

reDuCeVentilation

Noen formål:

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

Behovsstyrt inneklima

Hvorfor?

Ulike systemløsninger

Romregulering – CO₂

Beskrivelse-kontroll-SD anlegg

Mads Mysen

Solstrand 02.02.2011

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

På sikt krav til behovsstyrt energibruk i alle (også eksisterende) bygg

Hvorfor behovsstyrt ventilasjon!

Mindre

- Energi
- Kostnader
- 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

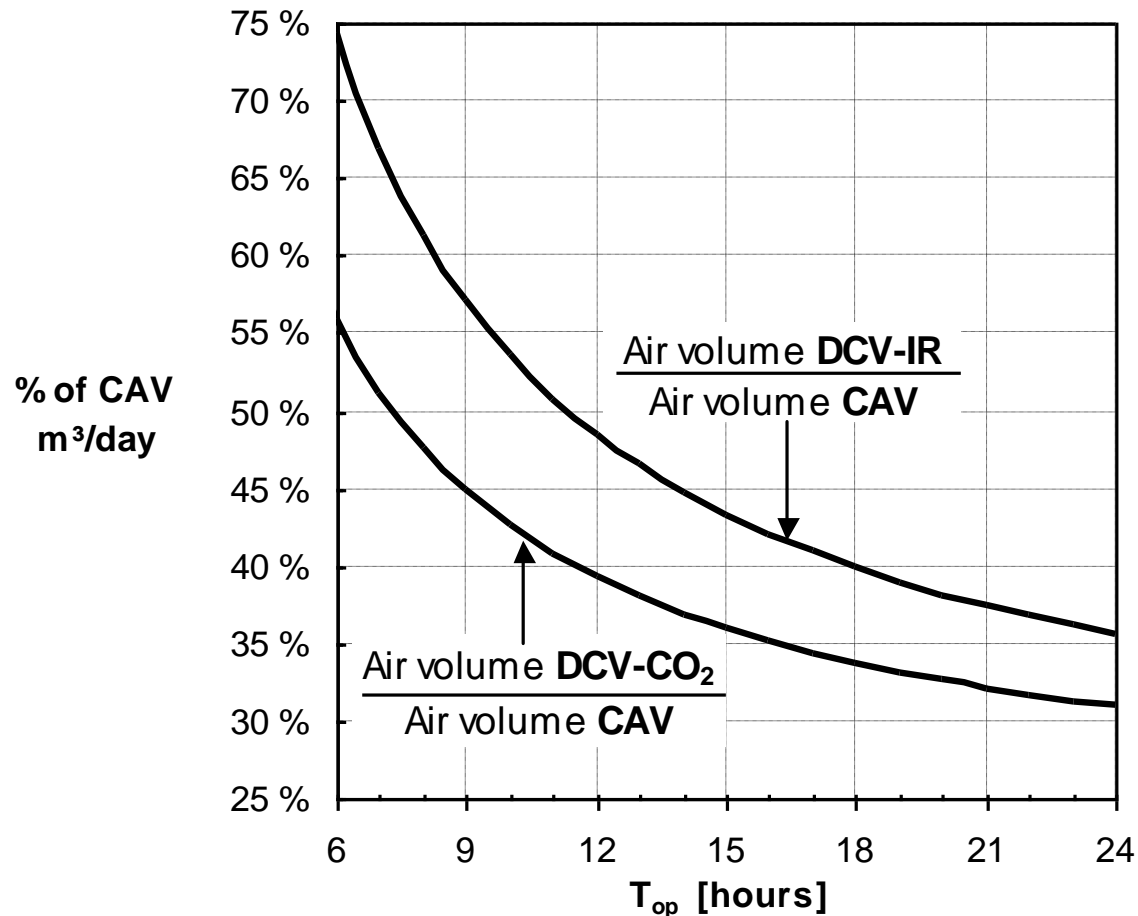
Inspeksjon av 157 5te klasser

| | 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 ²] | 61.5 | 43.0 | 93.0 | 8.2 |
| Volume of classroom [m ³] | 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 |

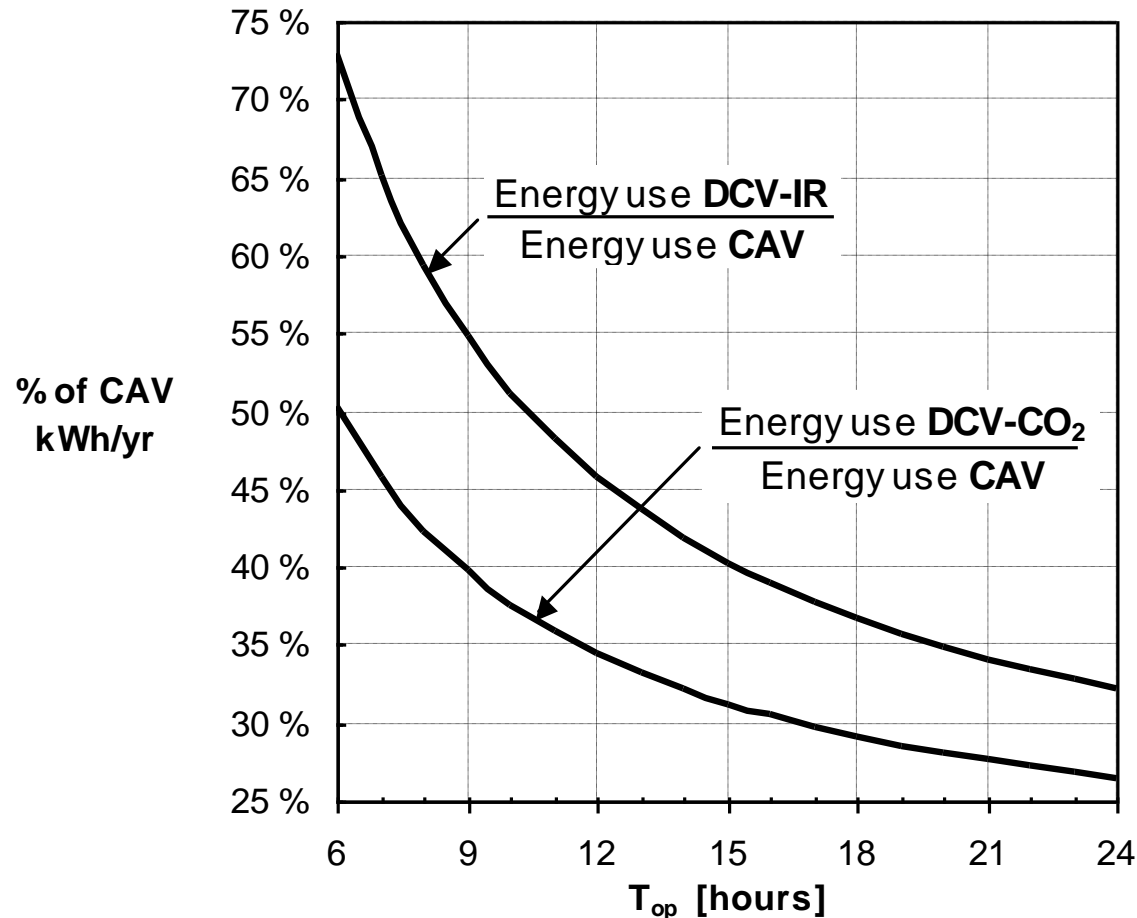
Analyse av ventilasjonsstrategier

- CAV: 30 occupants - 7 ℓ/s ·person and an additional 1 $\ell/s\cdot m^2$
- DCV-CO₂: Actual number of occupants. The ventilation rate is then increased and regulated to keep the CO₂ concentration at a steady state level of 900 ppmv. Minimum airflow of 1 $\ell/s\cdot m^2$ when the CO₂-level is less than 700 ppm.
- DCV-IR: (30 occupants - 7 ℓ/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



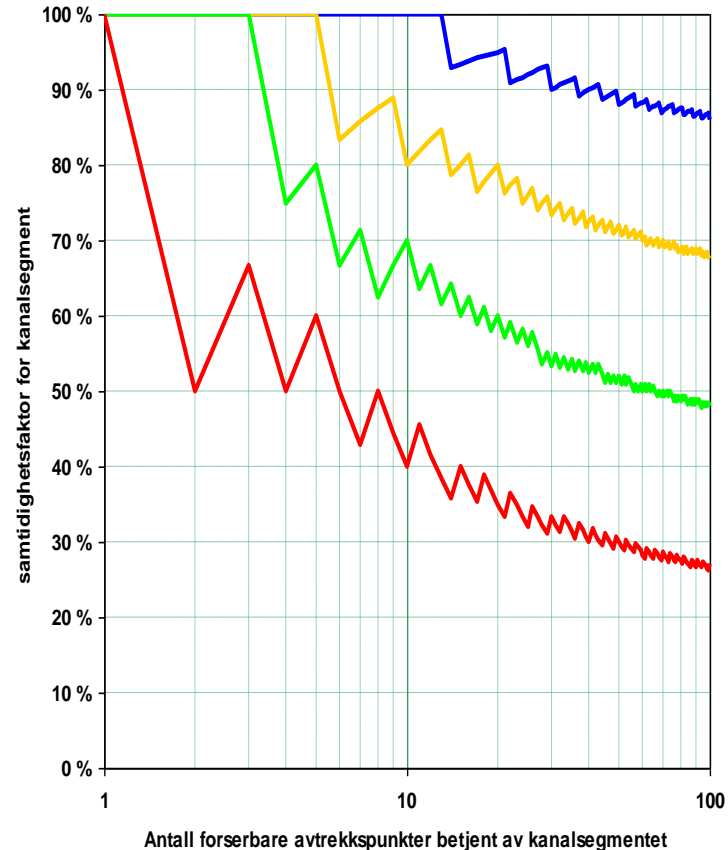
Samtidighet

Maksimal samtidighet

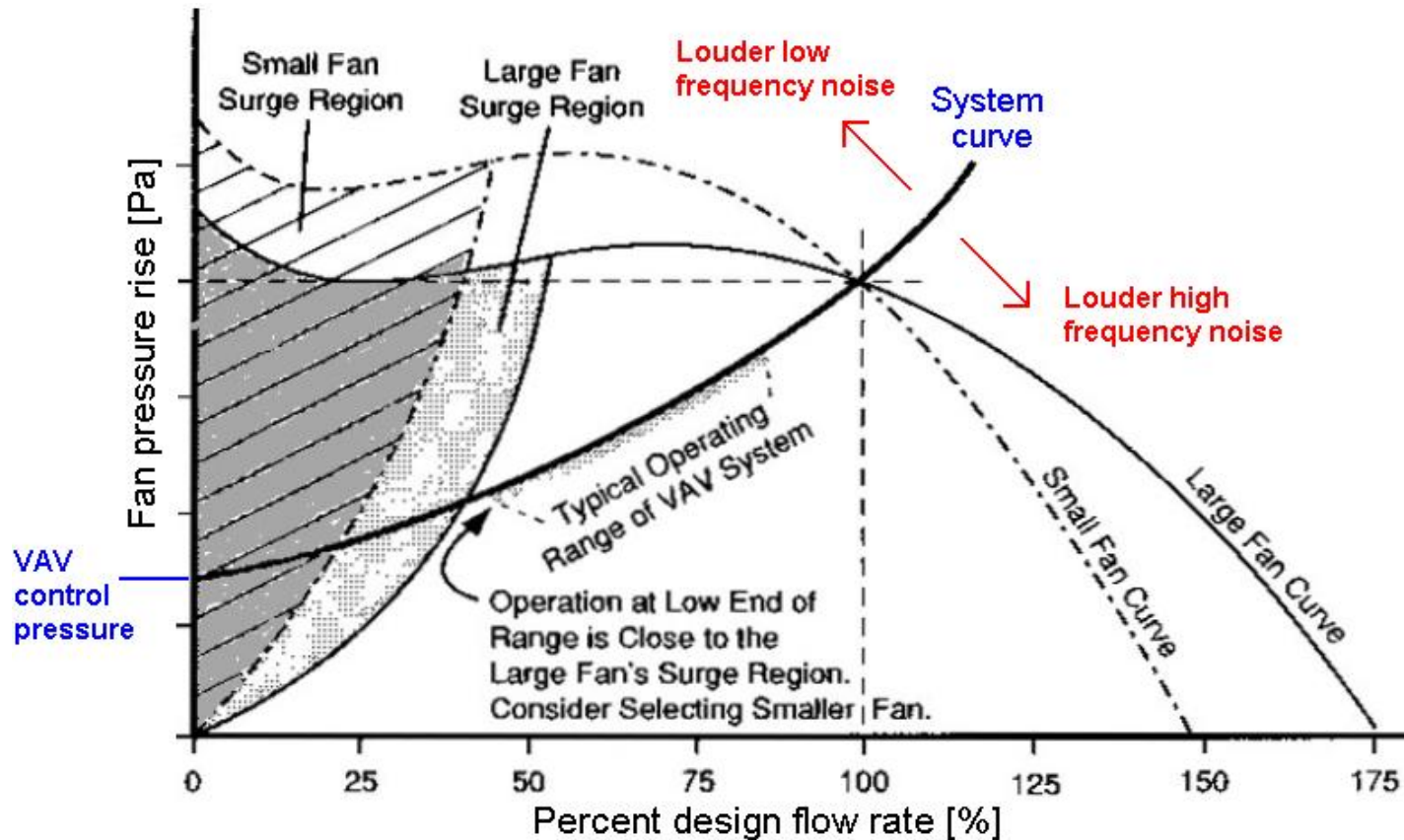
- Dimensjonering
 - Type bruker & antall
 - 60 – 100%

Brukssamtidighet

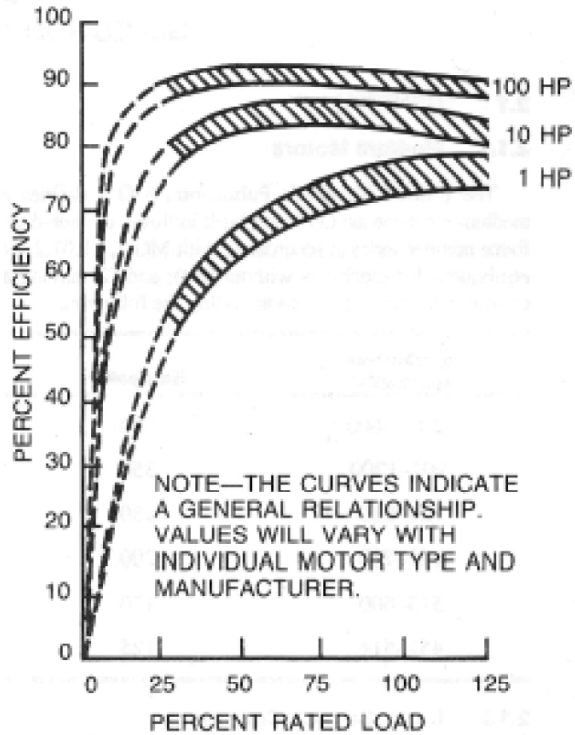
- For energiberegninger
 - Kontorbruk: 30% - 50%
 - Luftmengde: 40 – 60%



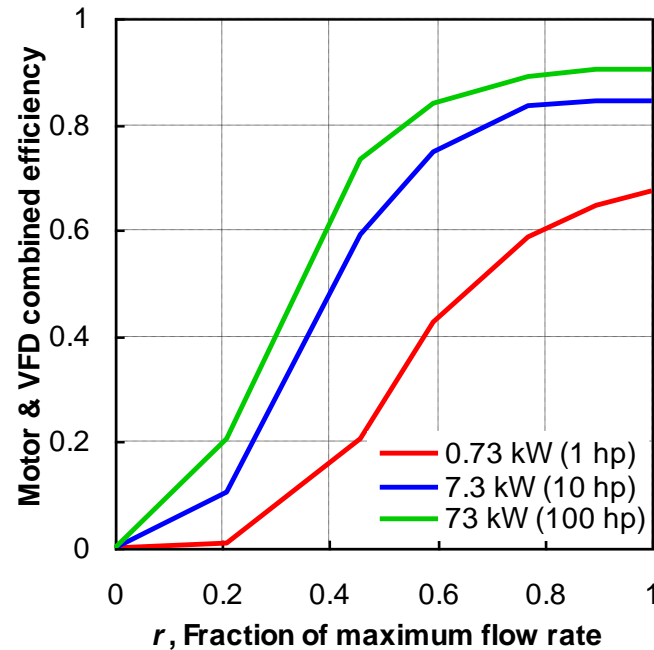
Velg vifte i forhold til normal driftstilstand



Velg viftemotor i forhold til normal driftstilstand



3-fase motorer



AC motor med
direktedrift

SFP og energibruk

$$P = \frac{\Delta p \cdot \dot{V}}{\eta} \quad \Delta p_{12} = k_1 \cdot v^n = k_2 \cdot \dot{V}^2$$

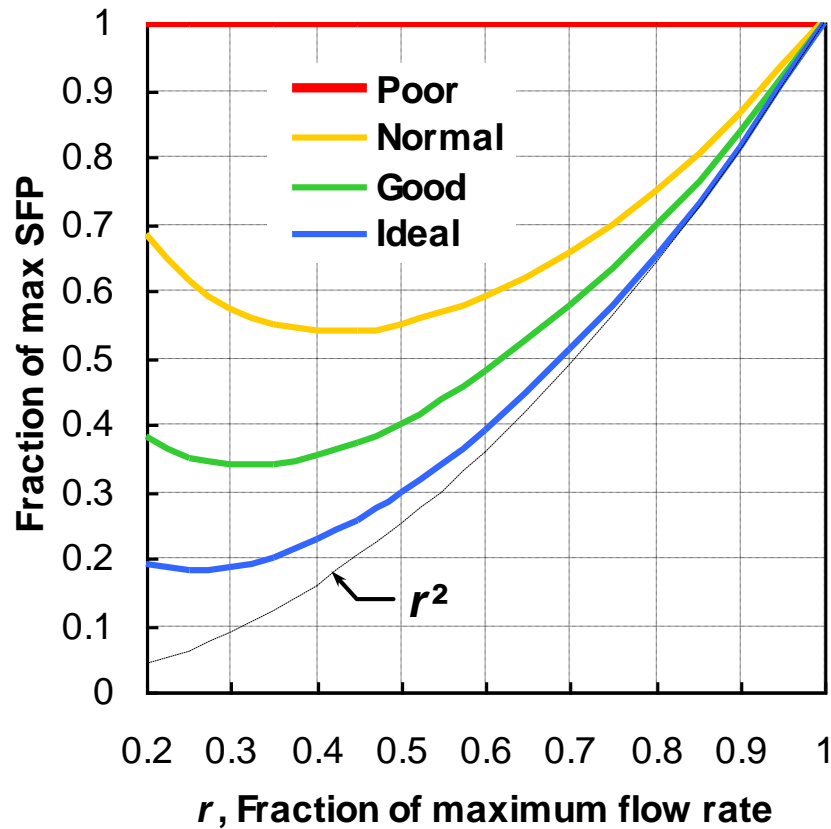
$$SFP = \frac{\Sigma P}{\dot{V}}$$

η_{tot}

Blir mindre ved lave luftmengder!

SFP og VAV

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



SFP og energibruk til vifter?

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

SFP og energibruk ved r=0,6?

CAV

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

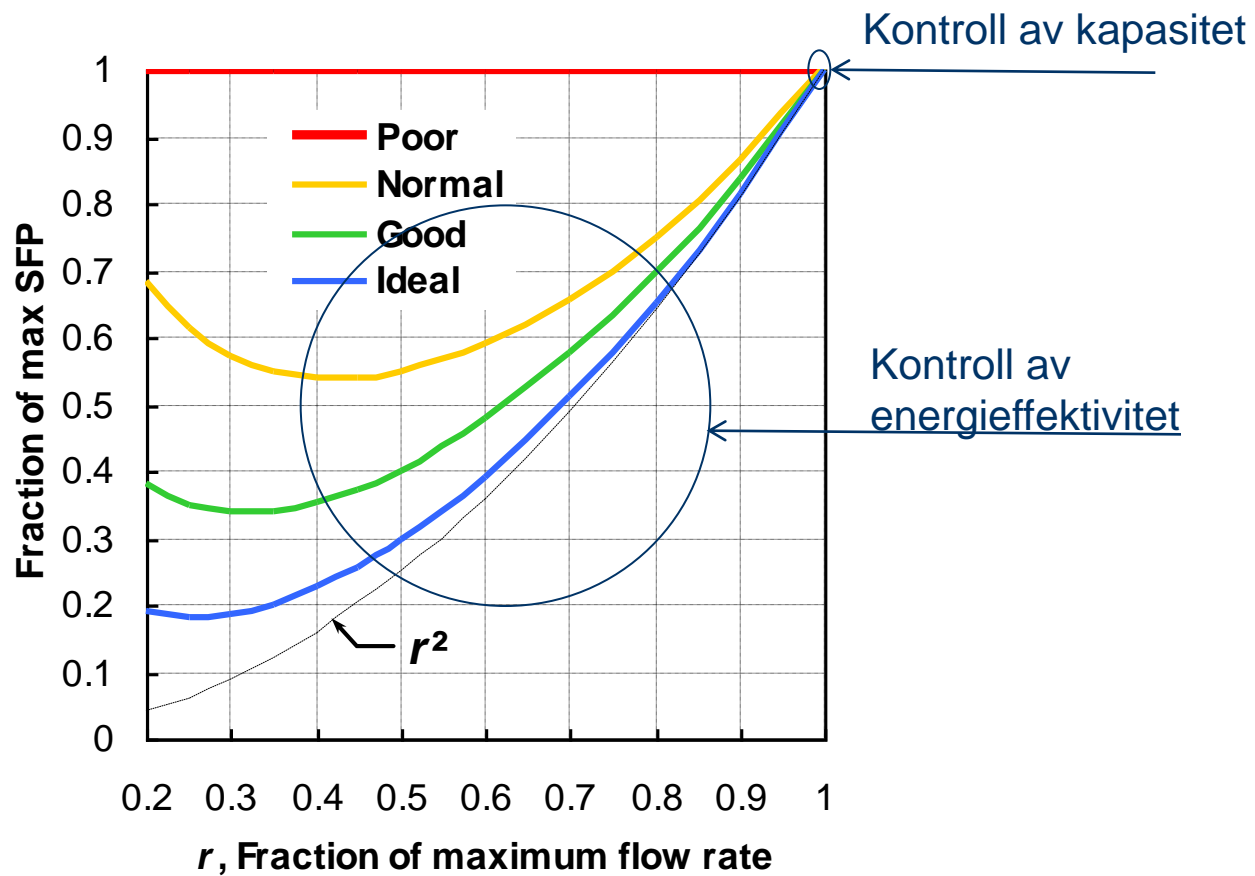
Dårlig styring – konstant trykk

$$6 \frac{\text{m}^3/\text{h}}{\text{m}^2} \times \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} \times 2 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3/\text{s}} \times 3000 \frac{\text{h}}{\text{yr}} = 10 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{ yr}}$$

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



Behovsstyrt inneklima

Hvorfor?

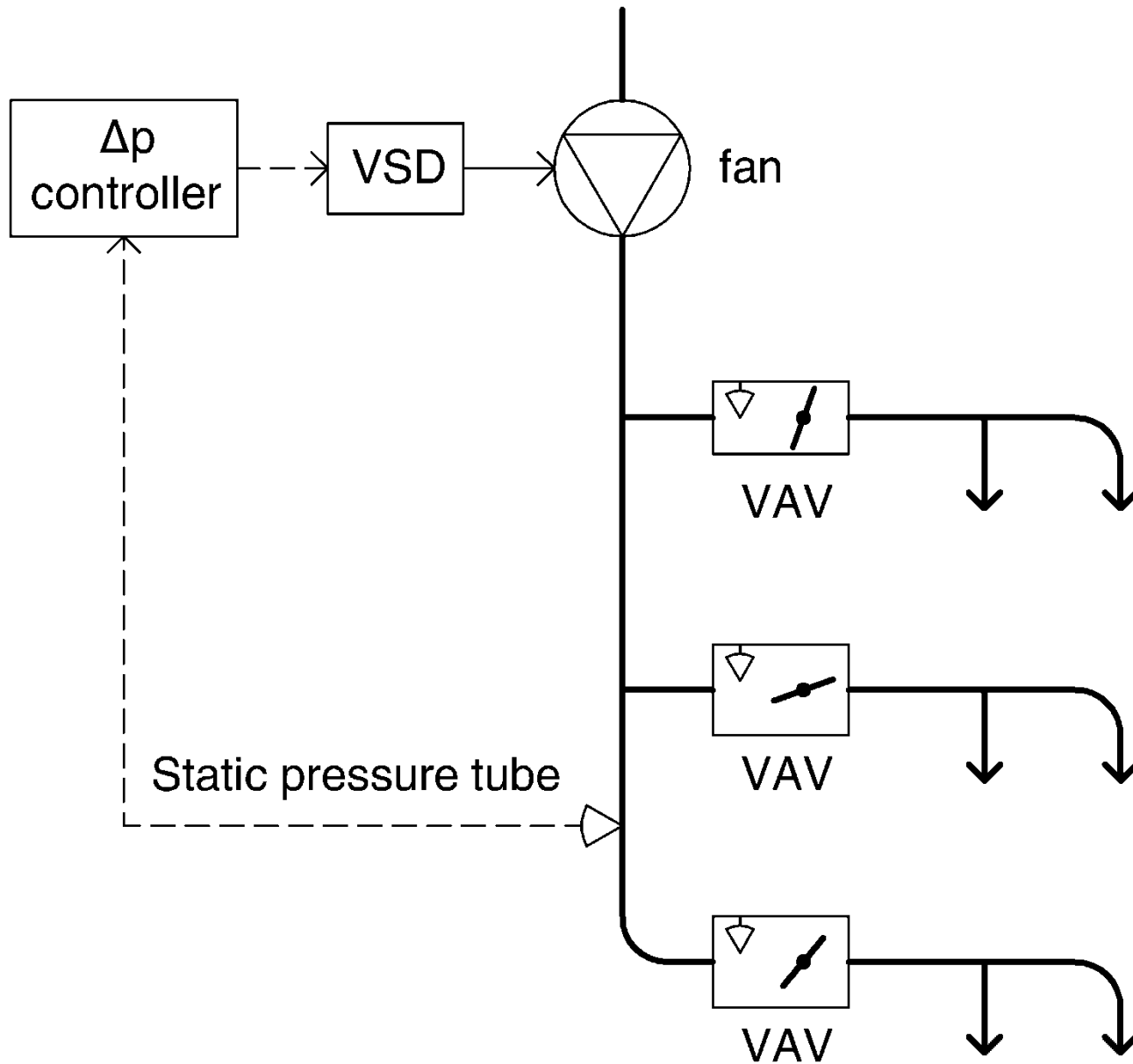
Ulike systemløsninger

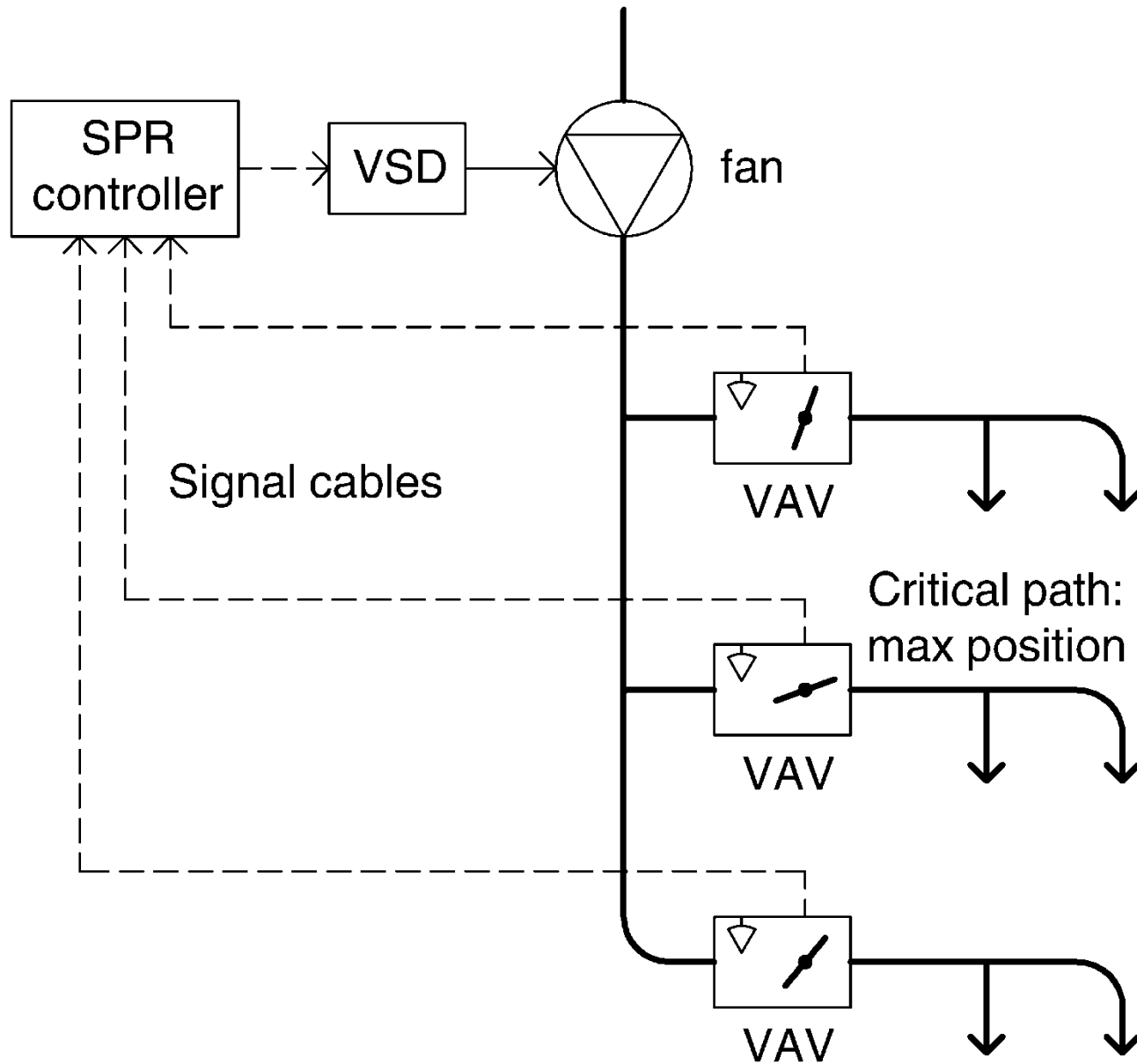
Romregulering

Beskrivelse-kontroll-SD anlegg

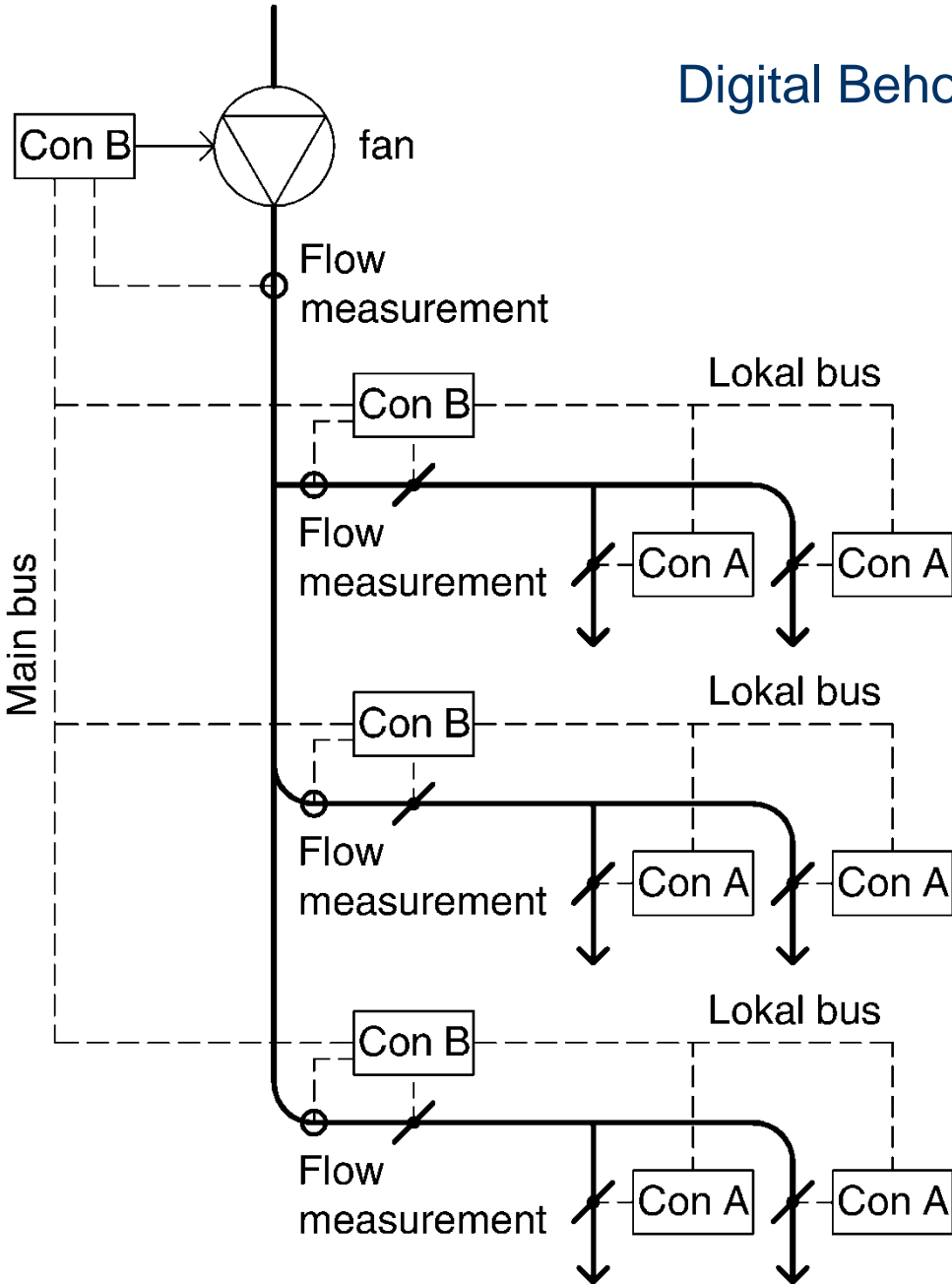
Mads Mysen

Solstrand 02.02.2011

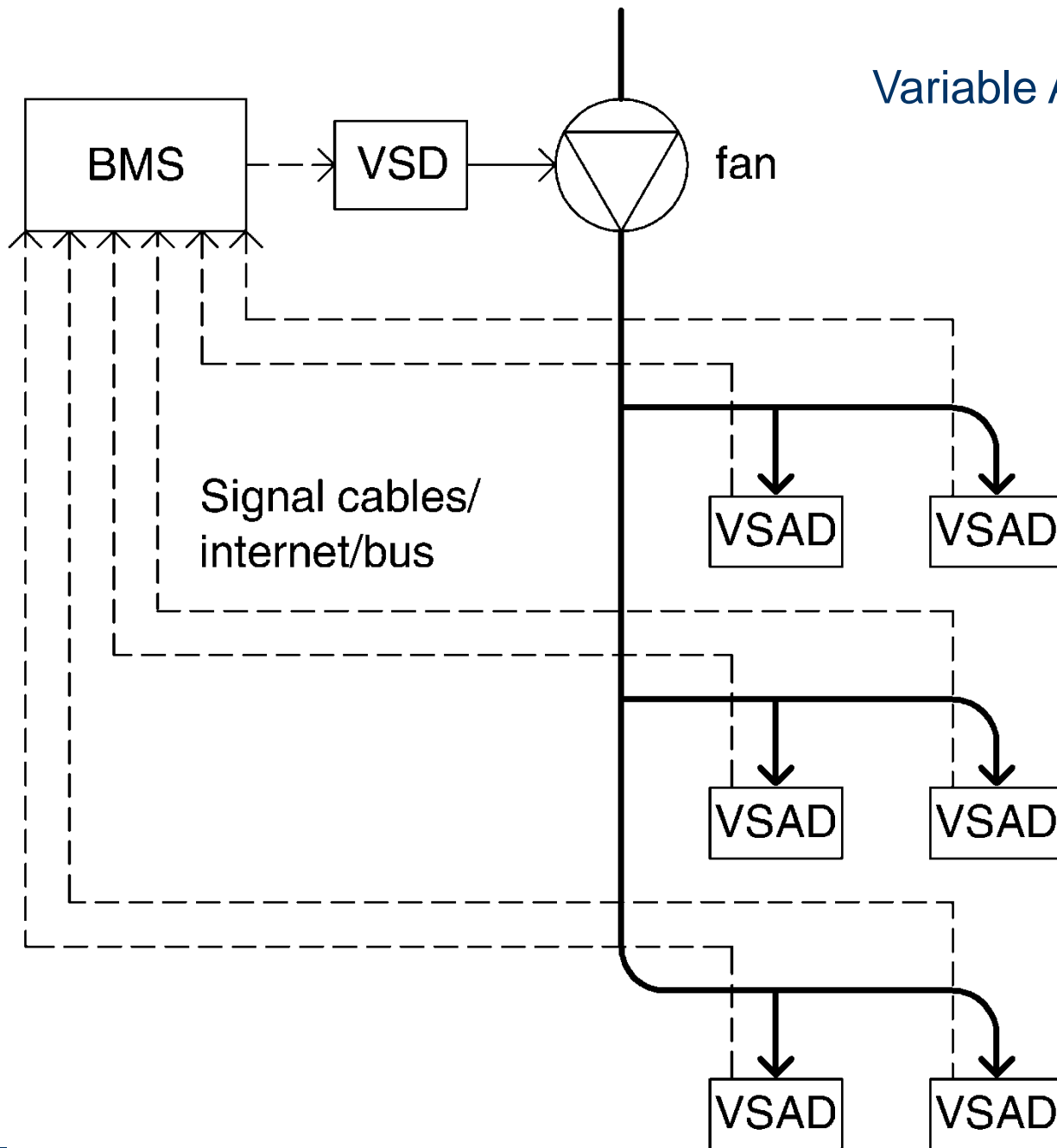




Digital Behovsstyrt Ventilasjon

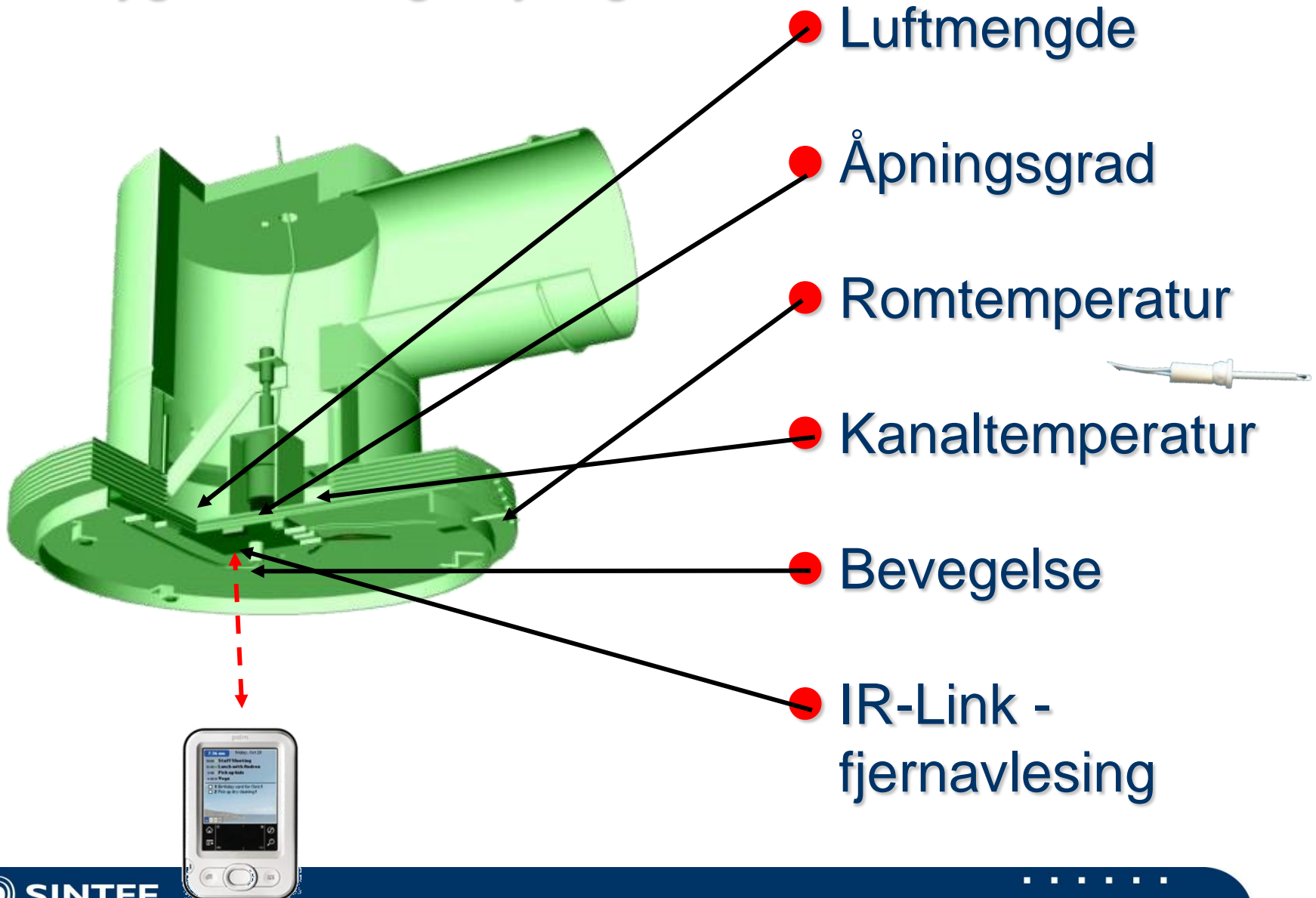


Variable Air Supply Diffusor

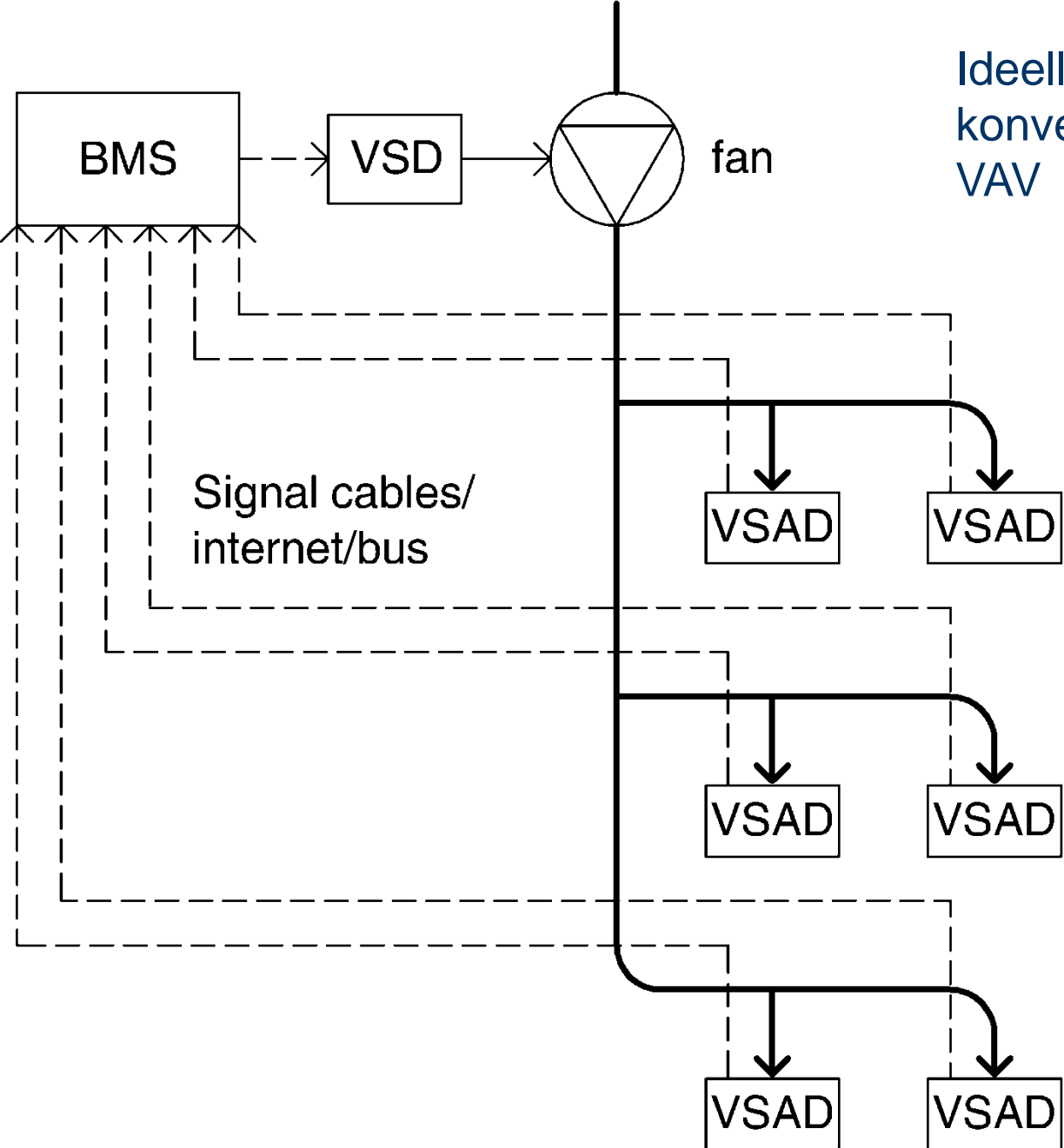


VASD - Variable Air Supply Diffusor

Innebygd – måling, styring, sensorer



Ideell løsning for konvertering fra CAV-VAV



Behovsstyrt inneklima

Hvorfor?

Ulike systemløsninger

Romregulering – CO2

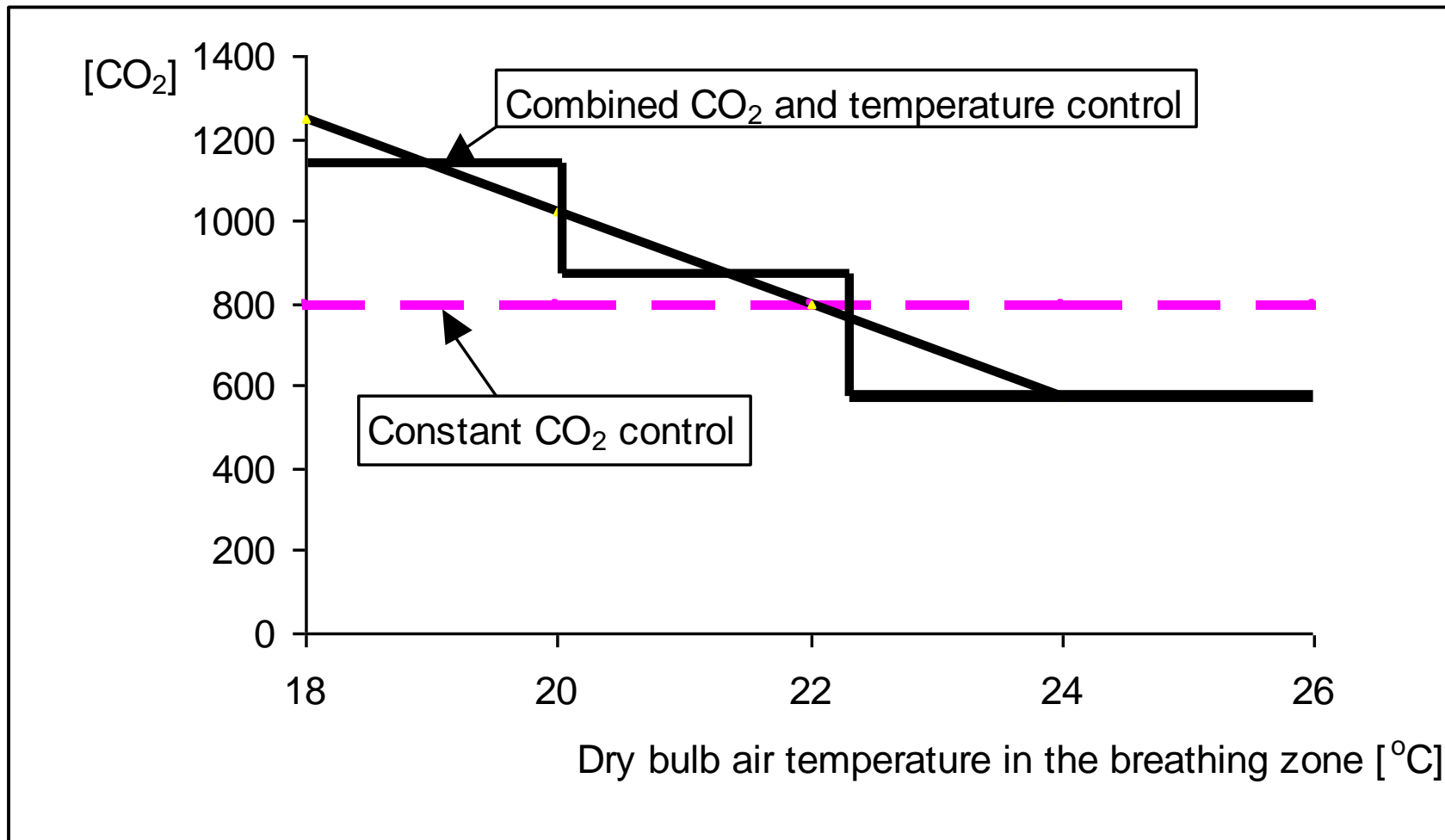
Beskrivelse-kontroll-SD anlegg

Mads Mysen

Solstrand 02.02.2011

Romregulering- Sensorer

- Temperatur
- Tilstedeværelse
- CO₂
- VOC – dokumentasjon?
- Kunstig nese



CO₂- Sensorer

Komfortventilasjon - (NDIR) ikke dispersive infrarøde sensorer

Beer-Lamberts lov: IR-lys med bølgelengde 4,26 μm dempes proporsjonal med tettheten av CO₂-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).

CO₂-nivået - høyest vinterstid

Behovsstyrer etter en kontinuerlig målt differanse mellom
CO₂-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.
- 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
- CO₂-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

Behovsstyrt inneklima

Hvorfor?

Ulike systemløsninger

Romregulering

Beskrivelse-kontroll-SD anlegg

Mads Mysen

Solstrand 02.02.2011

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
- CO₂-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

