

# Passivhus krever moderne energieffektiv ventilasjon

**Hvorfor?  
Ulike systemløsninger  
Romregulering – CO<sub>2</sub>  
Beskrivelse og kontroll**

Mads Mysen  
Trøndersk VVS-dag 29.04.2011

# reDuCeVentilation

## Noen formål:

- Utvikle og formidle konsepter med robust behovsstyring - skoler
- Produsere beregningsverktøy
- Utvikle kravspesifikasjon og innreguleringsprotokoll - tilpasset dynamiske systemer

<http://www.sintef.no/Projectweb/reduceventilation/>

# reDuCeVentilation

- Aktive partnere som delfinansierer:

VKE, Skanska, Oslo Undervisningsbygg KF, Optosense

- Andre partnere:

SINTEF Byggforsk, NTNU, HiO, DTU

# Fremtiden er behovsstyrt!

**Behovsstyring: Stram behovsstyring av oppvarming, ventilasjon, lys og utstyr er helt avgjørende for å få et reelt lavt energibehov.**

Lavenergiprogrammet: Kunnskapsbehov for å innføre passivhus som standard

- Installasjoners energibruk må behovsstyres
- Ventilasjon og belysning – størst potensial

Krav i nye bygg fra 2015

Krav ved rehabilitering fra 2020

# Luftmengder i passivhus

- Tilstrekkelig bidrag til godt inneklima
- Minimum i henhold til TEK
  - 26 m<sup>3</sup>/h\*person
  - 2,5 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> – forutsatt gode materialer

SINTEF Byggforsk

TOR HELGE DOKKA, MICHAEL KLINSKI, MATTHIAS HAASE OG MADS MYSEN

## Kriterier for passivhus- og lavenergibygger – Yrkesbygg

Prosjektrapport 42

2009



SINTEF

# Snitt - Luftmengder i passivhus

Byggkategori	Snitt luftmengde i driftstid	Snitt luftmengde utenf. driftstid
Barnehage	6 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	1 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>
Kontorbygg	6 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	1 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>
Skolebygg	8 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	1 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>
Universitet- og høgskolebygg	7 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	1 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>
Sykehus	10 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	3 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>
Sykehjem	7 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	1 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>
Hoteller	6 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	1 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>
Idrettsbygg	6 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	1 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>
Forretningsbygg	12 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	1 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>
Kulturbygg	7 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	
Lett industri, verksted	7 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	

# Hvorfor behovsstyrt ventilasjon!

## Lavere

- Driftskostnader
- (Areal til teknisk rom og plass til hovedføringer)

## Bedre/mer

- Inneklima - dokumentert
- Fleksibilitet

## Hva vi får:

- Anlegg som ikke virker uten at noen vet hvorfor
- Komplisert å utbedre, endre og drifte

# Energi og behovsstyring

## Inspeksjon av 157 5te klasser

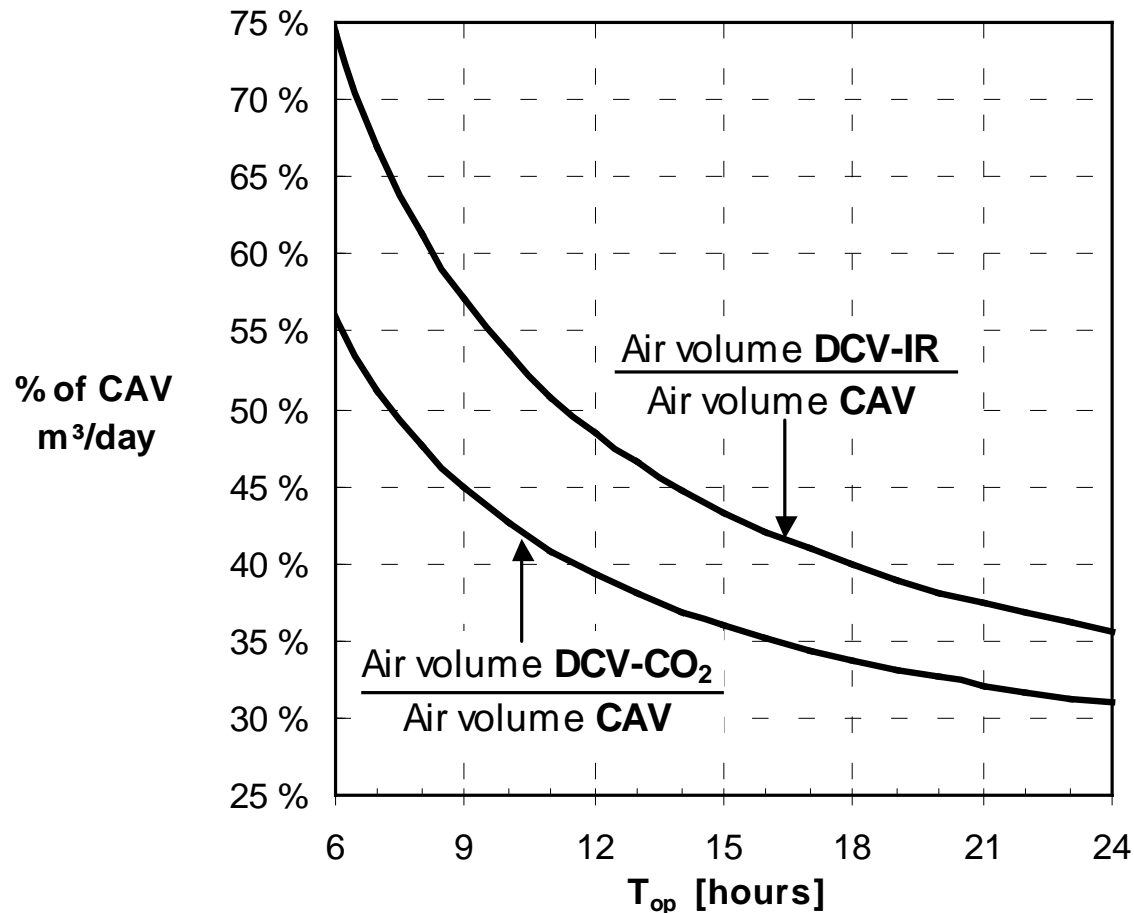
	Mean	Min.	Max.	Standard deviation
Pupils assigned to the class	22.3	13.0	28.0	3.5
Pupils present during inspection	20.9	13.0	28.0	3.6
Teachers present during inspection	1.3	1.0	3.0	0.5
<hr/>				
Floor area of classroom [m <sup>2</sup> ]	61.5	43.0	93.0	8.2
Volume of classroom [m <sup>3</sup> ]	190.0	150.0	285.0	31.0
<hr/>				
$t_{use}$ - Use of classroom during inspection day [h]	4.0	3.0	5.0	0.4



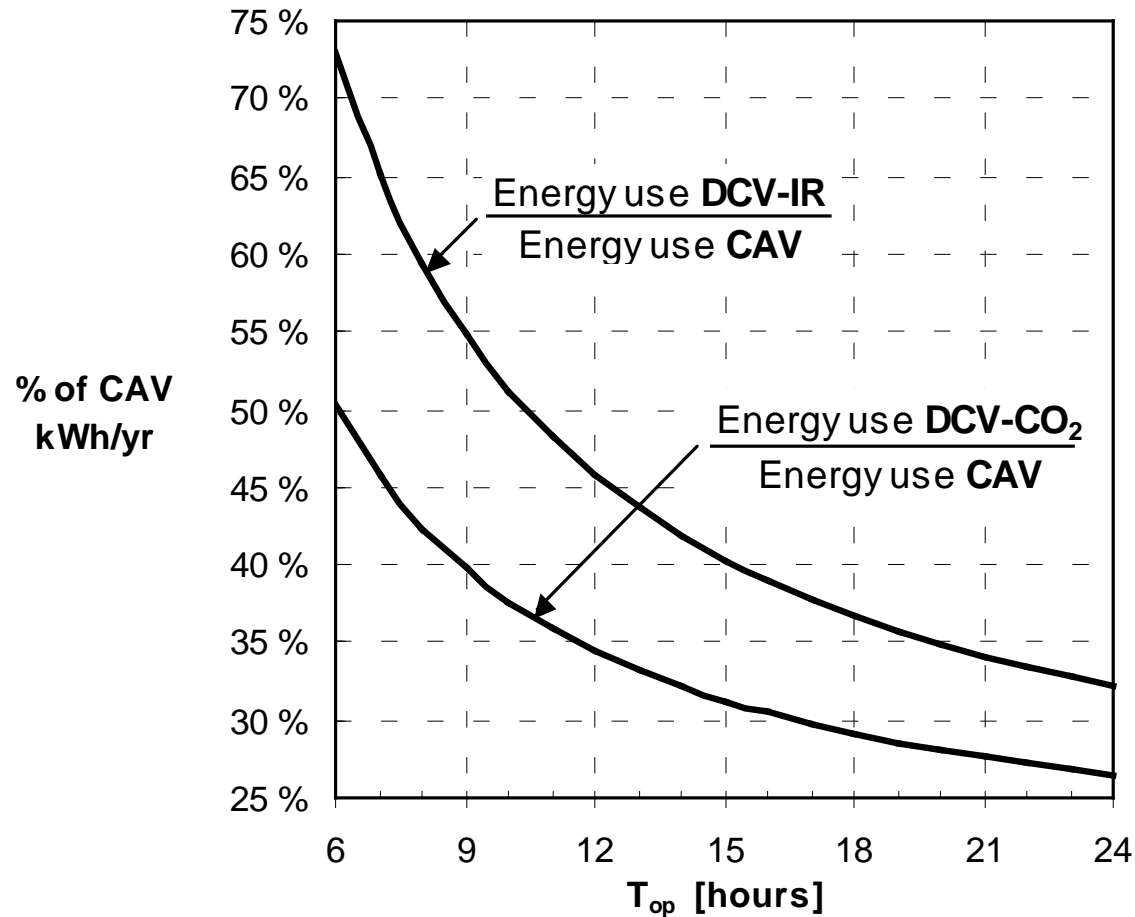
# Analyse av ventilasjonsstrategier

- CAV: 30 occupants - 7  $\ell/s$ ·person and an additional 1  $\ell/s\cdot m^2$
- DCV-CO<sub>2</sub>: Actual number of occupants. The ventilation rate is then increased and regulated to keep the CO<sub>2</sub> concentration at a steady state level of 900 ppmv. Minimum airflow of 1  $\ell/s\cdot m^2$  when the CO<sub>2</sub>-level is less than 700 ppm.
- DCV-IR: (30 occupants - 7  $\ell/s$ ·person) plus an additional 1  $\ell/s\cdot m^2$ . Minimum airflow - when the classroom is unoccupied. Design airflow when the classroom is in use.
- Fan energy and heating energy

# Driftstider og luftmengder i % av CAV



# Driftstider og energibruk i % av CAV



# SFP og energibruk

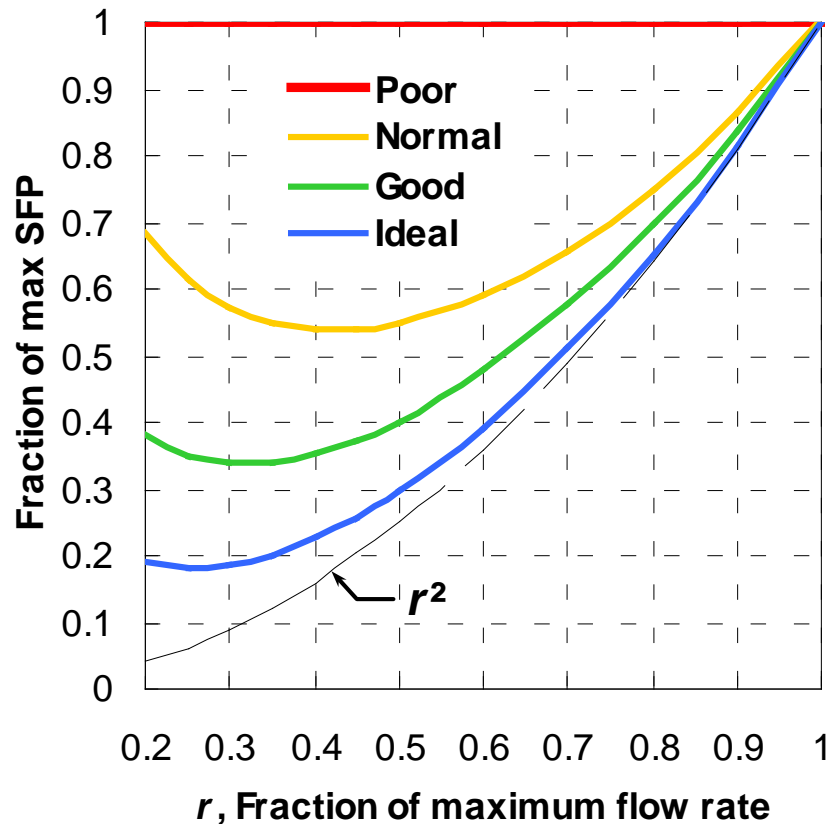
$$P = \frac{\Delta p \cdot \dot{V}}{\eta} \quad \Delta p_{12} = k \cdot \dot{V}^2$$

$$SFP = \frac{\Sigma P}{\dot{V}} = \frac{k \cdot \dot{V}^3}{\dot{V}} = k \cdot \dot{V}^2$$

$\eta_{tot}$  Blir mindre ved lave luftmengder!

# SFP og VAV

$$\overline{SFP}_e = \frac{\sum_{i=1}^N (\Sigma P_i \Delta t_i)}{\sum_{i=1}^N (q_{v,i} \Delta t_i)} = \frac{\sum_{i=1}^N (SFP_{e,i} q_{v,i} \Delta t_i)}{\sum_{i=1}^N (q_{v,i} \Delta t_i)}$$



# SFP og energibruk til vifter?

$$\textit{Luftmengde} \frac{\text{m}^3/\text{h}}{\text{m}^2} \times \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \times \textit{SFP} \frac{\text{kW}}{\text{m}^3/\text{s}} \times \textit{Driftstid} \frac{\text{h}}{\text{yr}} = \textit{Energibruk} \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{yr}}$$

# SFP og energibruk ved r=0,6?

CAV

$$10 \frac{\text{m}^3/\text{h}}{\text{m}^2} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \times 2 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3/\text{s}} \times 3000 \frac{\text{h}}{\text{yr}} = 17 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ yr}}$$

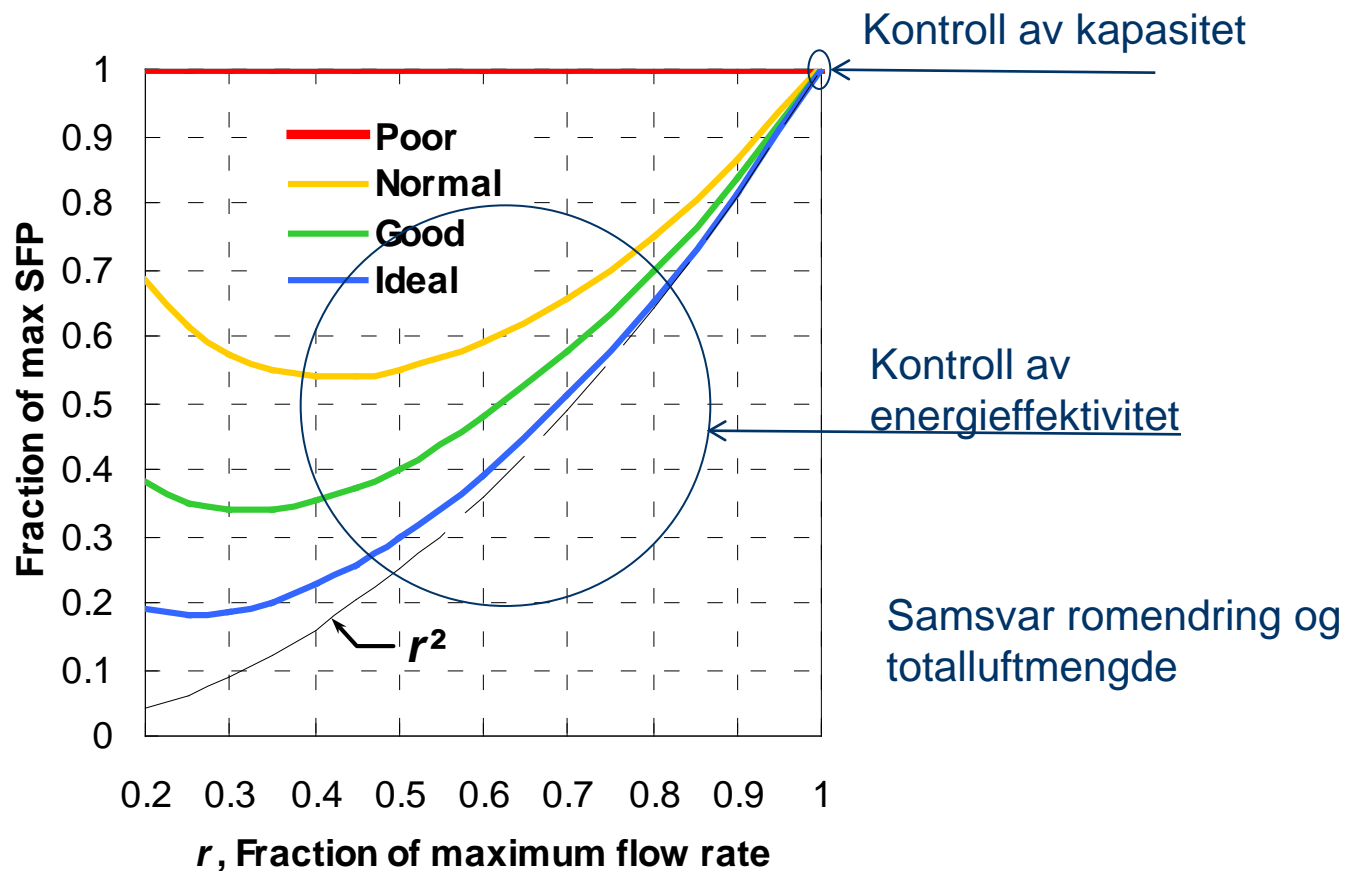
Dårlig styring – konstant trykk – unøyaktig sensor

$$8 \frac{\text{m}^3/\text{h}}{\text{m}^2} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \times 1,5 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3/\text{s}} \times 3000 \frac{\text{h}}{\text{yr}} = 10 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ yr}}$$

Ideell styring

$$6 \frac{\text{m}^3/\text{h}}{\text{m}^2} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \times 0,8 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3/\text{s}} \times 3000 \frac{\text{h}}{\text{yr}} = 4 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ yr}}$$

# SFP og VAV





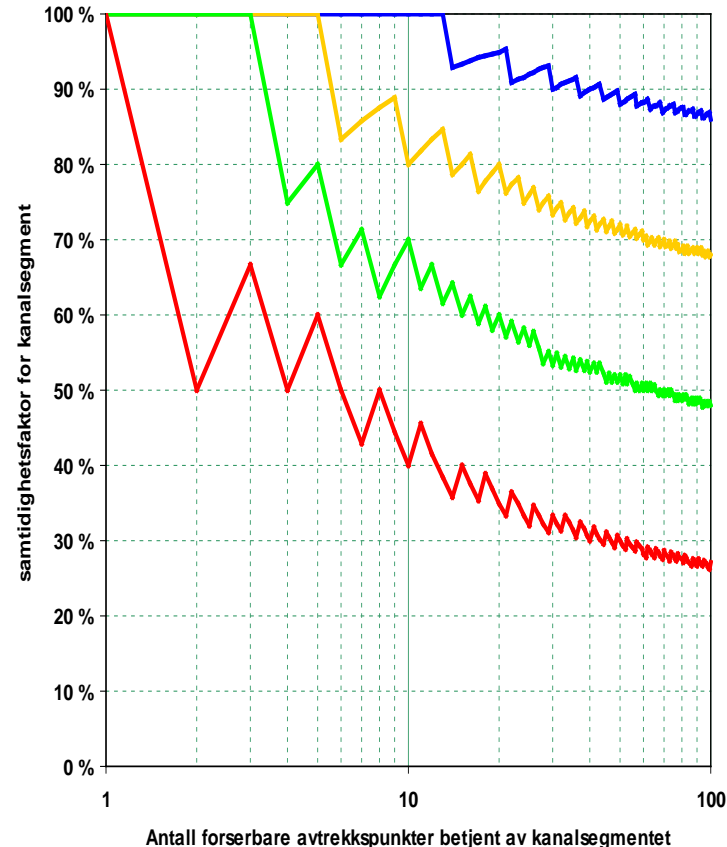
# To typer Samtidighet – dimensjonering og beregning

## Maksimal samtidighet

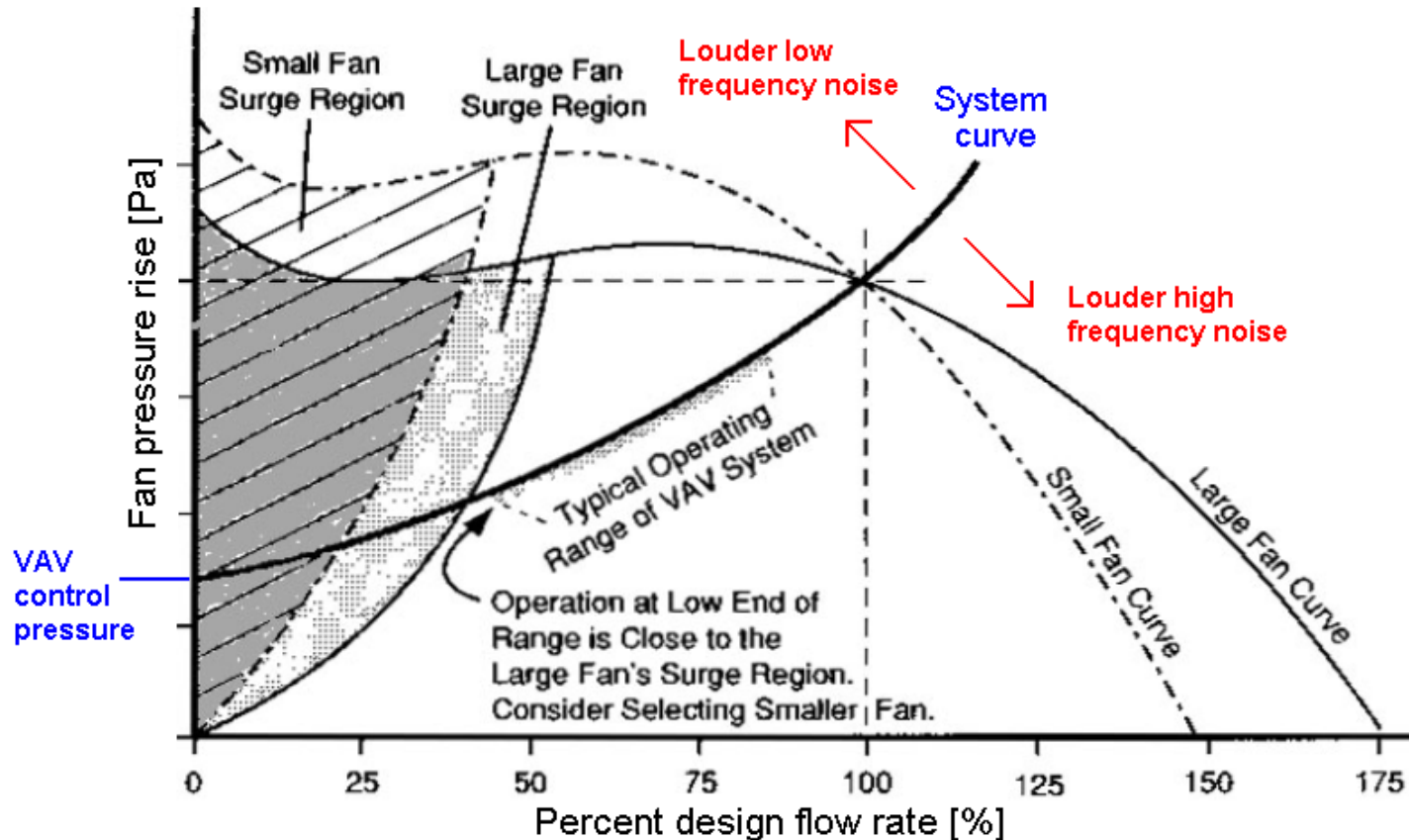
- Dimensjonering
  - Type bruker & antall
  - 60 – 100%

## Brukssamtidighet

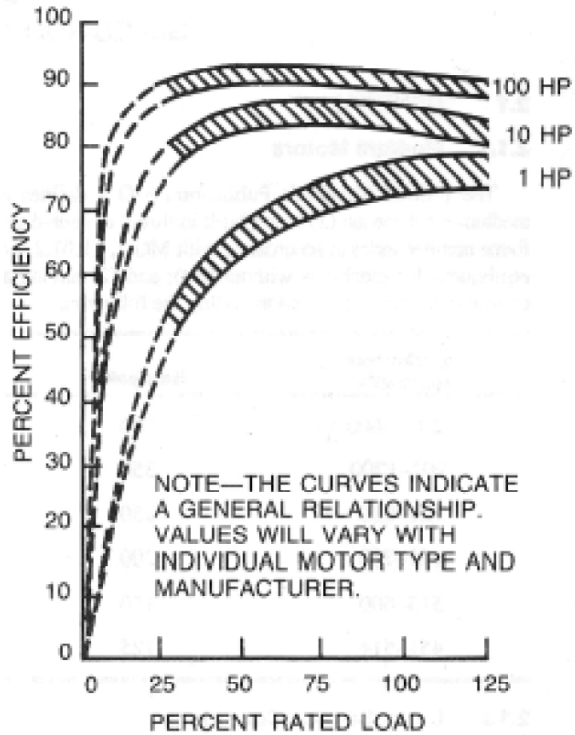
- For energiberegninger
  - Kontorbruk: 30% - 50% (driftstid)
  - Luftmengde: 40 – 60% (CAV)



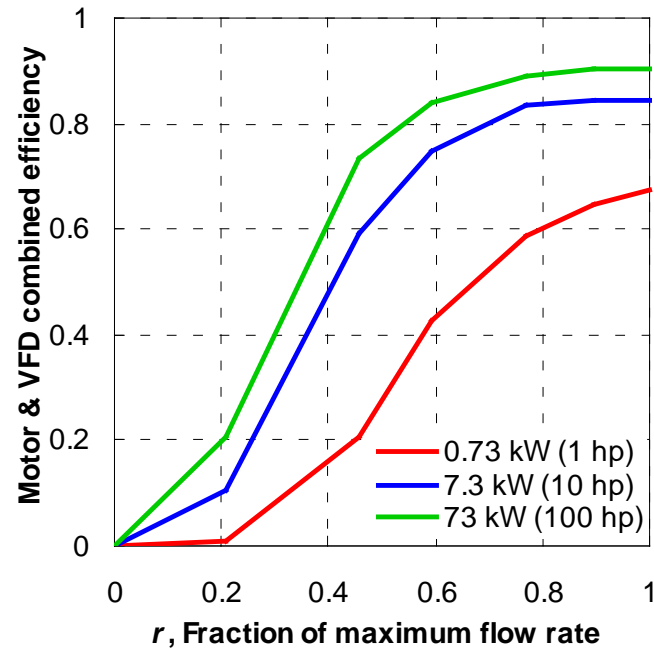
# Velg vifte i forhold til normal driftstilstand



# Velg viftemotor i forhold til normal driftstilstand



3-fase motorer



AC motor med  
direktedrift

# Passivhus krever moderne energieffektiv ventilasjon

Hvorfor?

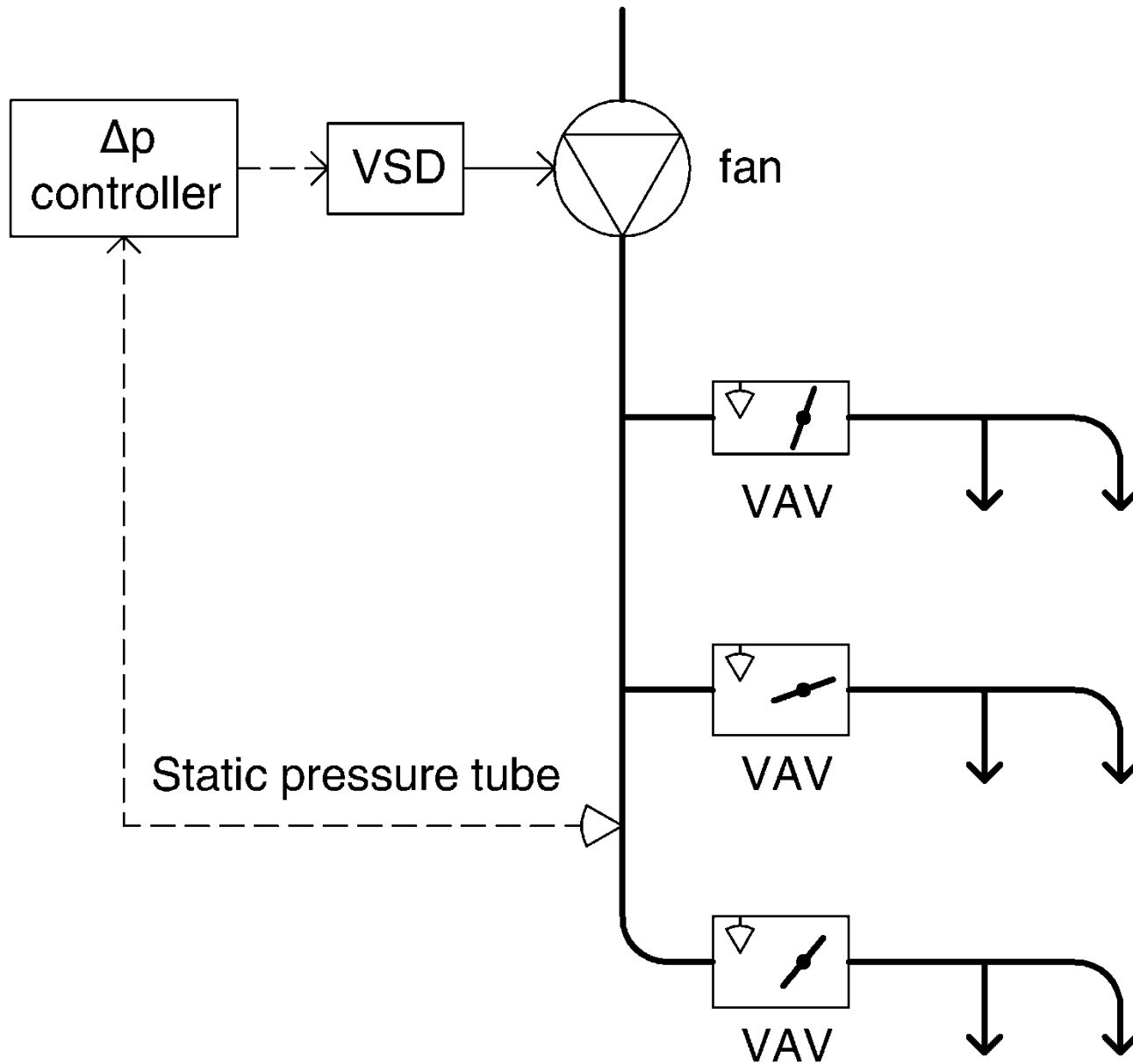
**Ulike systemløsninger**

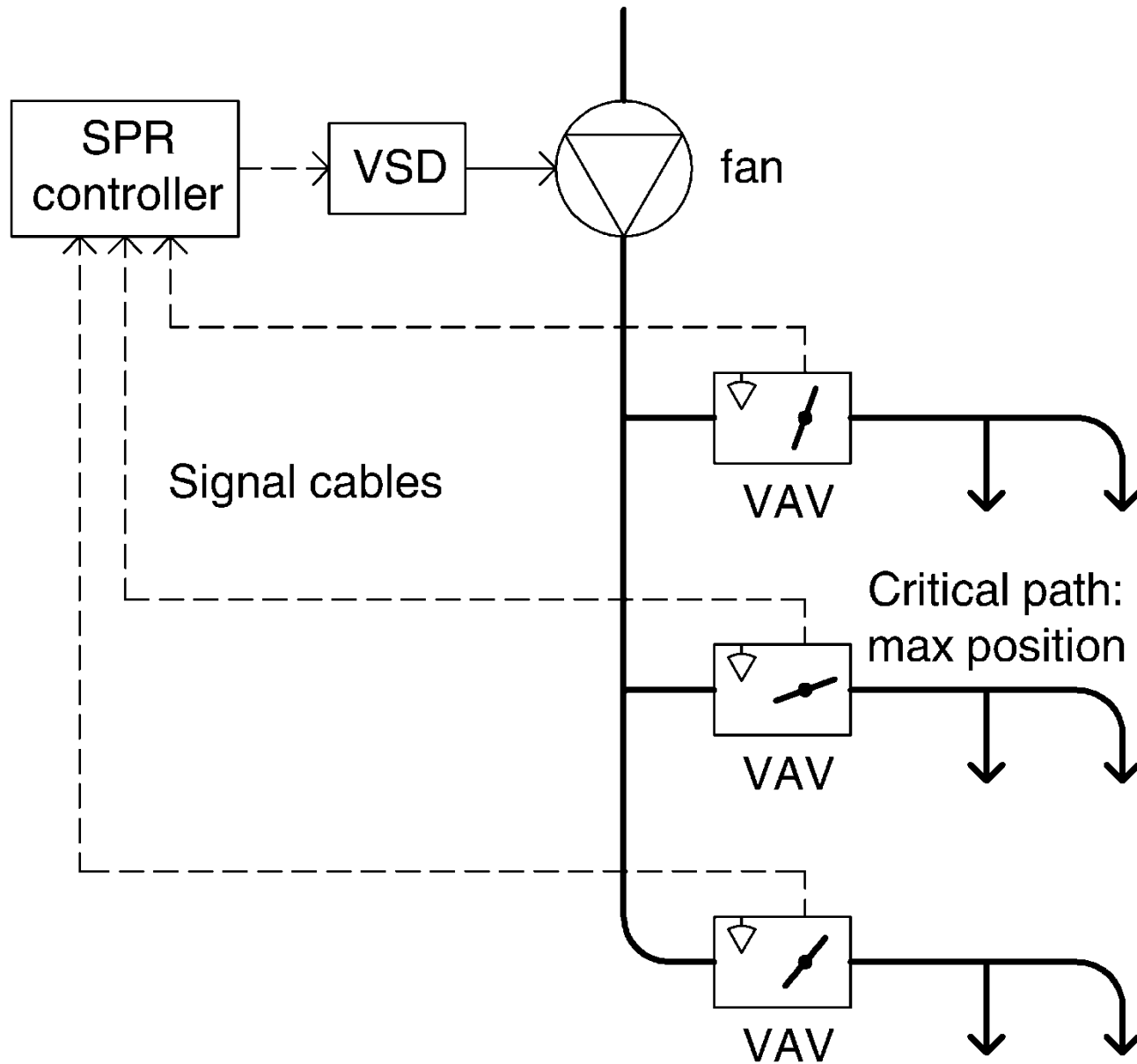
**Romregulering – CO<sub>2</sub>**

**Beskrivelse og kontroll**

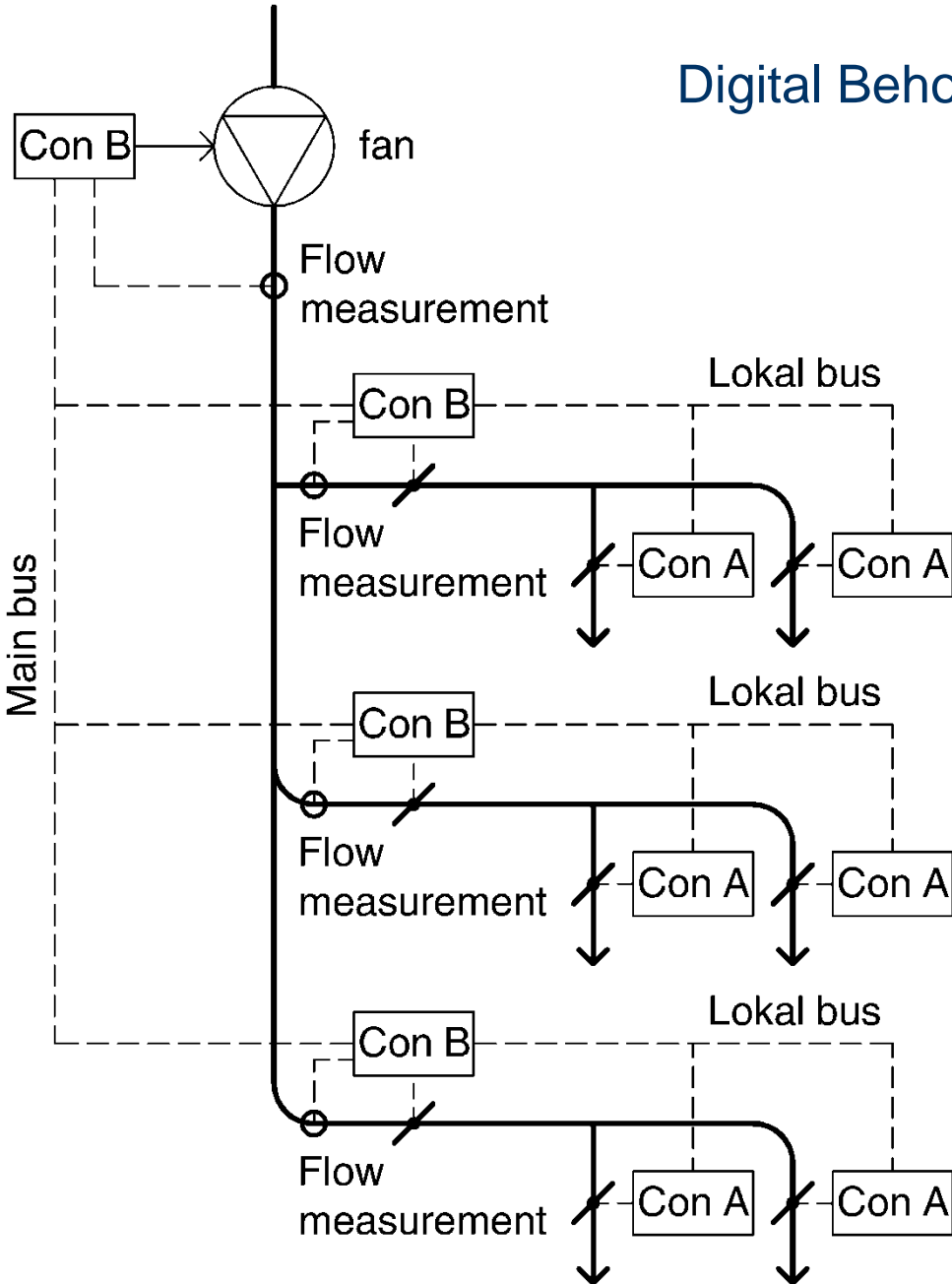
Mads Mysen

Trøndersk VVS-dag 29.04.2011

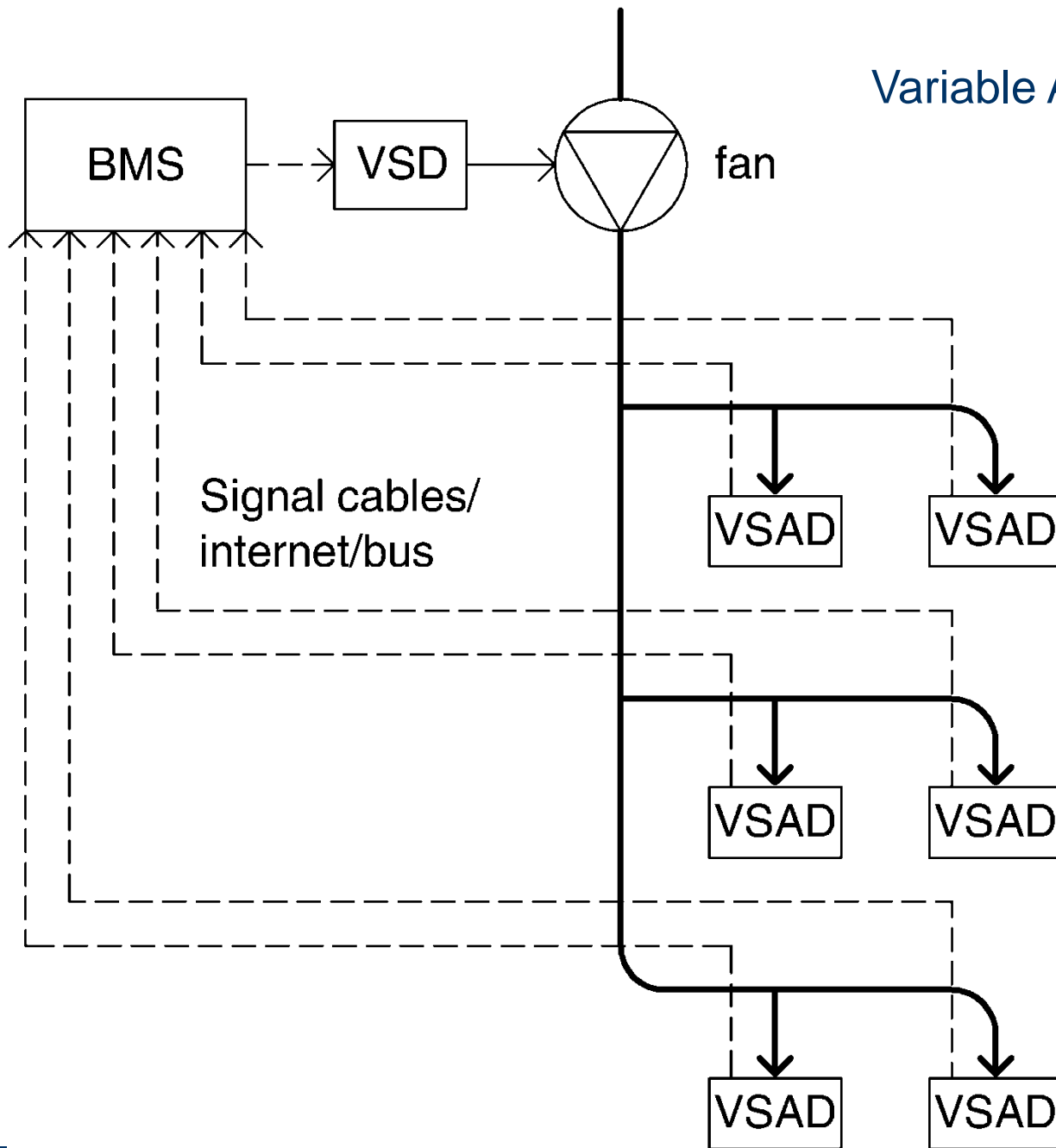




# Digital Behovsstyrt Ventilasjon



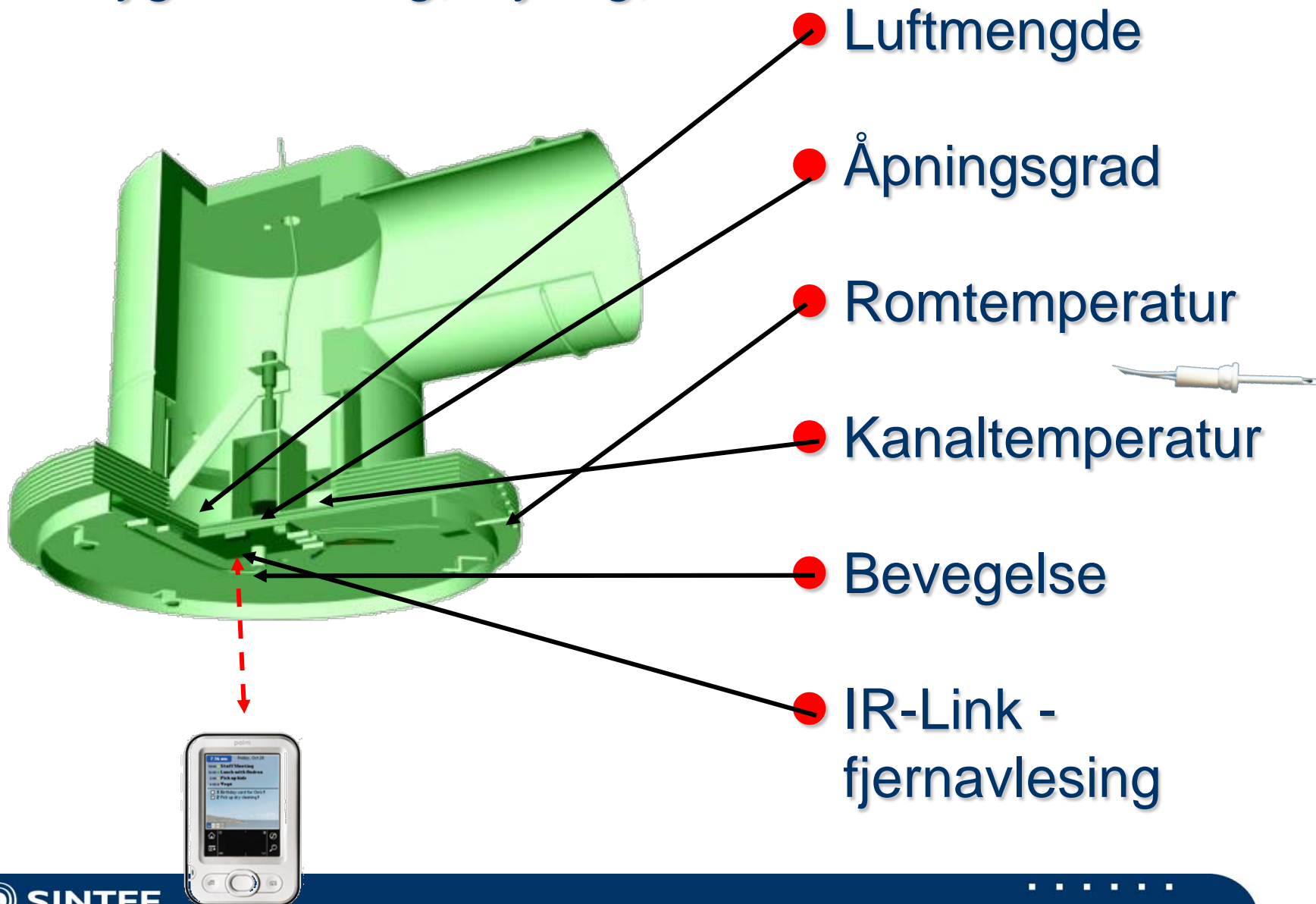
# Variable Air Supply Diffusor



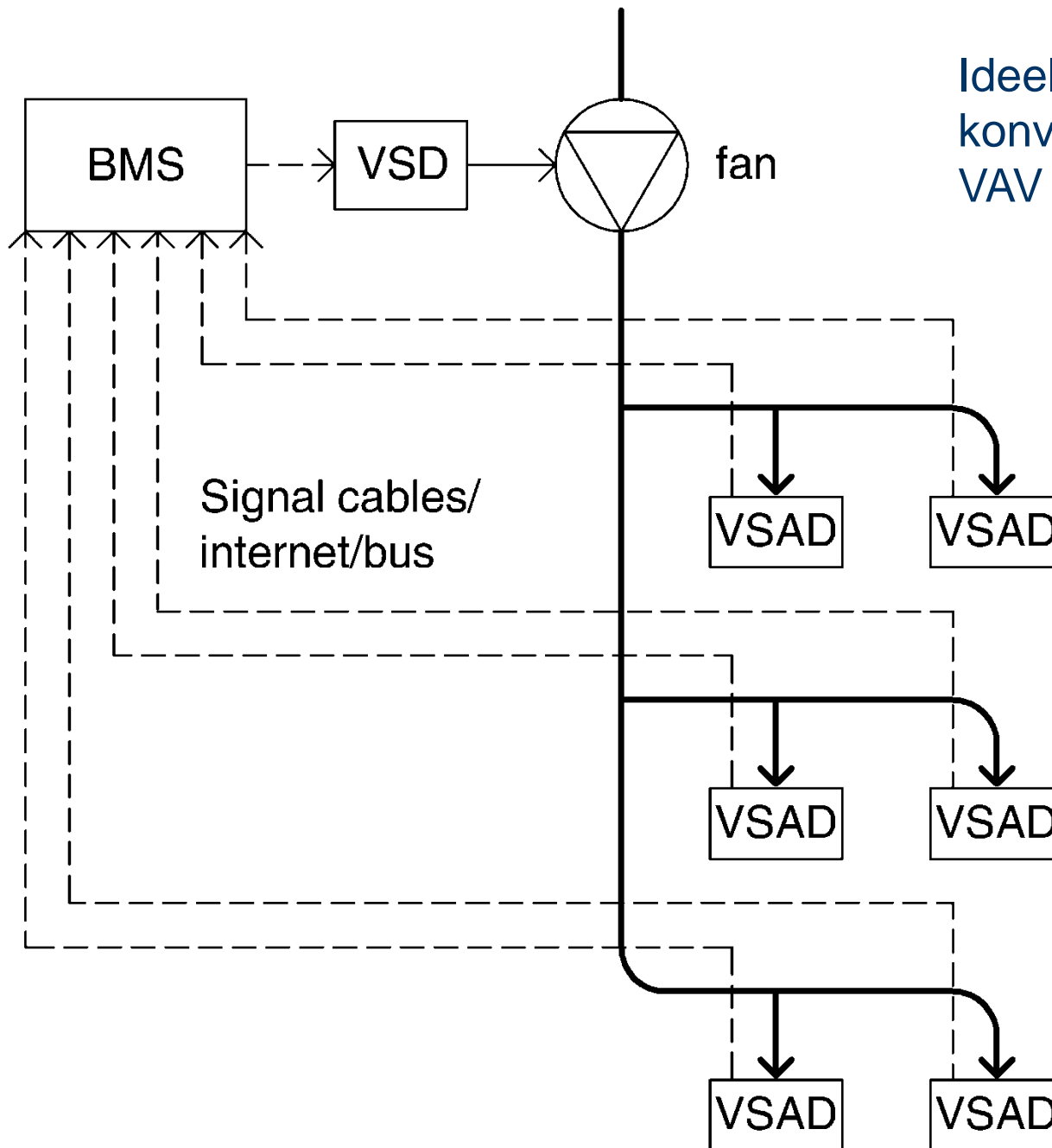


# VASD - Variable Air Supply Diffusor

Innebygd – måling, styring, sensorer



Ideell løsning for  
konvertering fra CAV-  
VAV



# Passivhus krever moderne energieffektiv ventilasjon

Hvorfor?

Ulike systemløsninger

**Romregulering – CO<sub>2</sub>**

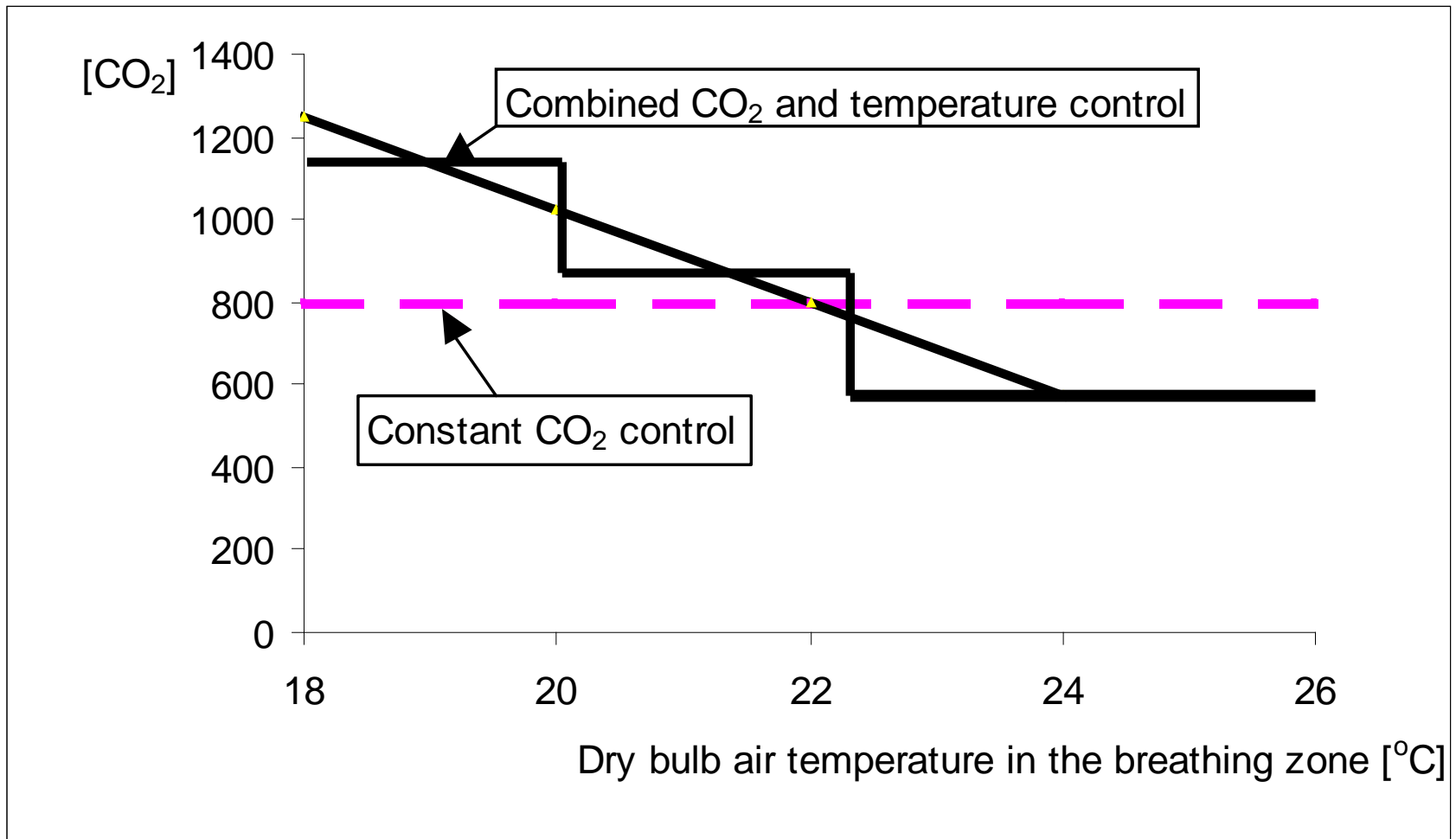
Beskrivelse og kontroll

Mads Mysen

Trøndersk VVS-dag 29.04.2011

# Romregulering- Sensorer

- Temperatur
- Tilstedeværelse
- CO<sub>2</sub>
- VOC – dokumentasjon?



# CO<sub>2</sub>- Sensorer

Komfortventilasjon - (NDIR) ikke dispersive infrarøde sensorer

Beer-Lamberts lov: IR-lys med bølgelengde 4,26  $\mu\text{m}$  dempes proporsjonal med tettheten av CO<sub>2</sub>-molekyler i luften



*Kilde: Wuhan Cubic Optoelectronics Co.,Ltd?*

# Styring med sensorer

Konsentrasjonen i uteluft varierer mellom 330 og 420 ppm  
(lokalisering, årstid, lufttrykk og temperatur).

CO<sub>2</sub>-nivået - høyest vinterstid

Behovsstyrer etter en kontinuerlig målt differanse mellom  
CO<sub>2</sub>-nivå ute og inne (500 ppm)

Uteføleren bør stå i tilnærmet samme termiske miljø som  
inneføleren

Bruker man sensorer som selvkalibrerer må inne- og ute-sensorer være av  
samme type og ha samme selvkalibreringsprosedyre.

# Sensorer

- Sensitive - teknologi og materialvalg
- Målenøyaktigheten påvirkes over tid- kalibrering
- Effekten av aldring av lyskilde og elektronikk avh måleprinsipp, materialvalg og omgivelser
- Forskjellige kalibreringskrav
  
- Fleste sensorleverandører angir en levetid på 15 år



# Sensortechnologi

- **Single-lamp single wavelength**
- **Dual-lamp single wavelength**
- **Single-lamp dual wavelength**
- **Single-lamp triple wavelength**

# Hvordan sikre sensorkvaliteten?



*Kilde: Wuhan Cubic Optoelectronics Co.,Ltd?*

- 40 % av 208 sensorer hadde for stort avvik
- 15 sensortyper– ingen var iht egen spesifikasjon
- CO<sub>2</sub>-styring fungerer, men kan blir bedre!
- Data ikke sammenlignbar

# Hvordan sikre sensorkvaliteten?

- **Sammelnåbare data – standard**
- **3dje parts dokumentasjon**
- **Krav til måleusikkerhet**
- **Bruke måleusikkerheten ved luftmengdestyring**
- **”Nattkontrollere” med SD-anlegget**

# CO2-sensorer - Nattkontroll

Ved overlevering eller mistanke om for stort avvik:

- Kjør ventilasjonsanlegg natt til stabil verdi = uteluftnivå
- For stor måleusikkerhet
  - enten utbedre sensorer
  - eller øke luftmengden
- Økt energikostnad og danner grunnlag for evt erstatningskrav mot sensorleverandør.
- Må stilles krav til måleusikkerhet ved uteluftnivå

# Passivhus I Norge krever moderne energieffektiv ventilasjon

**Hvorfor?**

**Ulike systemløsninger**

**Romregulering – CO<sub>2</sub>**

**Beskrivelse og kontroll**

Mads Mysen

Trødersk VVS-dag 29.04.2011

# Rask endring - oppdatert kompetanse

Alle ledd: Bestiller – rådgiver - entreprenør – leverandør –  
"kontrollør" – drift – myndigheter – forskere

Spesielt for skoler – driftskompetanse

Tips:

Velg en rådgiver som gjennom referanseanlegg  
dokumenterer god kompetanse på behovsstyring

# Beskrivelse-Kontroll-Drift

Viktig for bedre funksjon

Egen arbeidsgruppe – 12 deltagere

Fokus: Finne etterprøvbare og tydelige krav som bidrar til god funksjon – koble mot øk. kompensasjon

- Beskrivelser av behovsstyrte ventilasjonsanlegg
- Kontrollrutiner og kontrollpunkter ved overlevering av behovsstyrte ventilasjonsanlegg
- Driftsrutiner for å opprettholde funksjonen til behovsstyrte ventilasjonsanlegg

# Krav – dynamiske systemer

Viktige funksjoner logges/kan kontrolleres (vifteeffekt, spjeldstillinger)

Tilfredsstill maksimal samtidighet og fungere optimalt i "normalområde".

Ikke unødvendig struping langs "kritisk vei"



# Ansvar

Ved innkjøp:

Klar ansvars plassering

- Systemleveranse
- Funksjonsleveranse
- Performance Contracting

Ved drift av skoler:

Drifts- og vedlikeholdssansvar som ikke er underlagt skolens administrasjon (fokus på pedagogiske mål)

# Momenter beskrivelse

- Krav SFP i to driftssituasjoner/SFP-bane
- Definere SFP
- Minst et VAV-enhet/sonespjeld- er maks (80-90%) åpen til enhver tid
- Kommunikasjon/felles grensesnitt SD-anlegget
- Logge viktige driftsparametre (vifteeffekt, luftmengder spjeldstillinger, behov)
- Krav til VAV-enheter – målenøyaktighet – avh av sensor
- Samordnet funksjonstesting – egen post
- Krav til spjeldstillingsområde

# Momenter beskrivelse

- Regulerbare enheter utstyres med kontakt for anslutning for SD-anlegg og ”mobilt” avlesningsutstyr
- CO<sub>2</sub>-sensorer –
  - måleusikkerhet
  - levetid
  - kalibreringsprosedyre
  - ute-inneføler
  - styring – (krav – måleusikkerhet)
  - plassering

# Funksjonstesting av

Formål: sikre at anlegget fungerer – variabel belastning

- Eliminere produkt/signal/kablingsfeil
- Er totalluftmengden tilfredsstillende?
- Får alle rom riktig maksimal og minimal luftmengde ved normale driftstilstander
- Arbeider VAV-spjeld i gunstige spjeldposisjoner
- SFP – iht krav

Sett av tid!

Ha en på forhånd avtalt økonomisk konsekvens for entreprenør ved eventuelle avvik fra krav, for eksempel relatert til økt energikostnad gjennom driftstiden

# Momenter i overleveringsprotokoll

Kontroll av SFP-verdi ved definerte driftstilstander

- Anlegget tvangskjøres balansert til maks luftmengde
  - For anlegg med %dimensjon av maks må luftfordeling defineres
  - Hovedluftmengder måles (leses av)
  - Vifteeffekter leses av eller måles - SFP beregnes
- Anlegget tvangskjøres balansert til redusert luftmengde
  - Hovedluftmengder måles
  - Vifteeffekter leses av eller måles - SFP beregnes

# Momenter i overleveringsprotokoll

## Kontroll av spjeldstillinger og rom/sone-luftmengder

- Anlegget tvangskjøres til nesten maks luftmengde
  - Min og maks luftmengde og spjeldstilling måles og noteres i hvert rom/sone
- Anlegget tvangskjøres til redusert/min luftmengde
  - Min og maks luftmengde og spjeldstilling måles og noteres i hver sone
- Kontroll endring viftepådrag ved endring av behov i rom/sone

# Momenter for å sikre god drift

- Utnytte SD-anlegget, evt fjernavlesning
  - Nattkontroll av CO2-sensorer – alarm
  - Dokumentere inneklima i alle rom (CO2 og temperatur)
- Feilsøke med SD-anlegget – alarmer og tiltaksliste ved alarm/feil
- Rutine for kontroll av ”regulerende enheter” med tilgjengelig ”mobilt” avlesningsutstyr
- Enkelt å kontrollere og skifte alle bevegelige og regulerende komponenter (noen på lager)

# Oppsummert - bedre behovsstyring

Plassere ansvar +  
etterprøvbare krav

SFP

■ Tydelig definisjon

■ To kontrollnivåer

CO2

■ Delta CO2 – 500 ppm

■ Sensorkvalitet

■ - måleusikkerhet

■ SD-kontroll

