



SINTEF

Tettere bygningskropp krever bedre ventilasjon

Maria Justo Alonso, SINTEF Community

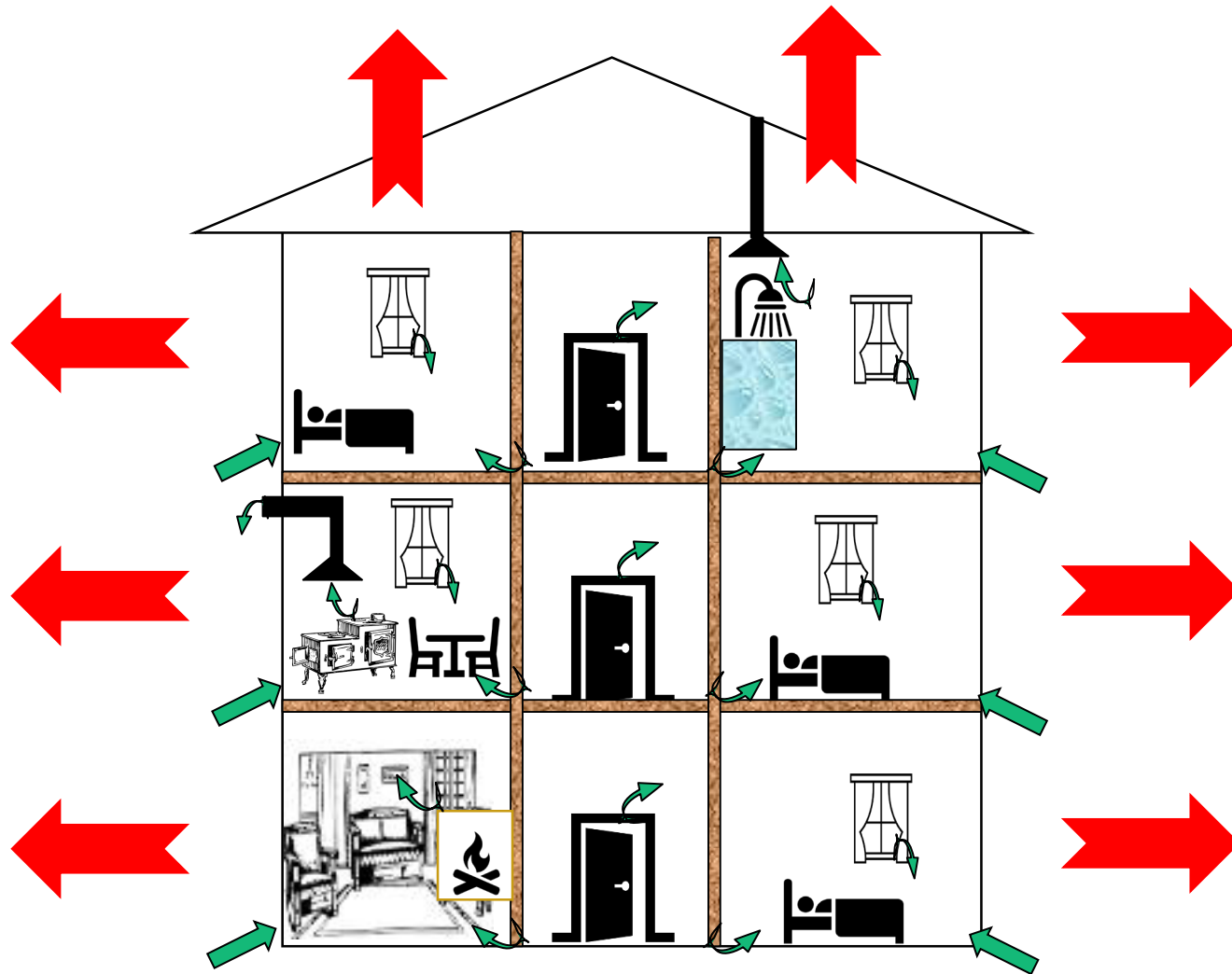


Teknologi for et bedre samfunn

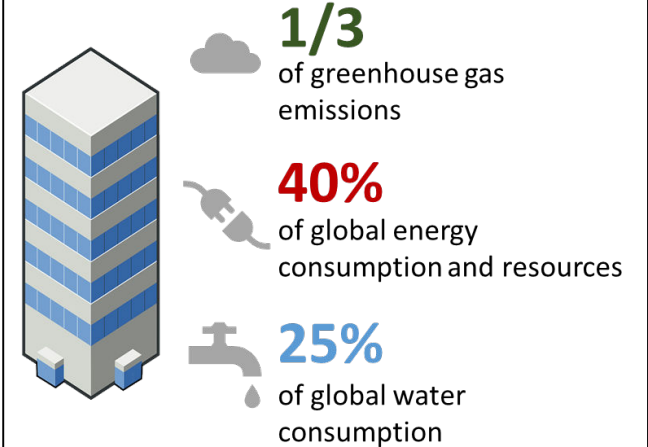


SINTEF

Tettere bygningskropp for å spare energi (og penger)



Buildings account for:



The energy consumption in buildings can be **reduced by 30% to 80%** using proven and commercially available technologies.

Source: United Nations Environment Programme Report



SINTEF

Kravene skjerpes

	TEK07	TEK10/17
U-verdi yttervegg	$\leq 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$\leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
U-verdi tak	$\leq 0,13 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$\leq 0,13 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
U-verdi gulv	$\leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$\leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
U-verdi vindu	$\leq 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$\leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
U-verdi dør	$\leq 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$\leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner	$\geq 80 \%$	$\geq 80 \%$
SFP-factor ventilasjonsanlegg	$\leq 2,5 (2,0)' \text{ kW}/(\text{m}^3 \cdot \text{s})$	$\leq 1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3 \cdot \text{s})$
Lekkasjetall ved 50 Pa n_{50}	$\leq 3,0 \text{ h}^{-1}$	$\leq 0,60 \text{ h}^{-1}$

' For boligbygning: $\leq 2,5$, for øvrige bygninger: $\leq 2,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$

* Bygningskategorien omfatter også fritidsboliger

** Tallene i parentes gjelder for arealer der varmegjenvinning av ventilasjonsluft medfører risiko for spredning av forurensning eller smitte

" kvm oppvarmet BRA

Bygningskategori [kWh/m ² oppvarmet BRA per år]	TEK07	Nesten nullenergibygning
Småhus*	125+ 1600/ kvm''	86+ 1600/ kvm''
Boligblokk*	120	67
Barnehage	150	129
Kontorbygning	165	76
Skolebygning	135	91
Universitet/høyskole	180	84
Sykehus	325	165 (212)**
Sykehjem	235	163 (204)**
Hotellbygning	240	159
Idrettsbygning	185	142
Forretningsbygning	235	162
Kulturbygning	180	123
Lett industri/verksteder	185	113 (138)

[Mal for presentasjon av hjemmelektse \(sintef.no\)](#)

DIBk [Veiledning 2007 til Teknisk forskrift \(dibk.no\)](#)

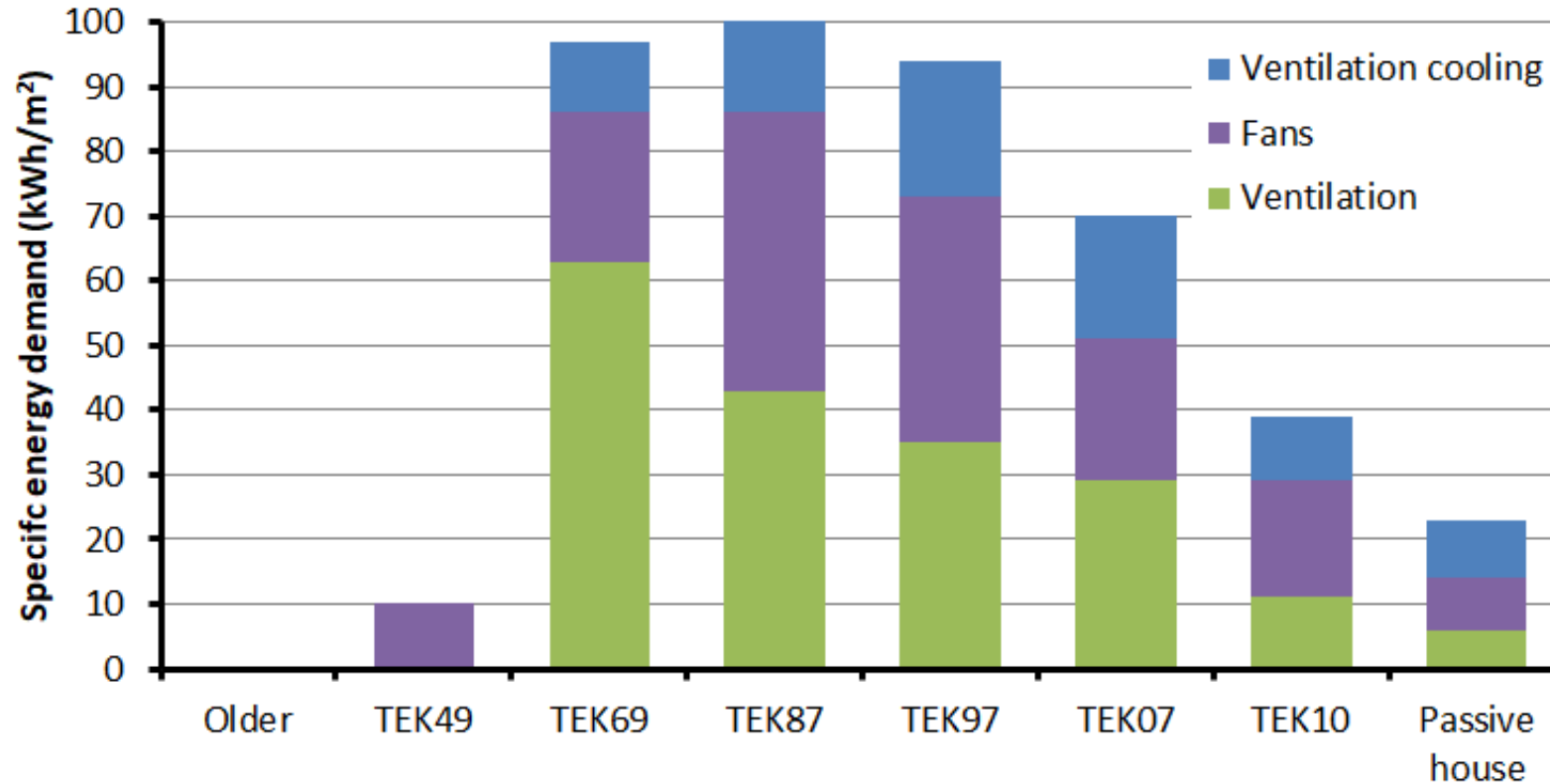
[§ 14-3. Minimumskrav til energieffektivitet - Direktoratet for byggkvalitet \(dibk.no\)](#)

KDD (2023) Veiledning om beregning av primærenergi behov i bygninger og energirammer for nesten nullenergibygninger [link](#)



SINTEF

Beregnet energibruk for ventilasjon

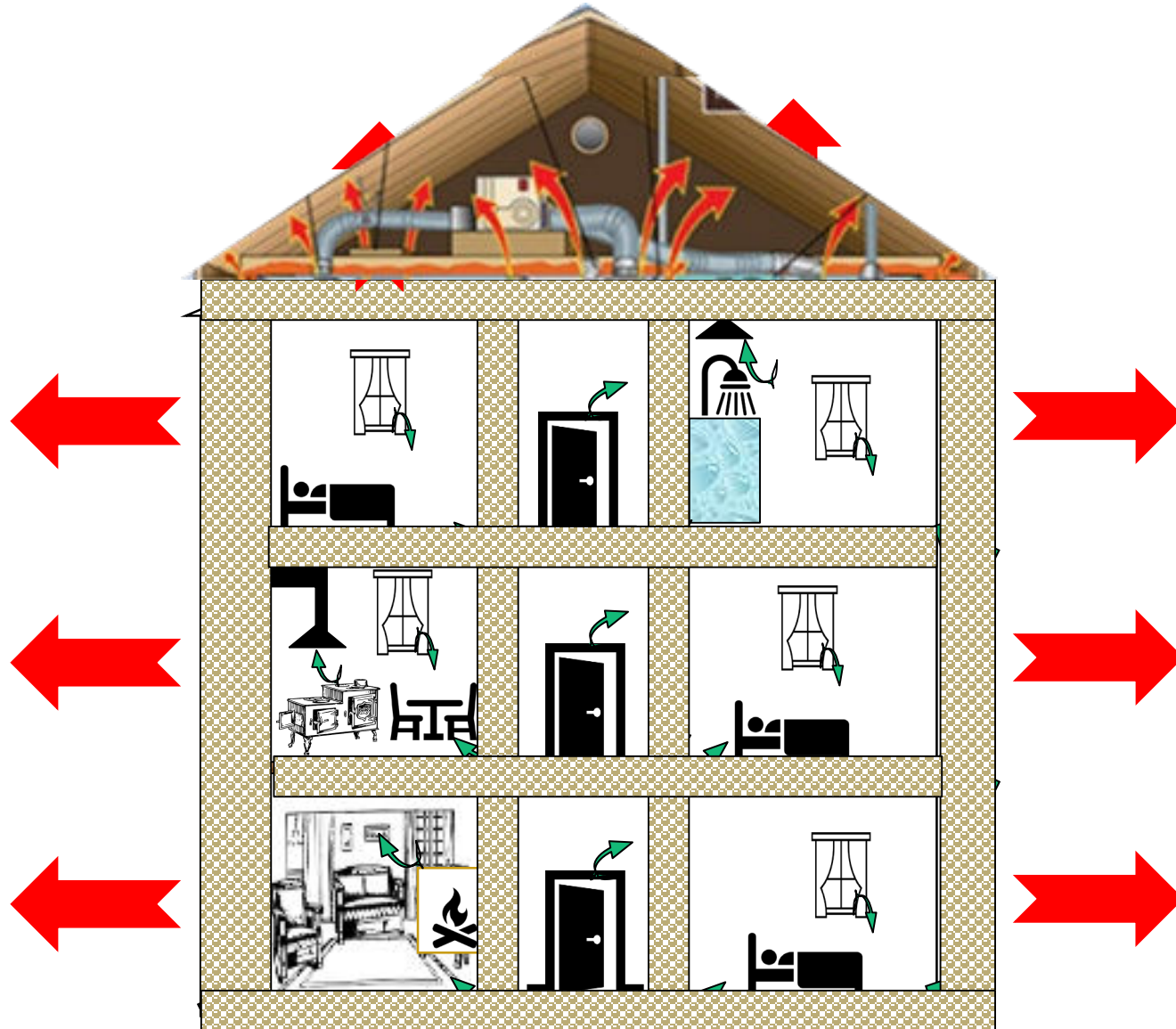


Source: THEMA Consulting,
Energy use in office buildings, 2013

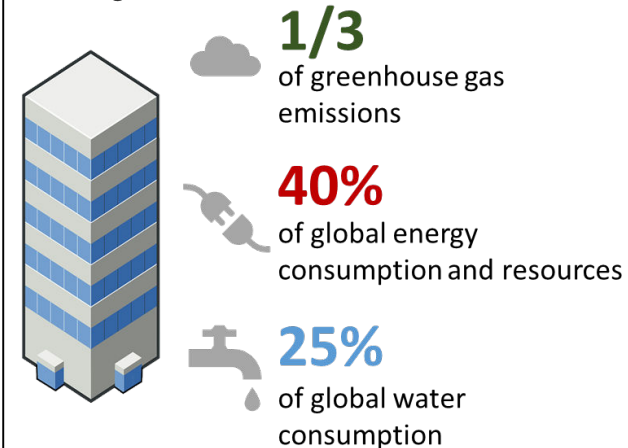


SINTEF

Tettere bygningskropp til å spare energi (og penger)



Buildings account for:

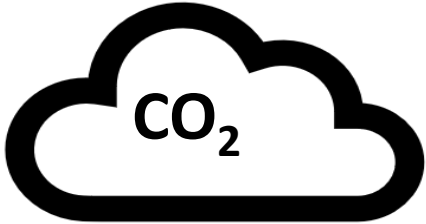


The energy consumption in buildings can be **reduced by 30% to 80%** using proven and commercially available technologies.

Source: United Nations Environment Programme Report



CO₂ the indicator



Ikke konsistente resultater på CO₂ effekt på helse, velvære og arbeidsytelse



SINTEF

Formaldehyd fra møbler, byggematerialer, husholdnings- og rengjøringsprodukter og er biprodukt av forbrenning er koblet til allergi og kreft

RH-nivåer påvirker avgassingsprofilene til materialer, dynamikken til PM og luftpersepsjon

10–30% av den totale sykdomsbyrden fra PM-eksponering pga innendørs genererte partikler



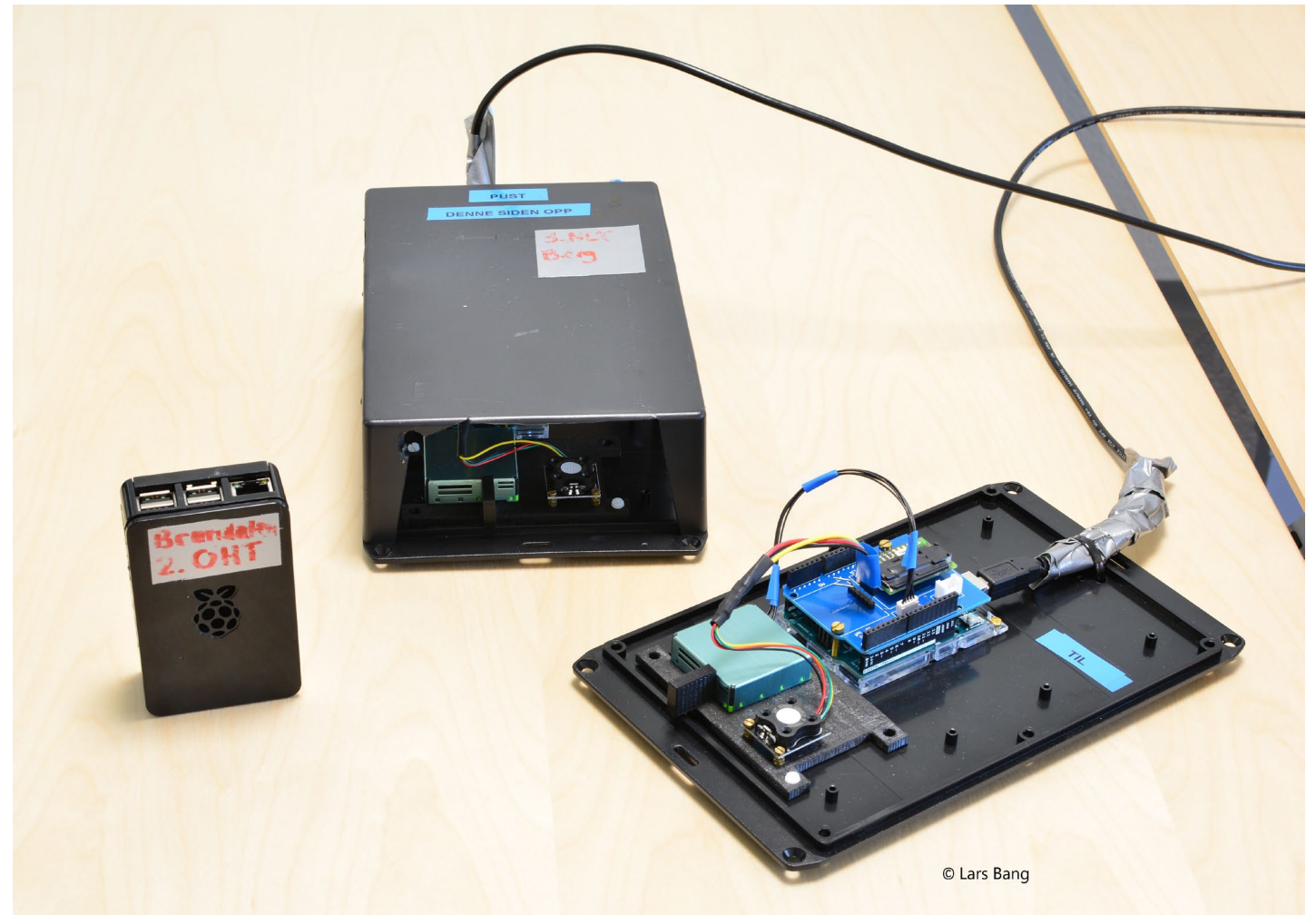
SINTEF

Utvikling av IAQ-stasjon

- 200€
- Kablet, men kan også fungere trådløst
- Arduino sensorer kommunikasjon via RaspberryPi

LCS

- Brukervennlig
- Forhåndskalibrert fra fabrikk
- Referert i litteraturen



© Lars Bang

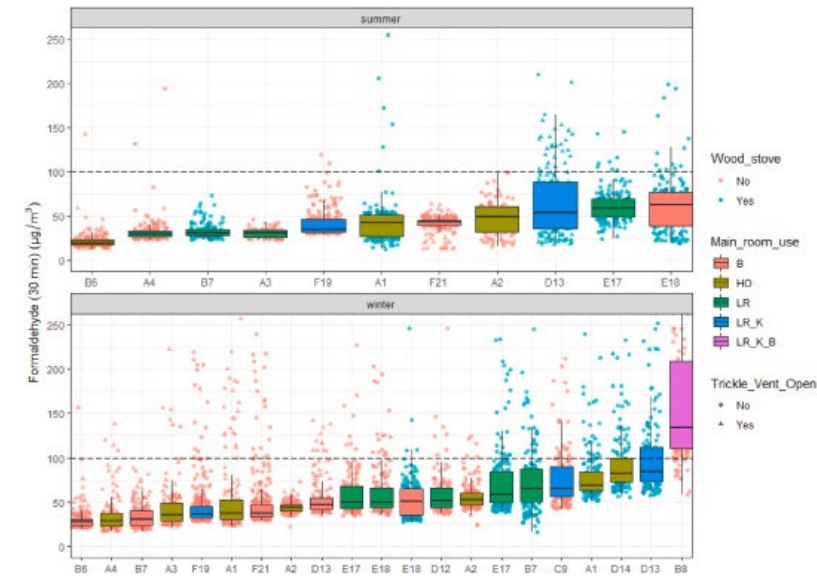
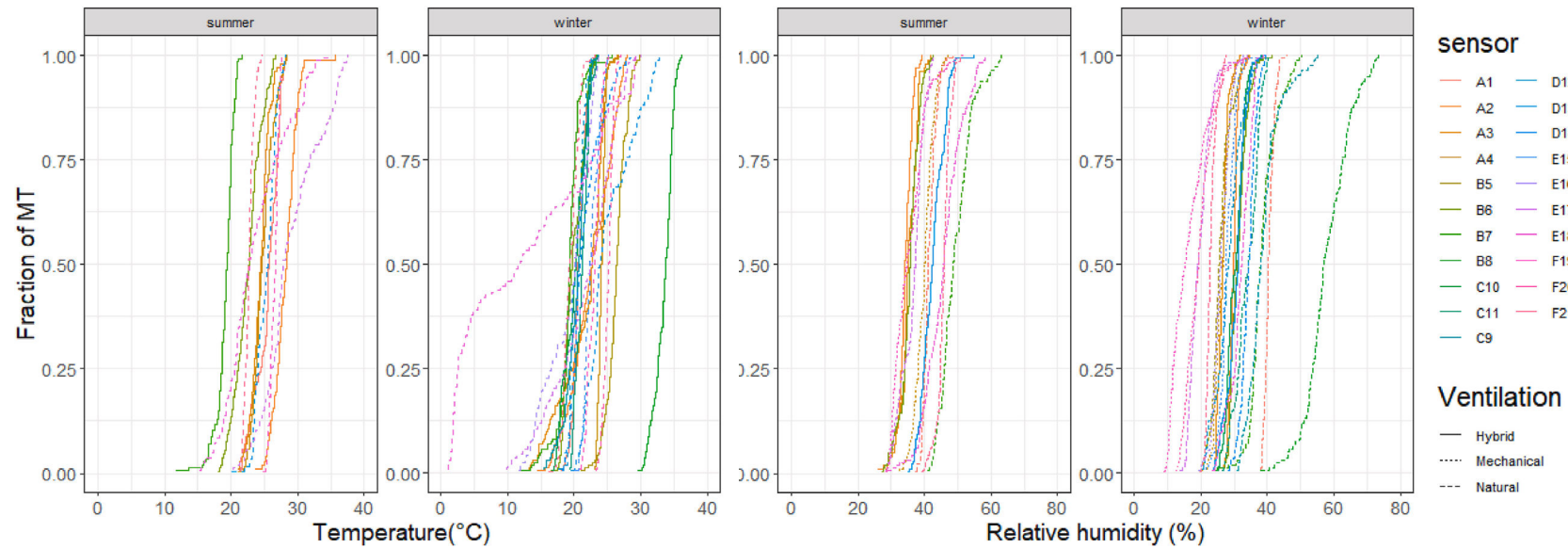


SINTEF

Sensor name	Parameter	Sensor type	Accuracy	Measurement range	Individual price 2018
Sensirion SPS30	Particles concentration	Optical	0 to 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \Rightarrow \pm 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 100 to 1,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \Rightarrow \pm 10\%$	Resolution 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	39 €
DART WZ-S CH ₂ O module	CH ₂ O	Electrochemical MOS	≤ 0.02 ppm CH ₂ O equivalent < $\pm 2\%$ repeatability	0.03–2 ppm	15 €
Sensirion SCD30	RH	Capacitive	$\pm 3\%$ RH at 25°C	0–100 %	47 €
Sensirion SCD30	CO ₂	NDIR	± 30 ppm $\pm 3\%$ (500–1,500 ppm)	400–10,000 ppm	
Sensirion SCD30	Temperature	10K NTC thermistor	$\pm (0.4^\circ\text{C} + 0.023 \times [T^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}])$	-40–+70°C	
SHTC1_RH	RH	Capacitive	$\pm 3\%$ RH at 25°C	0–100% RH	29 €
SHTC1_Temperature	Temperature	Band gap temperature	$\pm 0.3^\circ\text{C}$	-30–+100°C	
Sensirion SVM30	TVOC	Multi-pixel MOx	15% of MV ¹	0–60,000 ppb	



Målinger i 21 hjemmekontorer



Assessing the indoor air quality and their predictor variable in 21 home offices during the Covid-19 pandemic in Norway
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132322008101#fig3>



Characterization of airborne pollutants and parameter levels in four schools in Trondheim

Selv ved CO₂-konsentrasjoner < 1000 ppm:

- CH₂O overgikk WHO's anbefaling 30% av tiden
- RF under 20% i 56% av tiden
- CO₂ og temperaturbasert DCV resulterte i å overse topper av CH₂O og opprettholde RF-nivåer under 20%



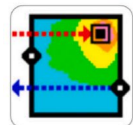
SINTEF

Energi og inneklima

- Co-simulering CONTAM–EnergyPlus studerer IAQ og energibruk ved bruk av DCV og omluft
- Styring av tilluft og omluft basert på sunn fornuft
- Studier gjort for Trondheim og Beijing

From ContamX to EnergyPlus:

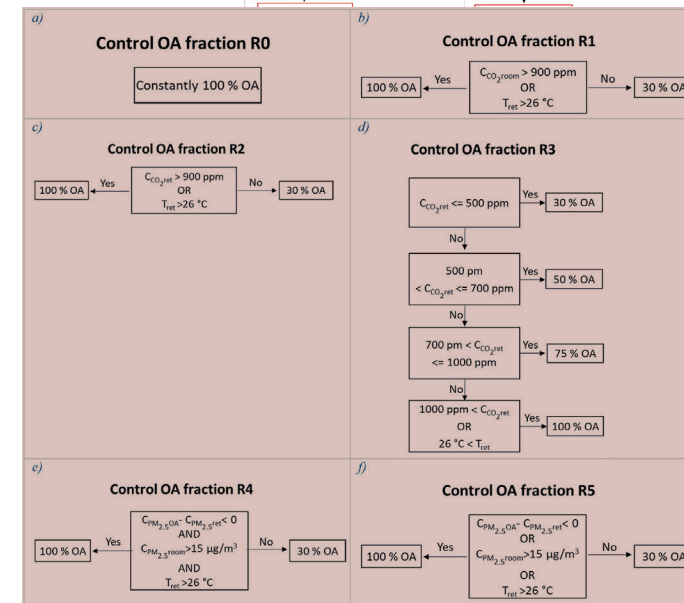
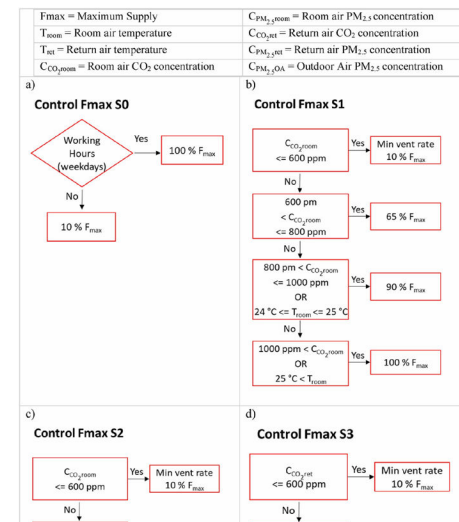
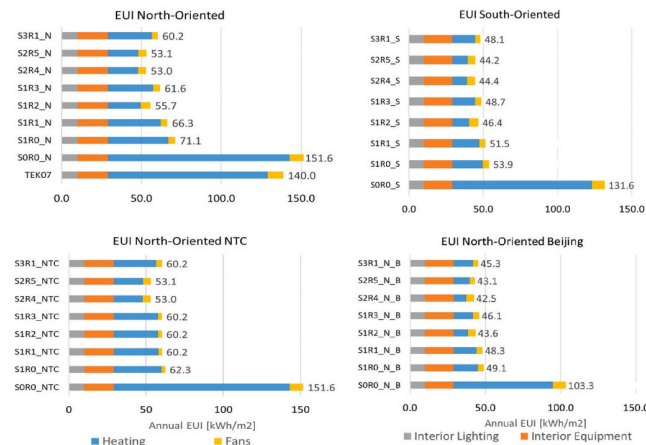
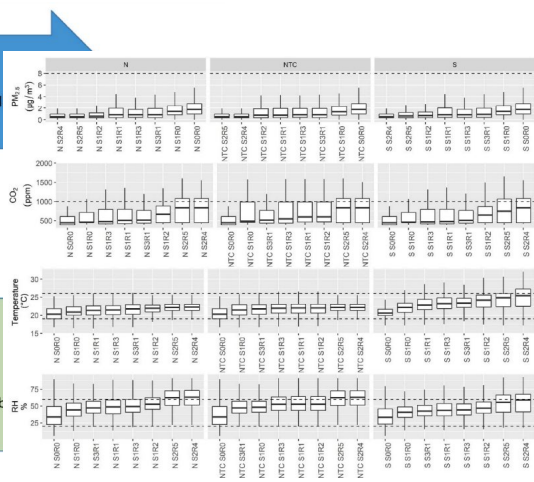
- Zone infiltration airflows,
- Inter-Zone airflows,
- Controls values, user-defined values exposed via the CONTAM control network, e.g a signal calling for ventilation airflow due to an elevated contaminant level.



CONTAM FMU DLL

EnergyPlus to CONTAMX

- Zone temperatures and humidity ratios
- Ventilation system zone supply and return airflows,
- Outdoor airflow fractions of outdoor airflow controllers,
- Exhaust fan airflows
- Need outdoor environment data including temperature, pressure, wind speed and direction,
- User-selected EnergyPlus output variables



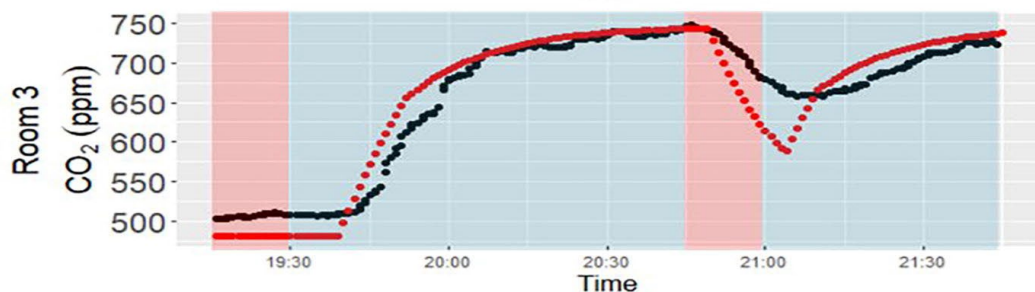
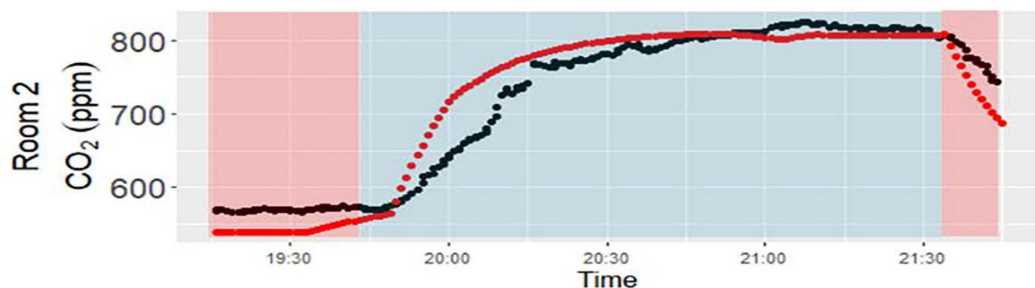
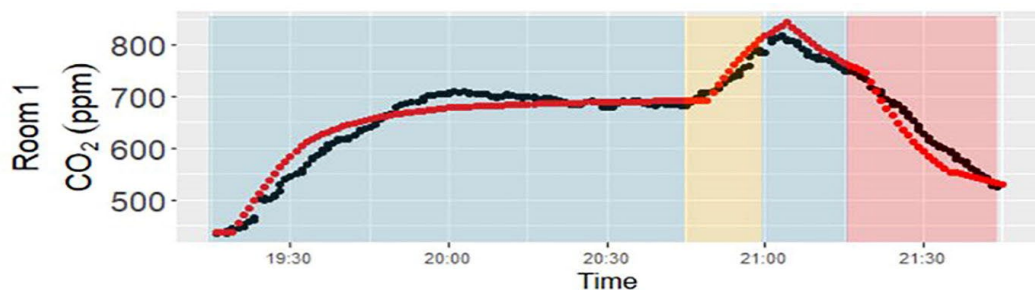
Using Co-simulation between EnergyPlus and CONTAM to evaluate recirculation-based, demand-controlled ventilation strategies in an office building - ScienceDirect



SINTEF

Skal dette koste mye energi???

Ikke nødvendigvis!



0 Pers 1Pers 2Pers

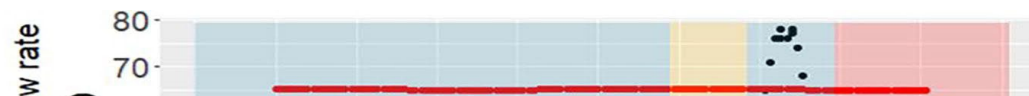


Table 10. KPIs for the different IAQ parameters when considering the weather and OA quality in Trondheim during working hours (WHs).

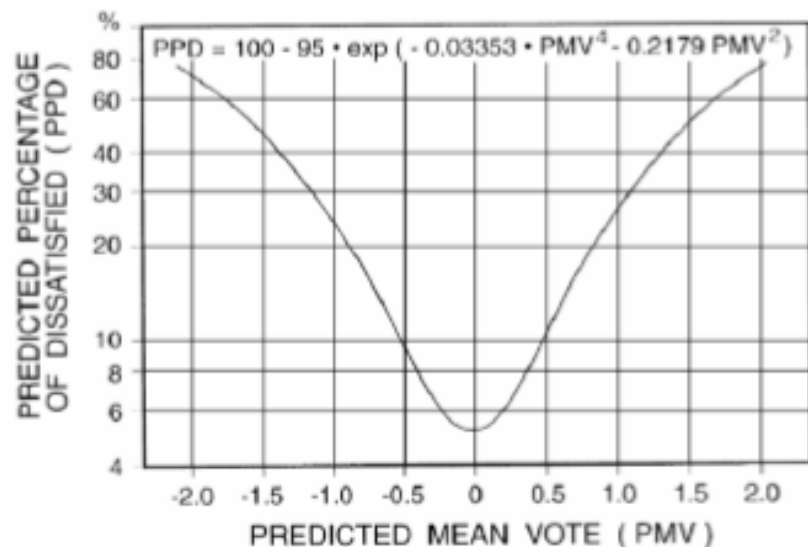
KPI WH	C-1	PM _{2.5_OR}	PM _{2.5_AND}	PM _{2.5_CO₂_OR}	PM _{2.5_CO₂_AND}
IAQ_KPI(%)	45.2	26	26	54.9	53.6
CO ₂ _KPI (%)	72.5	55.2	55.2	84.2	81.6
Temp_KPI (%)	97.5	84.7	84.7	97.6	99.2
Formaldehyde_KPI (%)	99.3	100	100	100	100
RH_KPI (%)	57.0	56.2	56.2	62.6	59.9
PM _{2.5} _KPI (%)	99.3	99.7	99.7	99.7	99.7
T>24°C (%)	0.0	2.4	2.4	0.9	0.6
T<22°C(%)	0.0	0	0	0	0
Energy (kWh/m ²)	53.0	54.71	54.71	46.6	48.1

[Holistic methodology to reduce energy use and improve indoor air quality for demand-controlled ventilation - ScienceDirect](#)



SINTEF

Fanger's komfort



ISO 7730:2005

ASHRAE 55:2020

1. Standarder bruker PMV/PPD-modell for mekaniske O/K bygninger og adaptiv modell for andre bygninger.

2. Forholdet PMV / PPD minimumsgrense på 5%.

3. Forholdet er symmetrisk for både kjølige og varme.

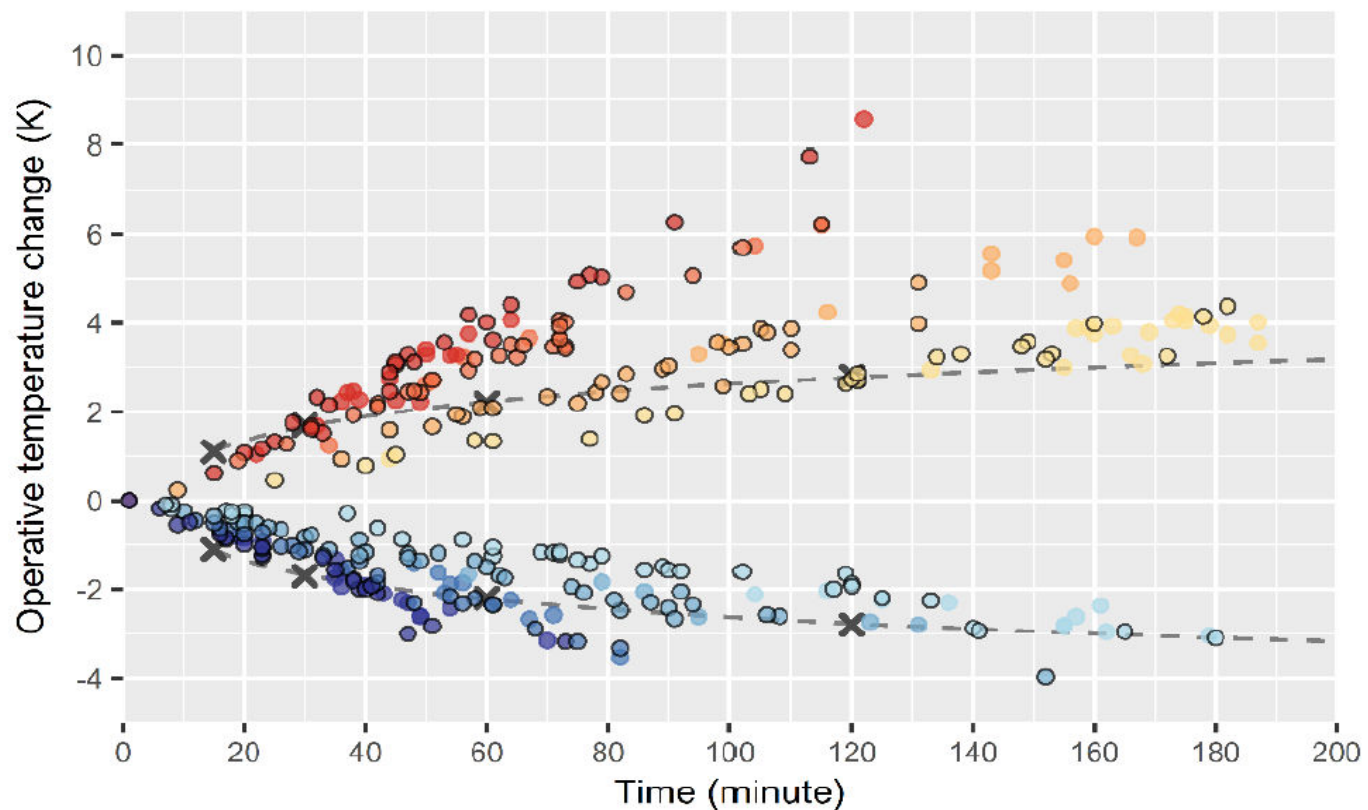
4. MEN:

- Modeller av gjennomsnittlige termiske opplevelser for grupper, **ikke** på **individuelle forskjeller**.
- **Innetemperaturpreferanser** varierer **avhengig** av **klimaet**. Dette motsier ofte standardene basert på PMV-modellen.
- Tilpasning påvirker termisk komfort i gjentatte miljøstimuli
 - Atferdsmessig, fysiologisk og psykologisk



SINTEF

Termisk komfort for mennesker under dynamisk forhold



- +4.4 K/h
- +2.2 K/h
- -1.4 K/h
- -3.4 K/h
- +3.4 K/h
- +1.4 K/h
- -2.2 K/h
- -4.4 K/h

- Thermal discomfort event
- ✕ ASHRAE comfort limit for drifts and ramps
- Fitted line between ASHRAE comfort limit for drifts and ramps

Favero, M. 2022: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/3028859>



SINTEF

Aktive tilluftsventiler gir nye muligheter

- Oppvarming via tilluft, isotermt eller 1-2 grader overtemperatur
- Forenkling av system
- Godt isolerte bygg, lite varmebehov
- Godt dokumentert inneklima og fornøyde brukere
- <http://www.sintef.no/Projectweb/For-Klima/>



Multiconsult

COWI

Norconsult

TROX[®] TECHNIK
Auranor

STATSBYGG



HØGSKOLEN I OSLO
OG AKERSHUS

SINTEF

LINK ARKITEKTUR

Kari Thunshelle

SINTEF
FAG

38

Oppvarming via tilluft

VEILEDNING OG KRAV FOR NÆRINGSBYGG MED ENERGIAMBISJONER



SINTEF

Kari.Thunshelle@sintef.no

Svalvent – økt lufthastighet for individuell kjøling



SINTEF



Lab i mars
Prototype 1

SvalVent

Kari.Thunshelle@sintef.no



SINTEF

Norsk termisk komfort siste nytt: konklusjoner

- Komfortmodeller = variasjoner i menneskelige preferanser og atferd, => mer fleksible og energieffektive temperaturintervaller for bygningsdesign og drift.
- Raske temperaturendringer oppleves raskere.
- Muligheter for personalisert oppvarming/kjøling sparer mye energi ,forbedre brukers opplevelse av komfort og gir fleksibilitet.
- Mulig å redusere behovet for mekanisk kjøling og oppvarming, noe som kan spare energi og redusere utslipp av klimagasser.

Favero, M. 2022: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/3028859>

Lasse, N 2021 : [NTNU Open: Continuous data-streams for occupant feedback on indoor climate: Theoretical and experimental analysis of concepts, methods and systems for real-life implementation](#)

Oppvarming via Tilluf – SINTEF Fag 38 (ForKlima)

SvalVent – Sval og behagelig behovsstyrt ventilasjon. Fag 72



SINTEF

Konklusjoner

- Det er viktig å tenke at luftkvalitet må opprettholdes i nye og rehab bygninger.
- **L**uftkvalitet- **E**nergi bruk- **K**omfort må optimaliseres sammen.- LEK er gøy!
- Low-cost sensor åpner for mange muligheter- MÅ KALIBRERES
- Vi må letter etter fleksible løsninger



SINTEF

Takk for oppmerksomheten!

Maria.justo.Alonso@sintef.no

Teknologi for et bedre samfunn