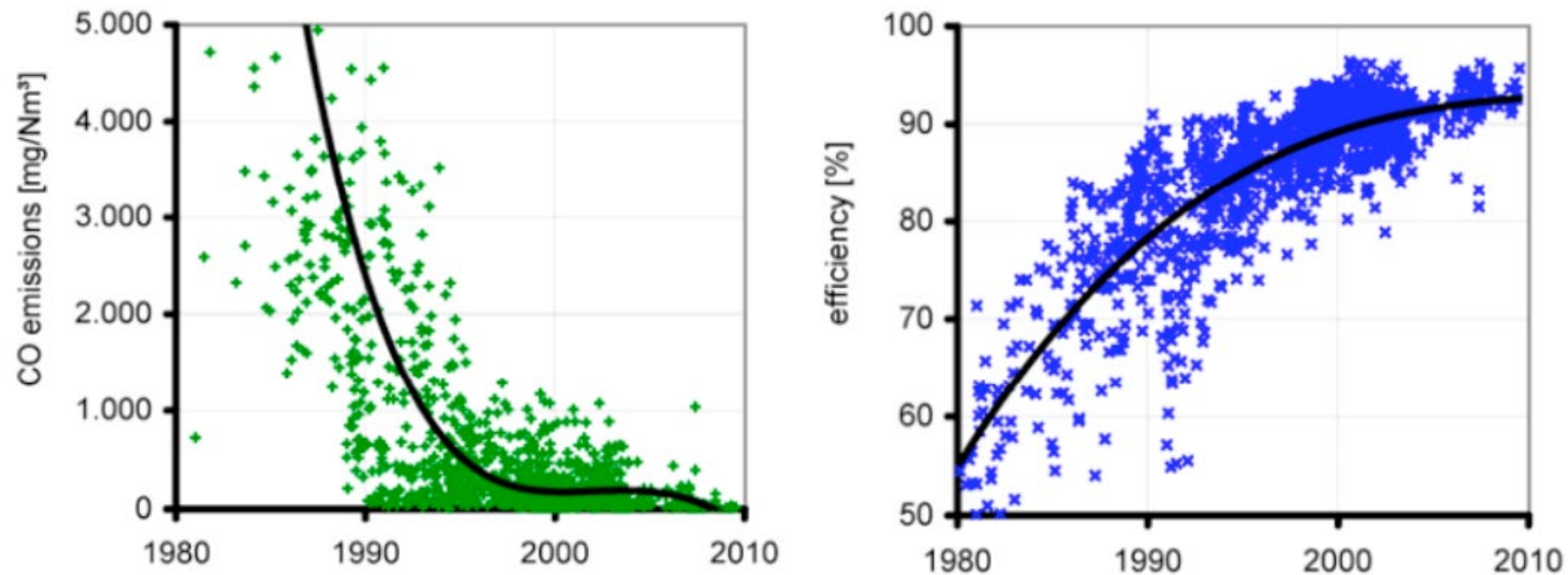


Karlsvik E., Hustad J.E., Sønju O.K. (1993). Emissions from wood stoves and fireplaces. In A. V. Bridgewater (ed.): *Advances in thermochemical biomass conversion, Volume 1*, Blackie Academic & Professional.



Utslipp fra annen småskala teknologi

Figure 1:
Efficiency and CO emissions of small-scale wood boilers



WBA
factsheet.
[Link](#)

This figure shows how small scale wood boilers efficiency have been increased and CO emissions decreased the last 30 years of technological improvements.

Source: [13]



SINTEF

Utslipp fra moderne vedovner

Målekampanjer:

- For tre representative moderne vedovner hvor forsøkene er utført i henhold til NS3058/59 + en rekke tilleggsmålinger

For en av ovnene:

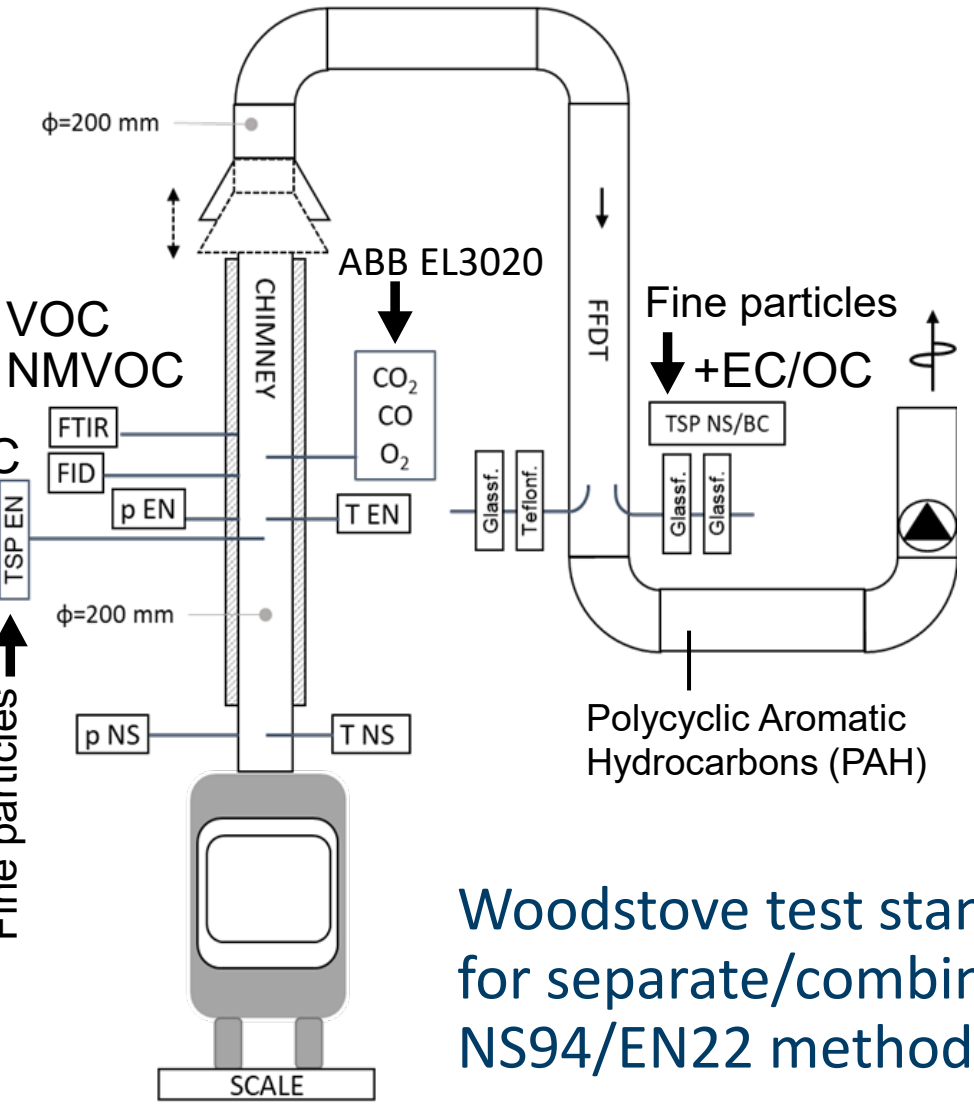
- Modifisert EN testing (også), med naturlig trekk
- sjekk av innflytelse av vedtype, fuktighetsinnhold, vedstørrelse og vedmengde
- sjekk av utslipp i opptenningsfasen
- sjekk av innflytelse av automatisering av lufttilførsel og -fordeling



SINTEF

Primary emission reduction measures Methods and materials

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)
↓
VOC
NMVOC
OGC
↑
Flame ionization detector (FID)
↑
Fine particles



Woodstove test stand for separate/combined NS94/EN22 methods





SINTEF

Utslippsfaktorer - Dagens moderne vedovner

Veid utslippsfaktor iht til NS: Lav last forsøk vektlegges mer (mer real life)



	"Old" new stove	New new stove	Part load	Nominal load	Reduction	Part load / nominal load
TSP	8.44	3.840	5.442	2.393	55 %	2.27
PM10	8.3	3.811	5.402	2.375	54 %	2.27
PM2.5	7.85	3.784	5.341	2.340	52 %	2.28
CO	85.73	23.89	35.21	15.59	72 %	2.26
NMVOC *	OGC 15.218	● 3.539	6.096	2.320	77 %	2.63
CH4	3.883	● 0.945	1.939	0.422	76 %	4.59
EC Del av PM	0.653	● 1.053	0.934	0.874	-61 %	1.07
OC	4.497	● 1.328	2.531	0.787	70 %	3.21
NOx	0.69	0.660	0.665	0.677	4 %	0.98
N2O	0.022	● 0.015	0.018	0.013	31 %	1.46
NH3	0.045	● 0.045	0.052	0.037	0 %	1.40
SO2	0.3	0.139	0.129	0.146	54 %	0.89
HCN		0.0013	0.0011	0.0014		0.80

Høy
brenn-
verdi

Explanation: "Old" new stove is the current emission factor representing all new stoves in the Norwegian national emission inventory. In the case of NO_x, N₂O, NH₃ and SO₂ this is for spruce. Part load and nominal load emission factors are arithmetic averages.

For bjørk, som inneholder mer nitrogen enn gran, kan en tilsvarende relativ endring antas for NO_x, N₂O og NH₃, og dermed også for de veide utslippsfaktorene brukt i det nasjonale utslippsregnskapet. Ditto for svovel og SO₂ utslipp. Furu blir tilsvarende som for Gran.

Current and recommended new emission factors for modern wood stoves, in g/kg dry fuel

Varians mellom ovnene? Ja, mer for disse ●

Teknologi for et bedre samfunn



SINTEF

Primary emission reduction measures Results

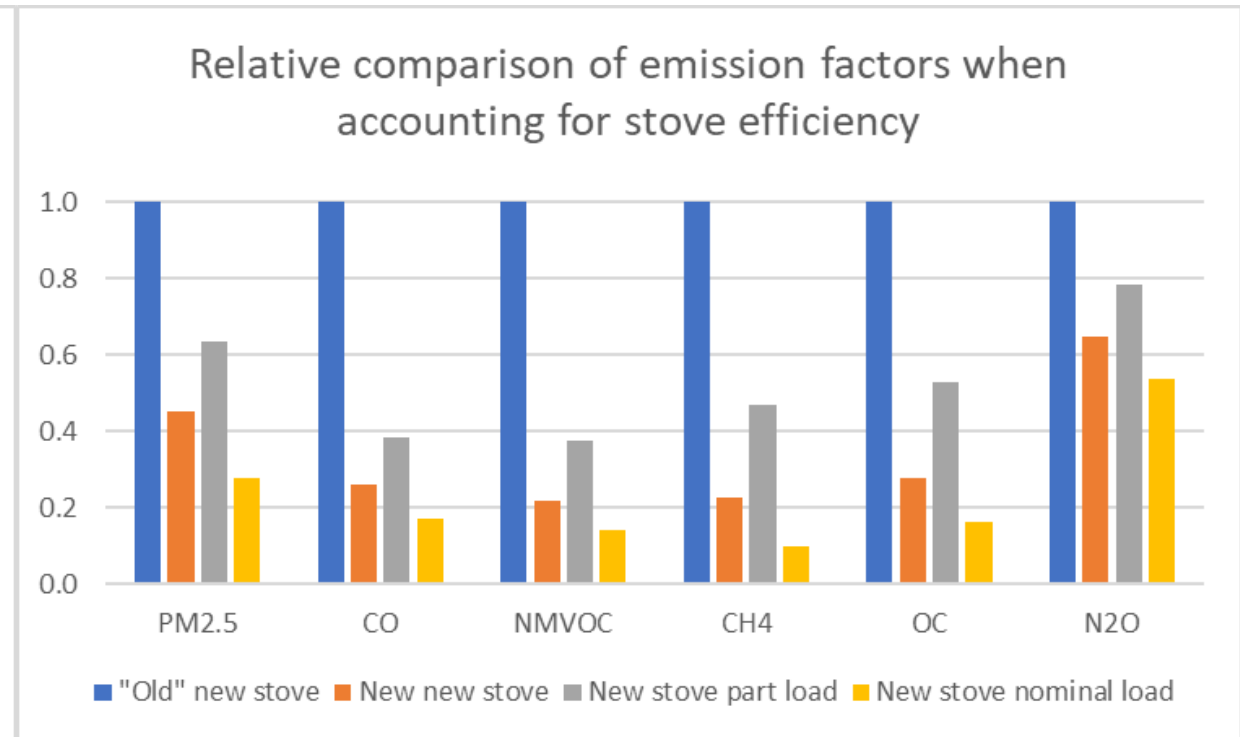
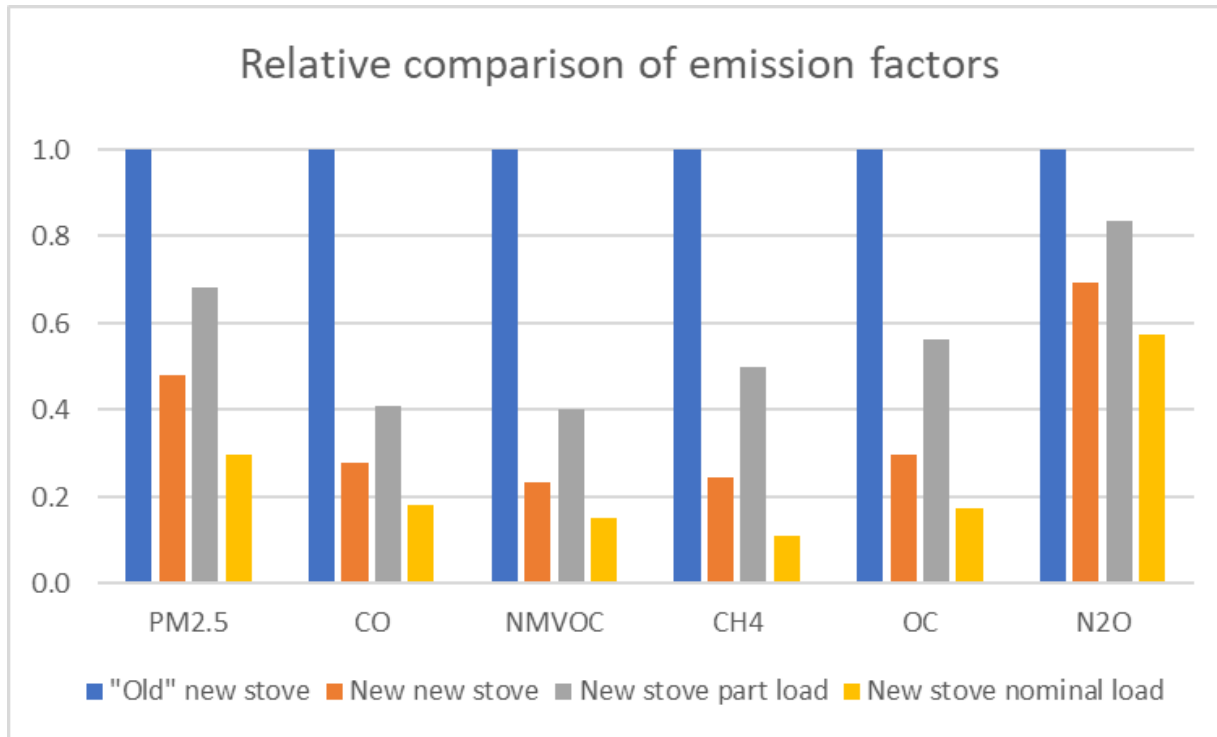
Current and recommended new emission factors for modern wood stoves, in g/kg dry fuel

	"Old" new stove	New new stove	Part load	Nominal load	Reduction	Part load / nominal load
TSP	8.44	3.84	5.44	2.39	55%	2.27
PM ₁₀	8.30	3.81	5.40	2.38	54%	2.27
PM _{2.5}	7.85	3.78	5.34	2.34	52%	2.28
CO	85.73	23.89	35.21	15.59	72%	2.26
NMVOC	15.22	3.54	6.10	2.32	77%	2.63
CH ₄	3.88	0.95	1.94	0.42	76%	4.59
EC	0.65	1.05	0.93	0.87	-61%	1.07
OC	4.50	1.33	2.53	0.79	70%	3.21
NO _x	0.69	0.66	0.67	0.68	4%	0.98
N ₂ O	0.02	0.02	0.02	0.01	31%	1.46
NH ₃	0.05	0.05	0.05	0.04	0%	1.40
SO ₂	0.30	0.14	0.13	0.15	54%	0.89
HCN		0.0013	0.0011	0.0014		0.80

- Emission factors about three times higher at part load vs. nominal load
- Carbonaceous particles are hard to remove even in new stoves
- NO_x - no significant reduction



Relativ sammenligning av utslippsfaktorer "Gamle" nye ovner vs. moderne ovner



"Old" new stove - an average for stoves produced from 1998 to 2016

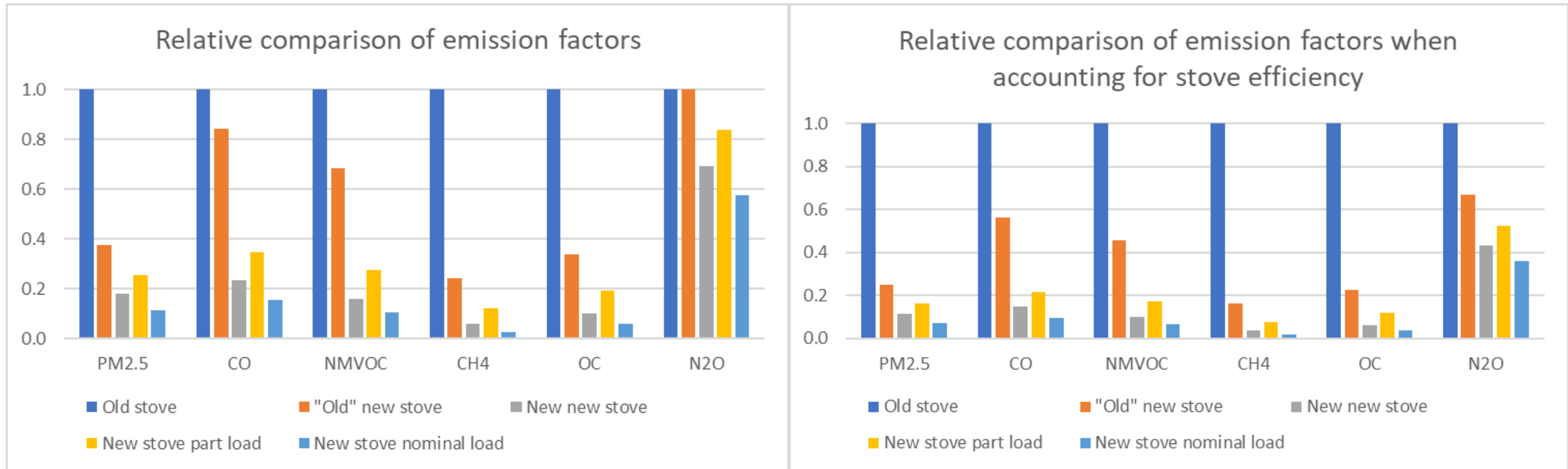
New new stove - an average for representative stoves of today

80 vs. 75% virkningsgrad (SSB)



Relativ sammenligning av utslippsfaktorer

Sammenligning med gamle ovner



Old stove - an average for stoves produced before 1998

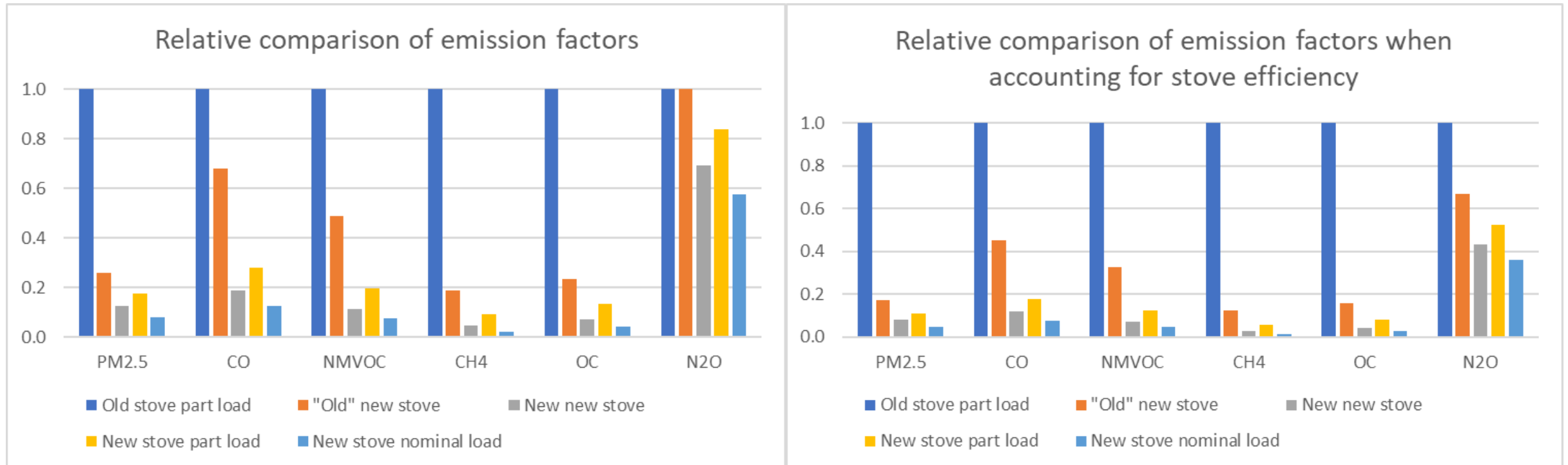
80 vs. 50% virkningsgrad (SSB)



SINTEF

Relativ sammenligning av utslippsfaktorer

Sammenligning med gamle ovner på dellast



80 vs. 50% virkningsgrad (SSB)



SINTEF

Utslipp fra moderne vedovner

Innflytelse av:

- Vedtype: uforbrent fra C&H - lite; andre utslipp, som NO_x - mer
- Fuktighetsinnhold: ja (bruk tørr ved, < 20% fuktighet på våt basis)
- Vedstørrelse: ja (for store kubber er ikke bra)
- Vedmengde: ja (et overfylt brennkammer er ikke bra)
- Opptenningsmetode: ja (tenn fra toppen og sørg for en god start)
- Automatisering av lufttilførsel og -fordeling: ja (luftbehovet varierer gjennom hele forbrenningssyklusen), og f.eks. struping av lufttilførselen er ødeleggende for en god utbrenning

Vedfyring er en forbrenningsprosess, og alt som påvirker forbrenningsprosessen påvirker også utslipp.

Viktig: **T**emperatur, **T**id og **T**urbulens (forbrenningstemperatur, oppholdstid, blanding av luft og brennbare gasser)



Primary emission reduction measures

Summary

- Today`s modern wood stoves emits on average 50+% less particles and 70+% less harmful gaseous compounds, than the average of new stoves since 1998
- Fine particles as soot/black carbon is difficult to reduce even if the combustion conditions are much improved
- No NOx emission reduction, despite the staged-air combustion principle
- End-users should preferably operate their appliance at nominal loads
- Overall, a very significant reduction in emissions compared to other technologies
- Automated wood stoves would be necessary for minimum user interaction
- Radical design changes are necessary for abatement of some emission compounds
- National emission inventories should be updated according to the progress of any technology, including wood stoves, responsible for harmful emissions



SINTEF

Primary emission reduction measures

Summary

- Automating the combustion air has a high potential to reduce emissions of PM, CO, and OGC, as well as increasing the efficiency even at more realistic test conditions.
- The effect of end-user operation as for the ignition from cold stove, and use of fuel with varying properties, showed significant variation in emissions over the ignition period.
- Good ignition, when firing according to NS94, can be achieved repeatedly by assuring that the fuel catches fire before closing the door and/or reduce the primary/secondary air flows.
- **Bad ignition** due to **over-/under** firing and **dense stacking**, can produce at least **twice as much PM and CO** and **3-4 times the OGC**, compared to correct ignition.
- **No significant differences** in emissions were found when comparing **birch, spruce, and pine**, for wood with equal moisture content.
- However, **burning pine, showed higher** emissions of total carbon particles, as elemental and organic carbon, on the same level as with poor ignition.



Behov for endringer

- De betydelige utslippsreduksjonene for dagens moderne vedovner for en rekke utslippskomponenter bør synliggjøres i det nasjonale utslippsregnskapet og i nasjonal statistikk
- Det anbefales at trendkurver som funksjon av år implementeres for å synliggjøre reduksjonen av de enkelte utslippsfaktorene for de enkelte utslippskomponentene
- Basert på dette kan en gjennomsnittlig utslippsfaktor for alle nye ovner beregnes, som vil endre seg årlig
- Ovner som var moderne for opptil 25 år siden vil etter hvert også byttes ut med dagens moderne vedovner, og dette må også hensyntas i utslippsregnskapet
- Generelt, bedre tallgrunnlag og statistikk trengs i forhold til hva som benyttes i dag, slik at utslippsregnskapet blir mest mulig korrekt og også beregninger av effektene av utslippene

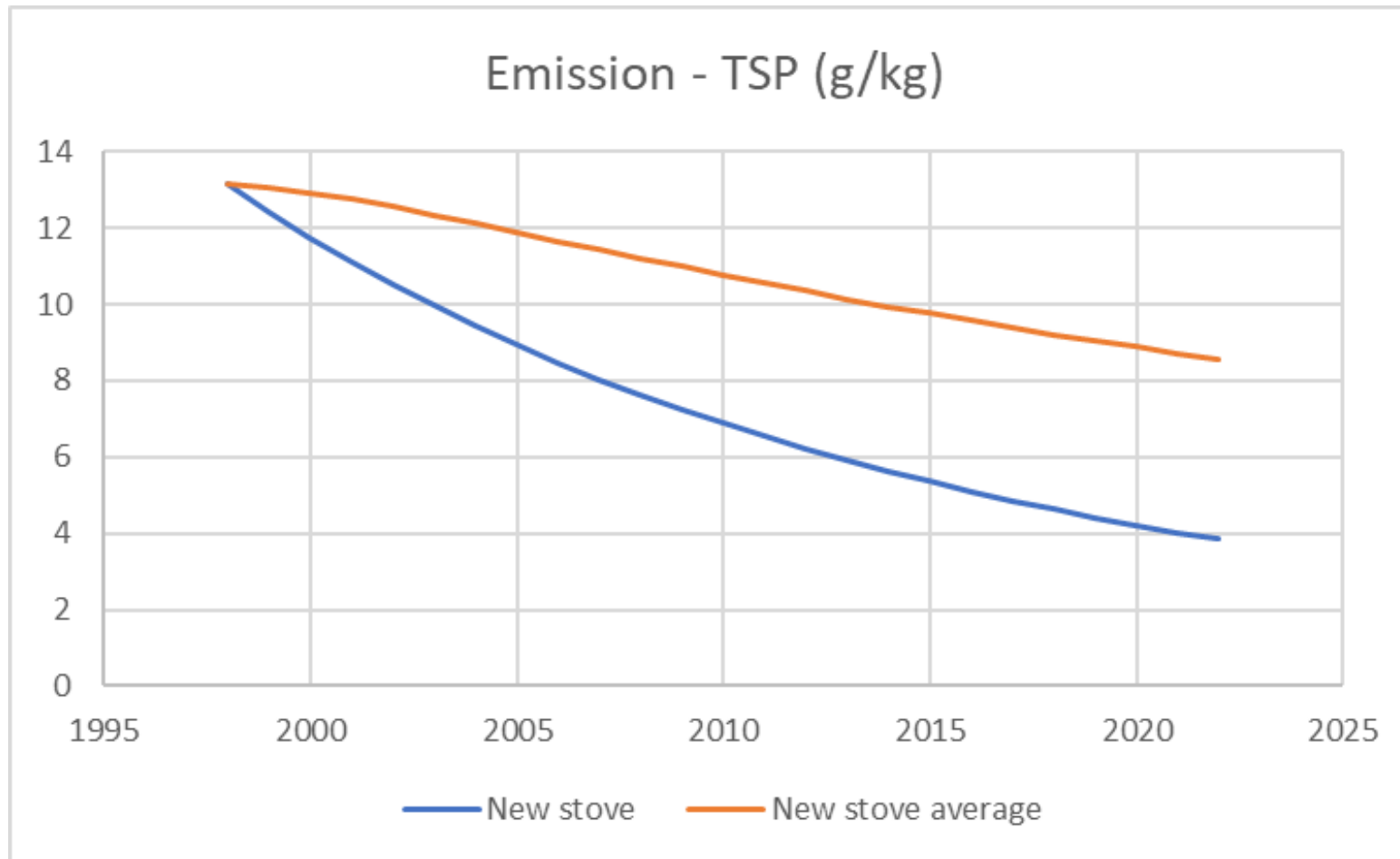


Forslag til implementering av de nye utslippsfaktorene

- Utslipp av partikler har vært målt siden 1998 i forbindelse med typegodkjenning av vedovner i henhold til NS 3058/59
- Typisk gir typegodkjenningen lavere utslipp av partikler enn det som oppnås ved en forskningsinstitusjon, som anses å være mer representativt for real life bruken
- Når disse utslippene plottes som funksjon av tid fremkommer en tydelig trend, som kan tilnærmes med en lineær eller lett eksponentiell funksjon
- Trendkurven kan da benyttes til å beregne en utslippsfaktor for det enkelt året
- Denne kan da brukes ved beregning av en veid gjennomsnittsfaktor for perioden fra 1998 til nå
- Dette er illustrert for partikkelutslippet i figuren på neste side



Forslag til implementering av de nye utslippsfaktorene



Trendkurven (lett eksponentiell, typisk for kontinuerlig utvikling) overstiger utslippsgrensen ved typegodkjenning på 10 g/kg de første årene etter 1998, som er reelt da typegodkjenning typisk gir lavere utslipp enn real life



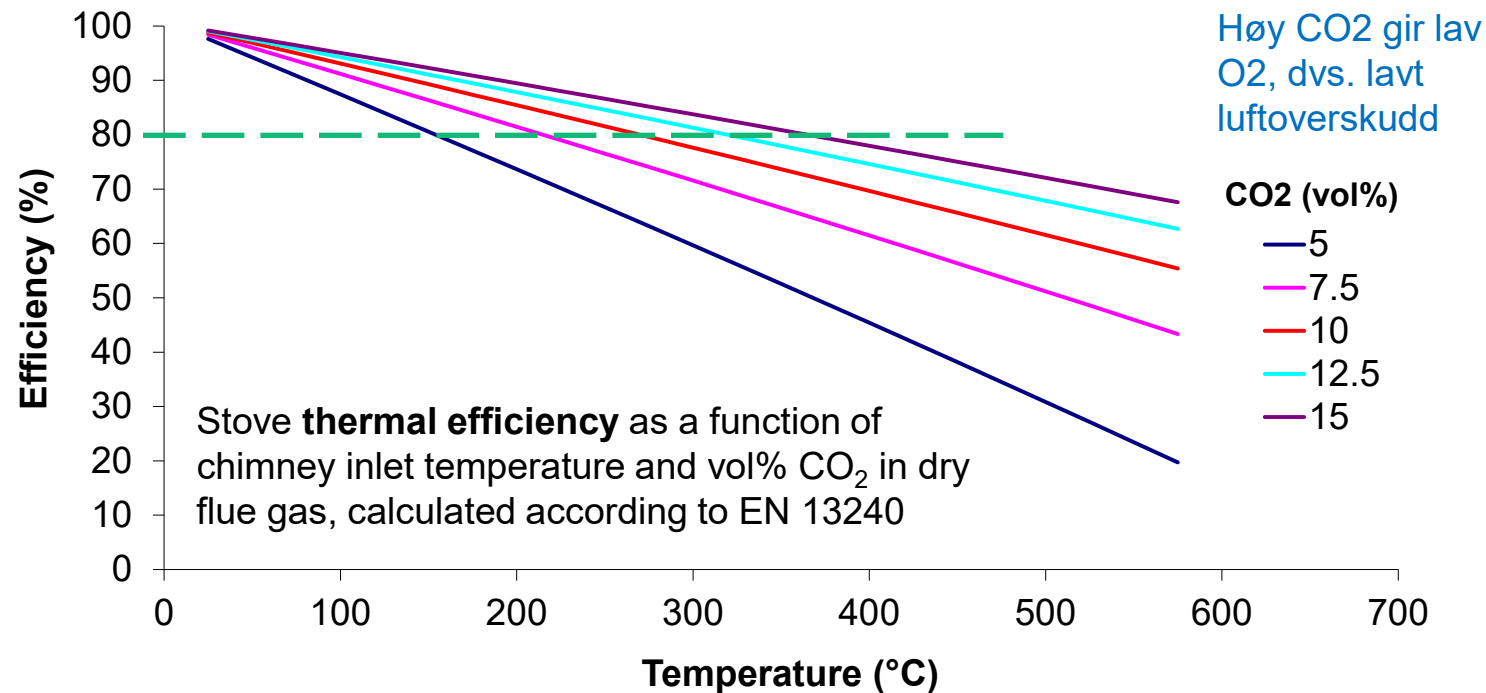
Energivirkningsgrad

- Energiutbytte - påvirkes av fuktighetsinnhold (fordampningsvarme)
- Energivirkningsgrad påvirkes av:
 - Fuktighetsinnhold (oppvarming av vanndampen)
 - Utslipp av uforbrent
 - Luftoverskudd (oppvarming av N₂, og O₂ overskudd)
 - Temperatur inn i pipa
 - I praksis også varmetap fra ovnen opp i pipa etter at fyringen er over
 - Varmelagringsovner gir typisk litt høyere virkningsgrad enn lettere ovner ved testing, men er også mer følsomme for en luftlekkasje inn i ovnen etter at fyringen er avsluttet (man skal lukke spjeldet...)
- SSB bruker i dag: 15% for åpne peiser (optimistisk?), 50% for gamle ovner (konservativt?), 75% for nye ovner (dvs. i praksis "gamle" nye ovner)

Energivirkningsgrad

- Chimney inlet temperature
- Excess air ratio
- Moisture content

Stove **thermal efficiency** decreases with increasing temperature into the chimney, increasing excess air ratio and increasing moisture content



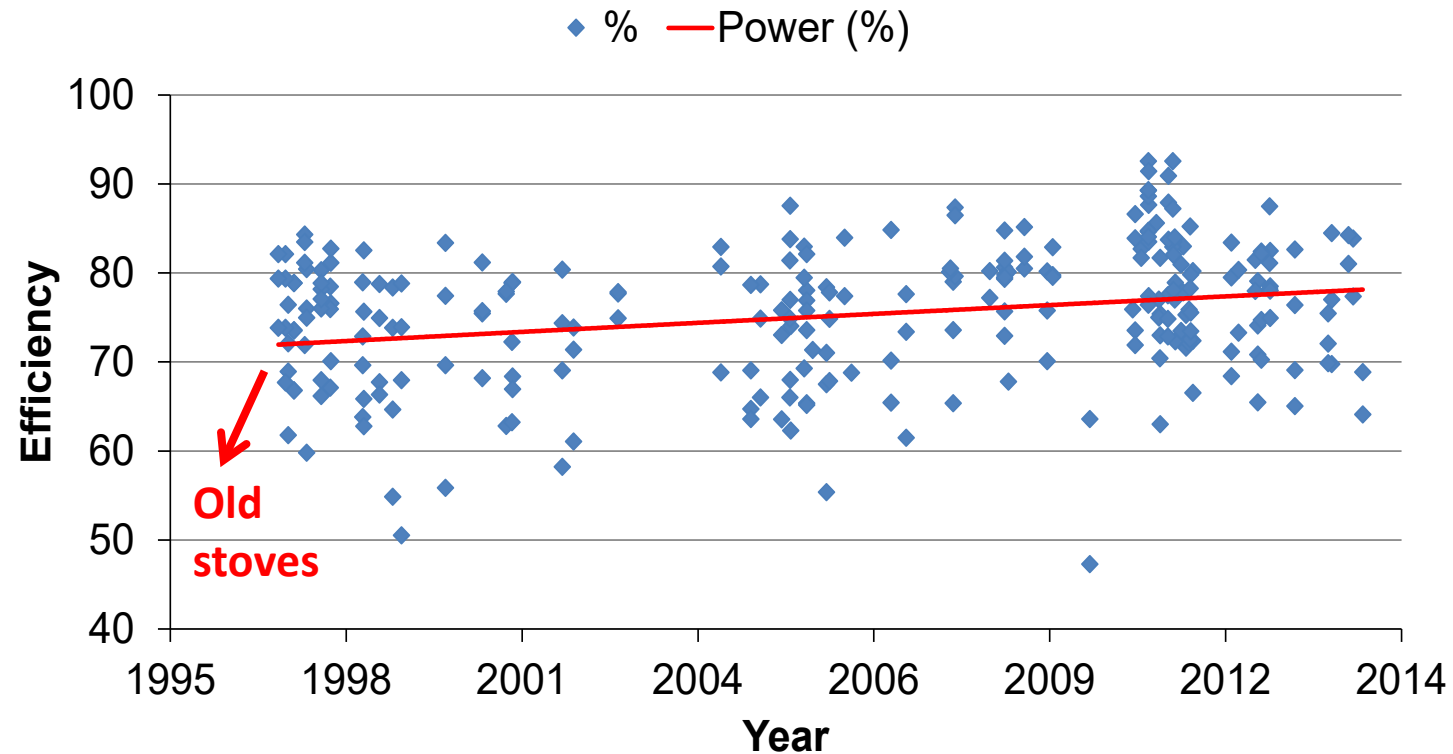
Stove **combustion efficiency** will decrease with increasing emissions of unburnt

This can heavily reduce the total stove efficiency, typical for old stoves at low load operation, having high emissions of unburnt

Naturlig trekk krever en viss temperatur inn i pipa for å skape tilstrekkelig trekk

For tvungen trekk er det kondensering av vanndamp som setter grensen

Energivirkningsgrad



Stove efficiency as a function of year or development degree

Øyvind Skreiberg, Morten Seljeskog (2018). [Performance history and further improvement potential for wood stoves](#). Chemical Engineering Transactions 65:199-204.



SusWoodStoves - SP2

55

CET CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS

VOL. 99, 2023

Guest Editors: Sauro Pierucci, Flavio Manenti
 Copyright © 2023, AIDIC Servizi S.r.l.
ISBN 978-88-95608-98-3; **ISSN** 2283-9216

A publication of
AIDIC

The Italian Association
 of Chemical Engineering
 Online at www.cetjournal.it

DOI: 10.3303/CET2399010

Energy Efficiency Increase by Improved Operation and Control in Wood Stoves

Øyvind Skreiberg*, Morten Seljeskog, Franziska Kausch

Thermal Energy Department, SINTEF Energy Research, Trondheim, Norway
oyvind.skreiberg@sintef.no

[Link](#)

Stove efficiencies of around 80% was achieved for all three stoves, with the highest efficiency achieved for the stove with the highest heat storage capacity

The potential for further efficiency increases in wood stoves is significant, as during the combustion process the total efficiency in these modern wood stoves can approach 90%



Results

- Low load experiments yield lower combustion efficiency than at nominal load, but to which degree depends also on the stove design.
- The thermal efficiency depends both on the chimney inlet temperature and the O₂ concentration, which both depends on the stove design, and the regulation of the air intake valve.

	Stove 1				Stove 2				Stove 3			Stove 1	Stove 2	Stove 3	Stove 1-3
	Exp 1	Exp 2	Exp 3	Exp 4	Exp 5	Exp 6	Exp 7	Exp 8	Exp 9	Exp 10	Weighted	Weighted	Weighted	Mean	
Load (kg/h)	1.98	1.79	1.27	1.25	1.20	2.17	1.70	2.55	0.95	1.31	1.59	1.65	1.73	1.66	
O ₂ (vol% dry)	10.60	10.93	12.10	12.35	11.23	9.73	9.57	8.68	10.56	10.31	11.40	10.18	9.73	10.44	
T _{Chimney} (°C)	281	269	215	190	230	320	276	262	207	232	244	272	240	252	
Combustion eff	98.4 %	97.5 %	92.3 %	93.0 %	97.3 %	99.0 %	97.8 %	99.0 %	97.6 %	98.5 %	95.7 %	97.9 %	98.5 %	97.4 %	
Thermal eff	79.8 %	80.3 %	83.7 %	85.4 %	83.1 %	78.2 %	81.9 %	83.8 %	85.8 %	84.2 %	82.0 %	81.4 %	84.3 %	82.5 %	
Total eff	78.2 %	77.8 %	75.9 %	78.4 %	80.4 %	77.1 %	79.7 %	82.7 %	83.4 %	82.6 %	77.6 %	79.3 %	82.8 %	79.9 %	
EN-weighted	79.5 %	79.6 %	80.7 %	82.6 %	81.6 %	77.9 %	80.7 %	83.5 %	84.7 %	83.3 %					
EN-arithmetic	80.3 %	80.7 %	82.0 %	84.5 %	82.5 %	78.0 %	81.6 %	83.9 %	84.3 %	83.9 %					

Stove efficiencies, and corresponding O₂ concentration and chimney inlet temperature



SusWoodStoves - SP2

61

CET CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS

VOL. 99, 2023

Guest Editors: Sauro Pierucci, Flavio Manenti
Copyright © 2023, AIDIC Servizi S.r.l.
ISBN 978-88-95608-98-3; ISSN 2283-9216

A publication of
AIDIC
The Italian Association
of Chemical Engineering
Online at www.cetjournal.it

DOI: 10.3303/CET2399011

Reducing Emissions from Current Clean-Burn Wood Stove Technology by Automating the Combustion Air Supply and Improving the End-User Interaction – Two Important Primary Measures

Morten Seljeskog*, Franziska Kausch, Roger A. Khalil, Øyvind Skreiberg

Thermal Energy Department, SINTEF Energy Research, Trondheim, Norway
Morten.Seljeskog@sintef.no

Automating the combustion air has a high potential to reduce emissions of PM, CO, and OGC, as well as increasing the efficiency

Good ignition is crucial to achieve low emissions

No significant differences in emissions of unburnt were found when comparing birch, spruce and pine

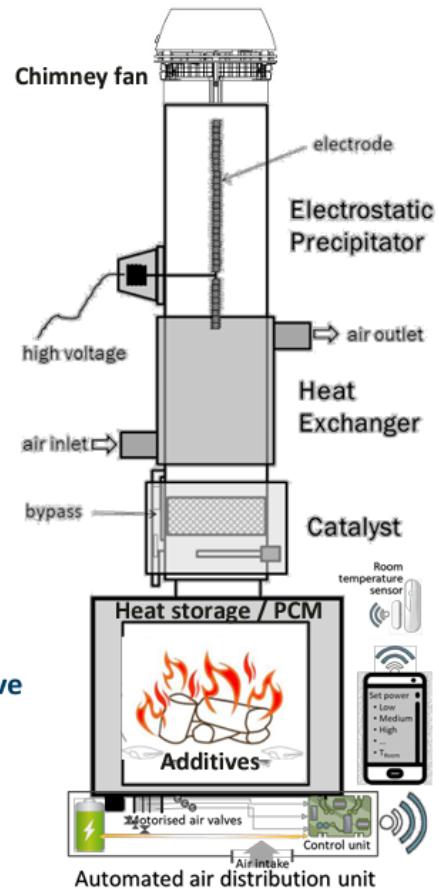


SINTEF



SINTEF

Hva med sekundærtiltak?



Report

Secondary Measures to mitigate wood stove emissions

D2.1.2

Author:

Morten Seljeskog

Report No:

2023:01381 - Restricted

Client (pos partner)

SusWoodStoves project consortium

The main recommendation from this report, is that the best solution in terms of emission reductions and efficiency increase, for old small-scale room heaters, is still to replace those for new ones

Most secondary measures referred to in this report, even commercial ones like ESPs or retrofit catalysts, still need more research/development before they constitute a real alternative regarding emission reductions






Vedovner i energisystemet

- Bidrar til **energisikkerhet**
- Kan bidra best i kuldeperioder, hvor det elektriske effektbehovet toppe seg (og hvor luft-til-luft varmepumper virker dårligere)
- Det elektriske effektbehovet toppe seg spesielt om morgenen og ettermiddagen, før og etter jobb
- Det er hensiktsmessig å utnytte våre fornybare energiresurser i et samspill som bidrar til økt energisikkerhet og best samfunnsøkonomisk utnyttelse (reduerte samfunnskostnader)
- Åpne peiser har ingenting i vårt nasjonale energisystem å gjøre
- Gamle vedovner bidrar, men bør byttes ut med moderne ovner, for bedre virkningsgrad og vesentlig lavere miljø-, klima- og helsepåvirkning

Vedovner i energisystemet

Measurement of the Wood Stove Impact on the Electric Power Consumption of a Norwegian Detached House

Abolfazl Mohammadabadi¹ (✉) , Øyvind Skreiberg² , and Laurent Georges¹ 

¹ Department of Energy and Process Engineering, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Kolbjørn Hejes vei 1B, 7034 Trondheim, Norway
abolfazl.mohammadabadi@ntnu.no

² SINTEF Energy Research, Sem Sælands vei 11, 7034 Trondheim, Norway

PhD study - ongoing
(first publication is published)

The study underscores the potential of wood stoves to reduce electric power consumption during mornings and evenings, thus reducing the stress on the electricity grid

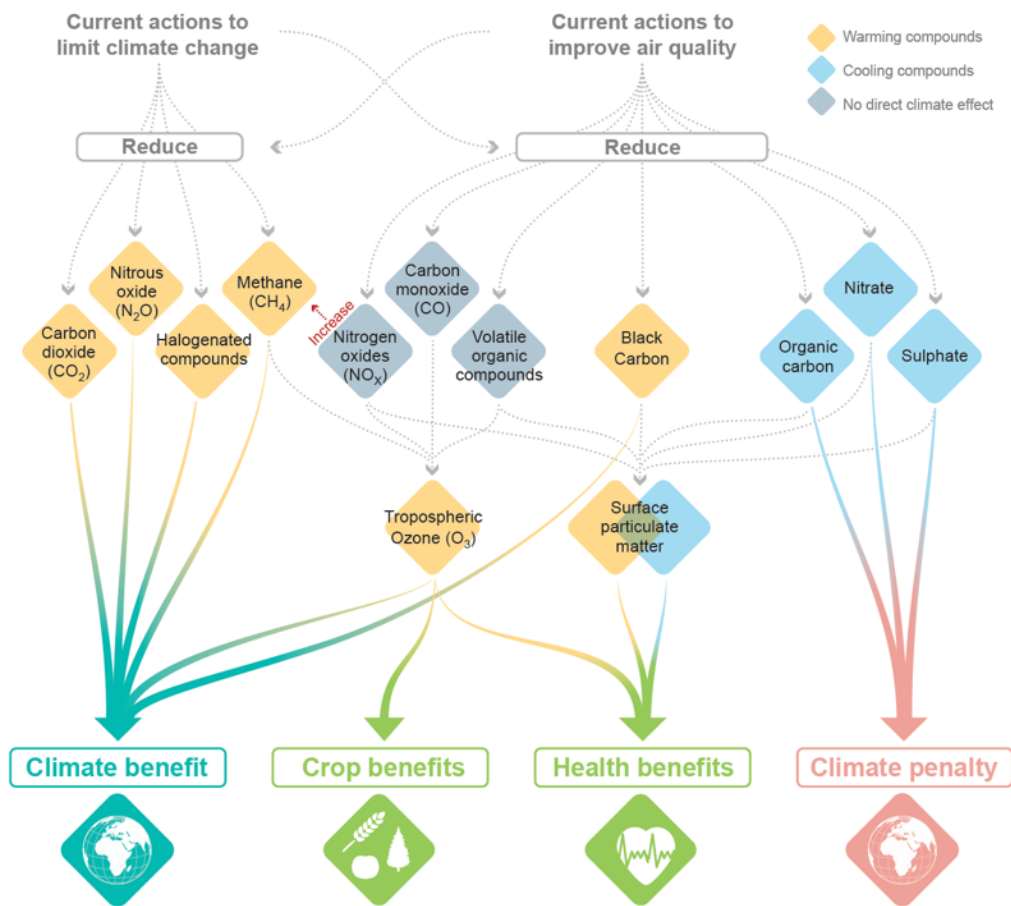
[PhD study](#) - Building integration and electricity grid interaction



Miljø-, klima- og helseeffekter

Ulike mht. GWP og geografisk avhengig GWP for flere BC viktig

Ulike mht. helsepåvirkning PM2.5 viktig



Sammenhenger mellom tiltak som begrenser klimaendringer og tiltak som forbedrer luftkvalitet



MetVed model:
<https://models.nilu.no/models/metved/>
 "The MetVed-model provides air pollutant and greenhouse gas emissions from residential wood burning at high-resolution"



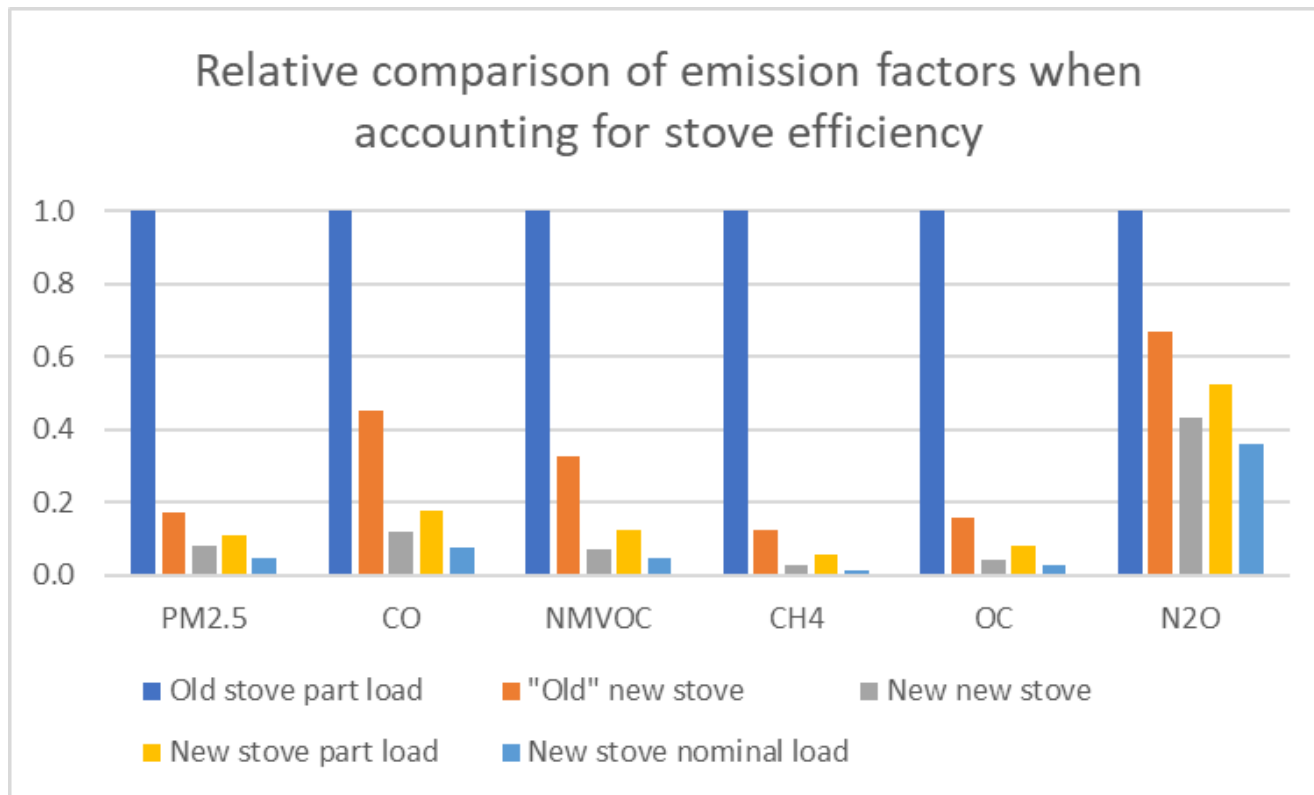
SINTEF

Miljø-, klima- og helseeffekter

Climate impact of wood stove use

Health impact of wood stove use

[PhD study](#) - ongoing (first publication is in progress)



Climate and health impacts are also reduced alongside environmental impacts

The picture is improving further when including stove efficiency

Old stove - an average for stoves produced before 1998

"Old" new stove - an average for stoves produced from 1998 to 2016

New new stove - an average for representative stoves of today

Take home messages

- Modern wood stoves have much improved during the last 25 years, resulting in large reductions in most emissions of unburnt, and increased energy efficiency
- Environmental, climate and health impacts are reduced accordingly
- Still, proper operation and wood quality is key
- Automation of the air supply contributes to automatic proper operation
- End-users should preferably operate their appliance at nominal load
- Different wood species give mostly similar emissions of unburnt
- National emission inventories should be updated according to the progress of any technology, including wood stoves, responsible for harmful emissions
- However, too large variations in emission factors for most species can be seen in (when comparing) national emission inventories today



Informasjonsspredning

Numerous dissemination efforts towards the public, and some also in English language

<https://www.sintef.no/en/projects/2021/suswoodstoves-sustainable-wood-stoves-through-stove-building-integration-and-value-chain-optimisation/publications/#menu>

#ENERGI #BIOENERGI

Vedfyringens 10 bud



AV ØYVIND SKREIBERG
NOVEMBER 13, 2023

KOMMENTARER
6



[Link](#)

#ENERGY #BIOENERGY

The 10 commandments of wood burning stoves



BY ØYVIND SKREIBERG
NOVEMBER 13, 2023

COMMENTS
46



[Link](#)

Behov for videre arbeid

- Flere utslippskomponenter har ikke blitt målt i SusWoodStoves
- Stor usikkerhet er knyttet til påliteligheten til disse generelt, og for moderne vedovner spesielt
- Dette gjelder PAH, dioksiner og tungmetaller
- Stor variasjon mellom utslippsfaktorer brukt i forskjellige land eksisterer for disse faktorene, og for noen av faktorene (tungmetaller) er faktoren i det norske regnskapet lik, eller tatt fra, andre og helt forskjellige brensler
- Det medfører at det er stor usikkerhet i det nasjonale utslippsregnskapet knyttet til utslippet av disse komponentene fra vedfyring
- Myndighetene bør sørge for at bedre datagrunnlag fremskaffes slik at utslippsregnskapet kan bli mer pålitelig



SINTEF

Teknologi for et bedre samfunn