

Centre for Environment-friendly Energy Research (CEER/FME)  
Zero Emission Buildings (ZEB)

## Oppfølging og dokumentering av energibruk og ventilasjonsytelser

PhD Natasa Djuric  
SINTEF Energi

**ZEB**

The Research Centre on Zero Emission Buildings



### Bygninger og VAV anlegg

|              |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                       |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|              |  |  |  |
| Navn         | Marienlyst                                                                          | Professor Broch 2                                                                   | Vassbotnen 23                                                                         |
| Type         | Skole                                                                               | Kontorbygg                                                                          | Kontorbygg                                                                            |
| Sted         | Drammen                                                                             | Trondheim                                                                           | Stavanger                                                                             |
| Areal        | 6 500 m <sup>2</sup>                                                                | 16 200 m <sup>2</sup>                                                               | 19 623 m <sup>2</sup>                                                                 |
| Brukere      | 500 (prosjektert)                                                                   | ~ 304 og skal øke                                                                   | 1 200 (prosjektert)                                                                   |
| Tall av VA   | 6                                                                                   | 8                                                                                   | 3                                                                                     |
| VA størrelse | 3 900 - 19 000 m <sup>3</sup> /h                                                    | 12 500 - 22 000 m <sup>3</sup> /h                                                   | 75 000 – 90 000 m <sup>3</sup> /h                                                     |
| VA type      | <b>VAV</b>                                                                          |                                                                                     |                                                                                       |
| Styring      | Konstant trykk                                                                      | Optimalisert                                                                        | Konstant trykk                                                                        |
| Oppfølging   | Ikke så lett                                                                        | Veldig lett                                                                         | Ganske lett                                                                           |

**ZEB**

The Research Centre on Zero Emission Buildings



## SFP og energibruk

SFP<sub>v</sub> for en vifte  $SFP_v = \frac{P}{\dot{V}}$

Dimensjonsløst forhold for vifte  $\frac{n}{n_{max}} = \frac{\dot{V}}{\dot{V}_{max}} = \frac{u}{100}$

$n$  - er turtall

$u$  - er vifte pådrag

$\dot{V}$  - er luftmengde

$$\dot{V} = u \cdot \dot{V}_{max}$$

$$P = u^3 \cdot P_{max}$$

$$SFP = u^2 \cdot SFP_{max}$$

- Disse forholdene gjelder teoretisk hvis levert vifte ikke var overdimensjonert
- Tilsvarende ligninger skal etableres under ventilasjonsanlegg overtakelse

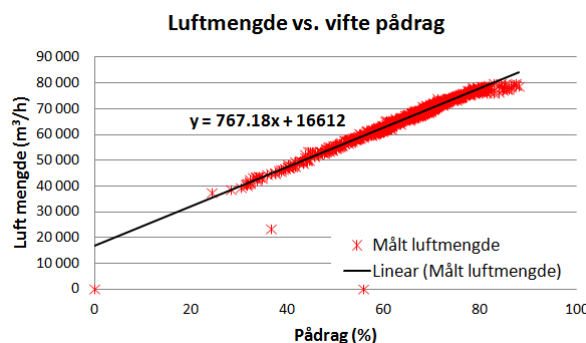
ZEB

The Research Centre on Zero Emission Buildings

ETM

## SFP i praksis

Ved bygget i Stavanger var det mulig å logge i SD-anlegg: luftmengde (tilluft og avtrekk), vifteeffekt (tilluft og avtrekk), SFP<sub>e</sub>, vifte pådrag (tilluft og avtrekk), osv



- Forhold mellom luftmengde og vifte pådrag er lineært
- Ved maksimal pådrag får en

$$\dot{V} = 767,18 \cdot 100 + 16612$$

$$\dot{V} = 93\,330 \text{ m}^3/\text{h}$$

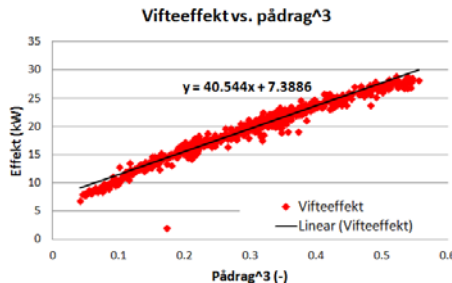
- Maksimal luftmengde er 90 000 m<sup>3</sup>/h

ZEB

The Research Centre on Zero Emission Buildings

ETM

## SFP i praksis



- Forhold mellom pådrag i tredje og vifteeffekt er lineært

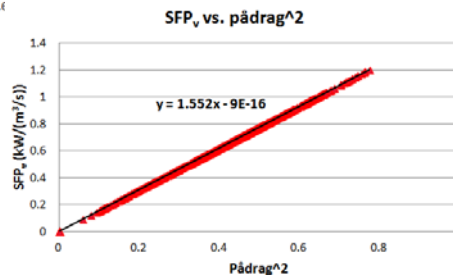
$$P = 40,5 \cdot PD^3 + 7,4$$

- PD er vifte pådrag
- Maksimal vifteeffekt er 38,8 kW

- Forhold mellom pådrag i andre og  $SFP_v$  er lineært
- $SFP_v$  er beregnet ved hjelp av luftmengde og effekt

$$SFP_v = 1,55 \cdot PD^2$$

- For levert vifte er  $SFP_v = 1,57 \text{ kW/m}^3/\text{s}$



ZEB

The Research Centre on Zero Emission Buildings

ETM

## Dokumentering av SFP i drift

- Det er flere utfordringer ved dokumentering av SFP i drift
- I flest av anlegg er det ikke noe logging av luftmengde
- I flest av anlegg er det ikke noe logging av vifteeffekt
- Men, luftmengde måling kan ha dårlig nøyaktighet
- Bruk av vifte pådrag for å estimere luftmengde gir 5 – 8 % usikkerhet
- Dessverre finnes det ikke levert dokumentasjon fra overtakelse fase om forhold mellom pådrag og luftmengde

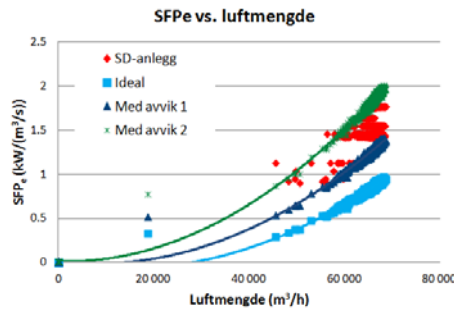
ZEB

The Research Centre on Zero Emission Buildings

ETM

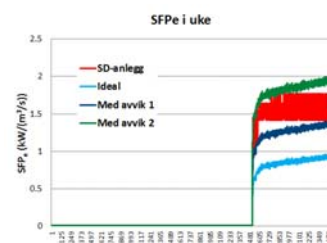
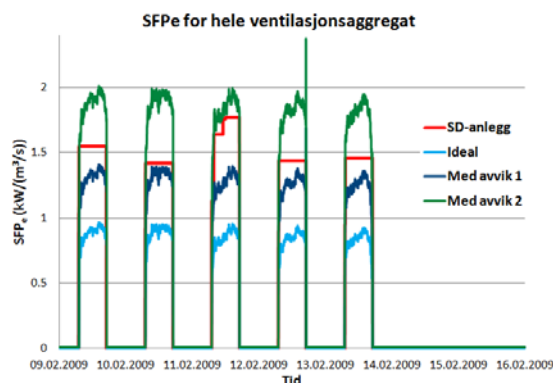
## Beregning av SFP i praksis

- $SFP_e$  for hele ventilasjonsanlegg er beregnet ved hjelp av pådrag
- Fordi data fra overtakelse var ikke tilgjengelige, var to avvik introdusert
- Avvikene var kalibrert slik at beregnet  $SFP_e$  stemmer bra overens med virkelige verdier
- $SFP_e$  beregnet i SD-anlegg var ikke nok pålitelig for videre analyse



## SFP i drift

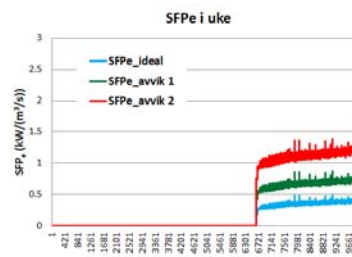
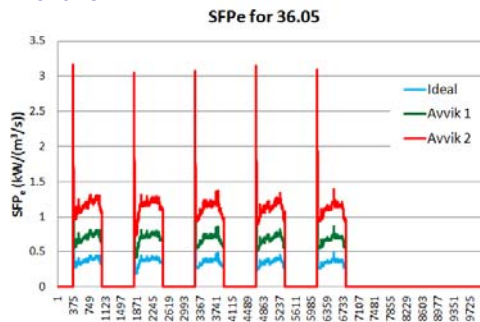
- $SFP_e$  i drift ved et ventilasjonsanlegg ved bygget i Stavanger



- $SFP_e$  skal mest av driftstid i uke ha verdier mellom 1,5 -2 kW/(m³/s)

## SFP i drift

- $SFP_e$  i drift ved et ventilasjonsanlegg ved bygget i Trondheim



- $SFP_e$  skal mest av driftstid i uke ha verdier mellom 0,7 - 1,2 kW/(m³/s)
- Maksimale verdier oppstår kun i noen minutter ved oppstart

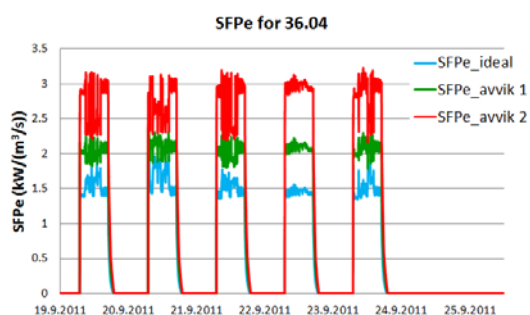
ZEB

The Research Centre on Zero Emission Buildings



## SFP i drift

- $SFP_e$  i drift ved et ventilasjonsanlegg ved Marienlyst skole



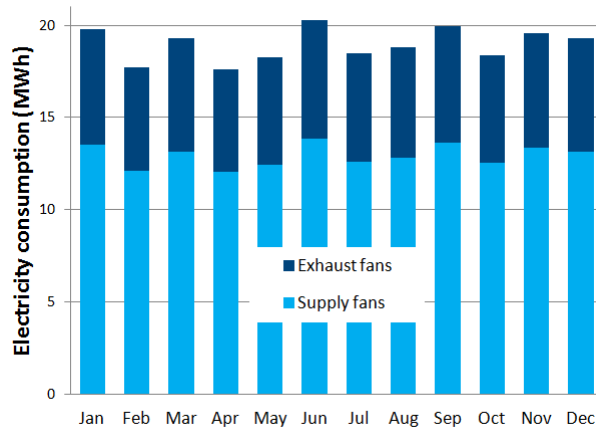
- $SFP_e$  skal mest av driftstid i uke ha verdier mellom 2 - 3 kW/(m³/s)

ZEB

The Research Centre on Zero Emission Buildings



## Energibruk for vifter



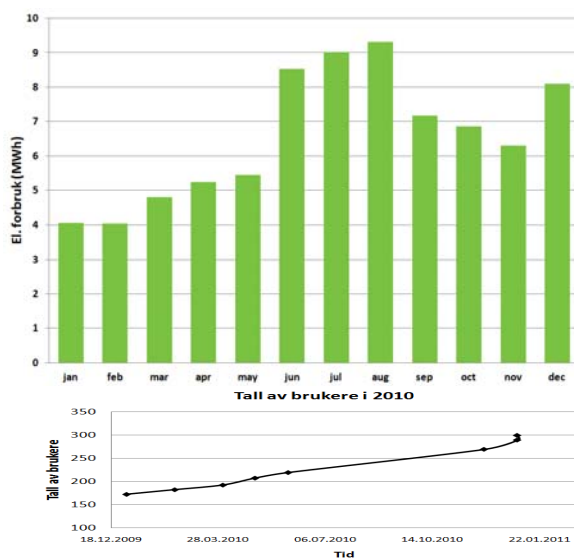
- Det er mulig å logge vifte effekt i SD-anlegg
- Tidsoppløsning kan være rundt 1 minutt
- Tilgang til SD-anlegg er treg og det kan ta lang tid å laste ned data

**ZEB**

The Research Centre on Zero Emission Buildings



## Energibruk for vifter



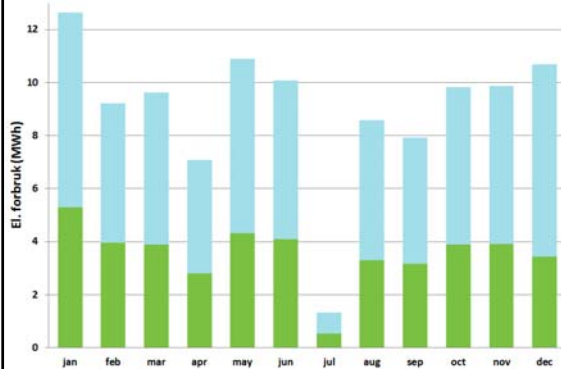
- Strøm forbruk for vifter i 2010
- Energibruk er logget i Entro's database med en time tidsoppløsning
- Strømmåling er for hvert anlegg
- Tilgang og logging fra SD-anlegg er veldig lett
- Tall av brukere økte over året

**ZEB**

The Research Centre on Zero Emission Buildings



## Energibruk for vifter



- SD-anlegg er ikke web-basert
- Logging av data må avtales med Drammen eiendom
- Energimåling logges i Evotek's database med en time tidsoppløsning
- Energimålere til vifte er summert
- Vifte 1 presenterer strømbruk for 3601, 3602, 3603, 3605
- Vifte 2 presenterer strømbruk for 3604 og 3606

**ZEB**

The Research Centre on Zero Emission Buildings



## Energibruk for vifter

|                                  |  |  |  |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Total luftmengde                 | 89 936 m <sup>3</sup> /h                                                            | 139 000 m <sup>3</sup> /h                                                            | 255 000 m <sup>3</sup> /h                                                             |
| Spesifikk luftmengde             | 13,8 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>                                                | 8,6 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>                                                  | 12,9 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>                                                  |
| Total el.forbruk                 | 107 788 kWh                                                                         | 78 847 kWh                                                                           | 227 487 kWh/år                                                                        |
| Spesifikk el.forbruk             | 16,6 kWh/m <sup>2</sup>                                                             | 4,87 kWh/m <sup>2</sup>                                                              | 11,6 kWh/m <sup>2</sup>                                                               |
| Per bruker                       | 216 kWh/bruker                                                                      | 315 kWh/bruker                                                                       | 190 kWh/bruker                                                                        |
| Driftstid                        | 2278 timer                                                                          | Ca. 2000 timer                                                                       | Ca. 2000 timer                                                                        |
| El.forbruk per luftmengde        | 4314 kWh/(m <sup>3</sup> /s)                                                        | 2041 kWh/(m <sup>3</sup> /s)                                                         | 3212 kWh/(m <sup>3</sup> /s)                                                          |
| Gjennomsnittlig SFP <sub>e</sub> | 1,89 kW/m <sup>3</sup> /s                                                           | 1,02 kW/m <sup>3</sup> /s                                                            | 1,6 kW/m <sup>3</sup> /s                                                              |

**ZEB**

The Research Centre on Zero Emission Buildings



## Konklusjoner

- Vifte pådrag kan brukes som en pålitelig middel for SFP estimering og dokumentering i drift
- For å dokumentere  $SFP_v$  og  $SFP_e$  i drift enkelt er det nødvendig å vite:
  - Forhold mellom vifte pådrag og luftmengde fra overtakelse fase
  - Forhold mellom vifte pådrag og effekt fra overtakelse fase
  - Ha klar FDV dokumentasjon om ventilasjonsanlegg
- I flest av energioppfølging systemer er det ikke helt klart hva strømmåler for vifte måler

## Takk for oppmerksomhet!

Natasa Djuric

[natasa.djuric@sintef.no](mailto:natasa.djuric@sintef.no)