

Kim Falck Grony
Energisynskonsulent / Teknisk Ekspert

Erfaring inden for tørrerier

- petfood
- fiskefoder
- korntørring (gennemløb og tromle)
- tromletørrerier
- Pondorff tørrere
- Hammermølle
- Skivetørrere
- inddampere

Typiske måleparametre på tørreanlæg

Måler følgende energi og massestrømme

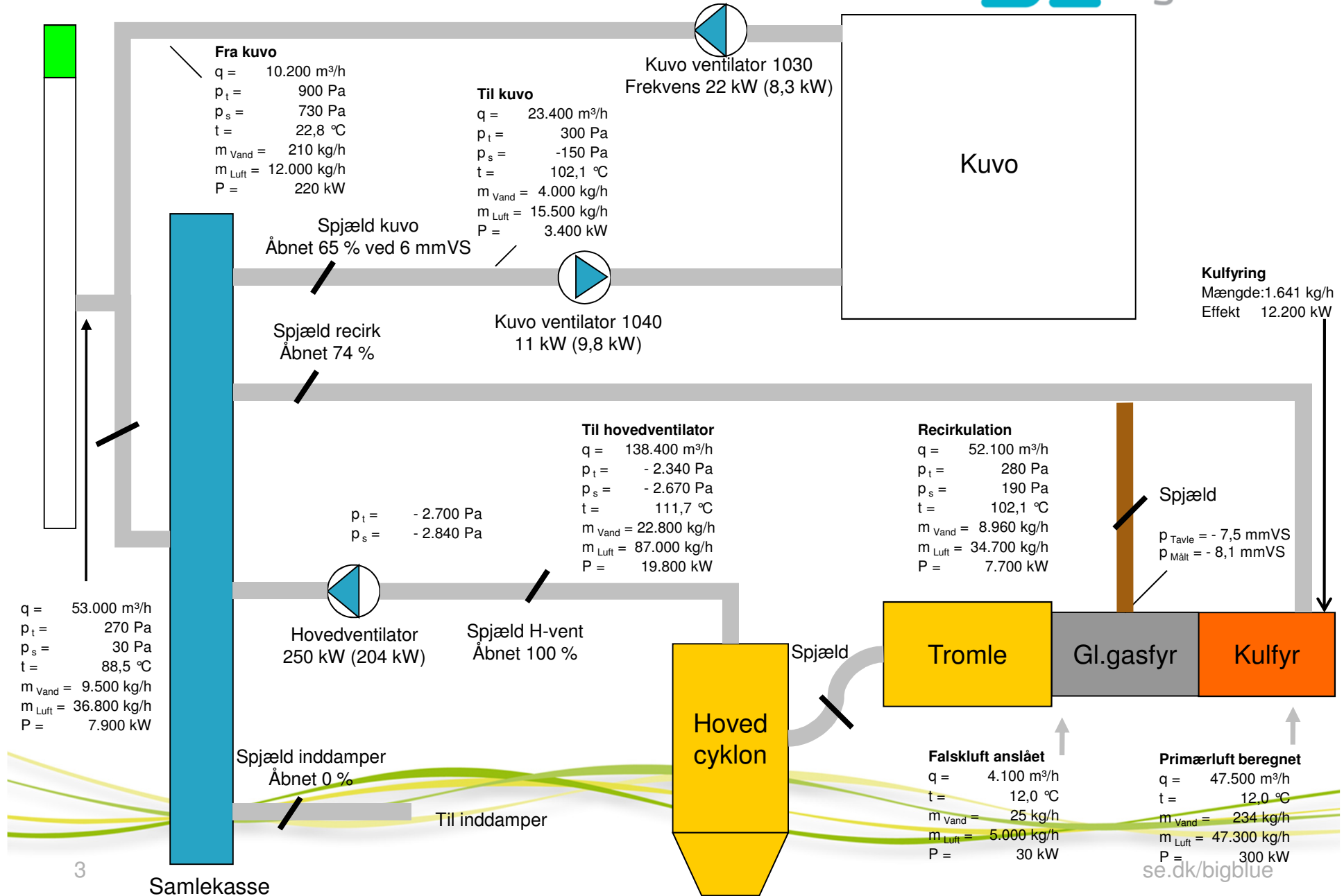
- tilført effekt ved afbrænding
- masseflow produkter
- afdampning produkter
- masse i luftstrømme

Er der overensstemmelse mellem strømmene er der med stor sandsynlighed målt rigtigt

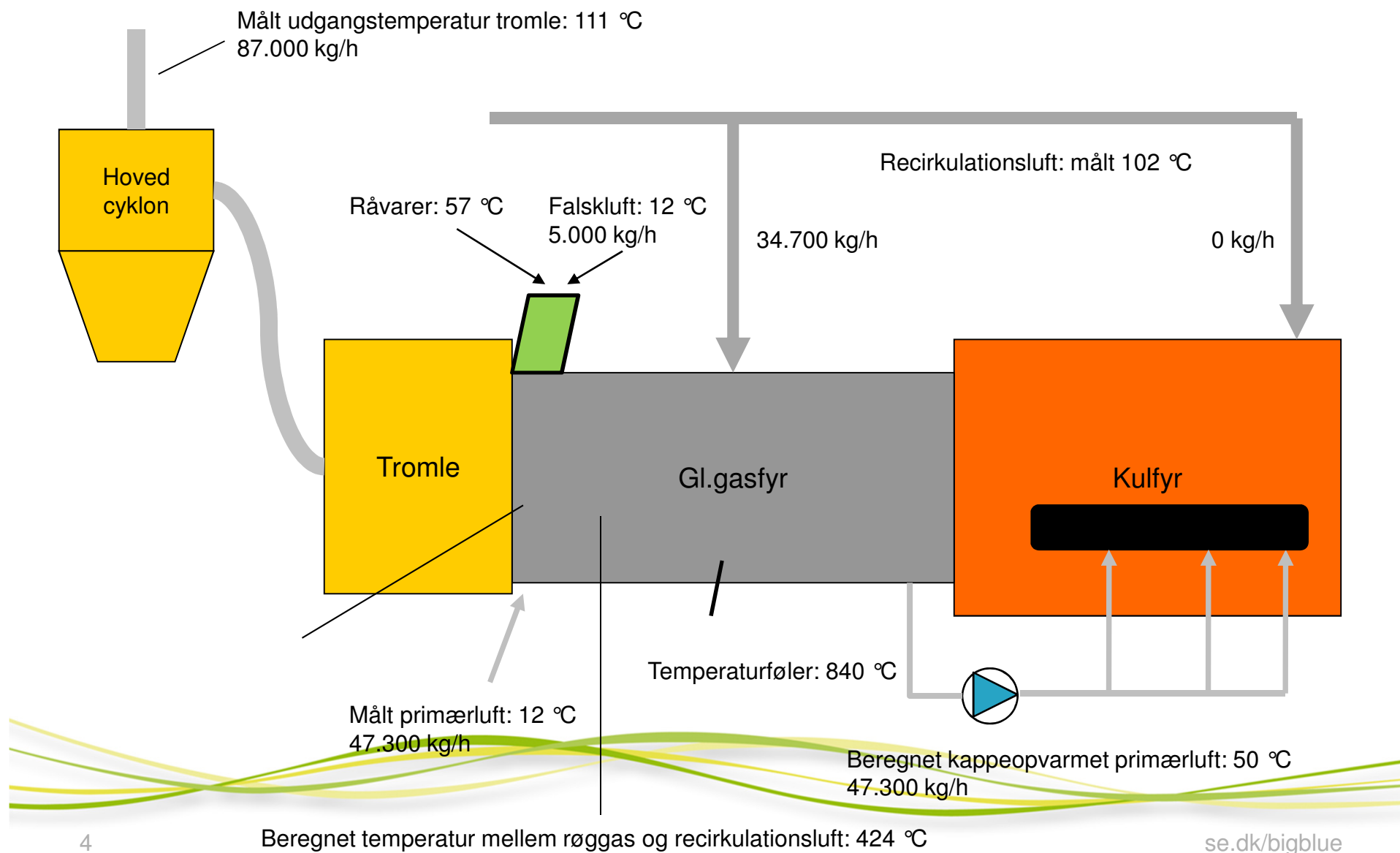
Energibalance på tørreanlæg Drift med kuvo uden inddamper



Skorsten



Temperaturbalance på tørreanlæg



Balance for tør luft:

Tør luft ind, primærblæser:	47.300 kg/h
Tør luft fra kulafbrænding:	1.300 kg/h
Tør luft fra recirkulation:	34.700 kg/h
Tør luft fra falskluft:	5.000 kg/h
Tør luft ud:	- 87.000 kg/h
Forskel:	1.300 kg/h

Balance for vanddamp

Vanddamp ind i recirkulationsluft:	9.000 kg/h
Vanddamp ind i røggas:	400 kg/h
Vanddamp ind i falskluft:	0 kg/h
Vand ind i råvarer:	14.200 kg/h
Vand ud i færdigvarer:	- 400 kg/h
Vand ud i tørreluft:	- 22.800 kg/h
Forskel:	400 kg/h

Effektbalance:

Effekt ind i indfyret kulmængde:	12.200 kW
Effekt ind i recirkulationsluft:	7.700 kW
Effekt ind i primærluft:	300 kW
Effekt ind i falskluft:	0 kW
Effekt ud i tørreluft:	- 19.800 kW
Forskel:	400 kW

Forskellen på 400 kW ind går til konvektionstab fra fyr og tromle.
Effektbalancen stemmer meget fint overens.

Effektbalance i forhold til energibehov

Effekt ind i kulafbrænding:	12.200 kW
Effekt til vandfordampning råvarer:	- 9.500 kW
Effekt til opvarmning af primærluft:	- 1.300 kW
Effekt til opvarmning af recirk. luft:	- 600 kW
Effekt til opvarmning af falskluft:	- 140 kW
Forskel:	660 kW

Hvad viste analysen:

- for lav tørretemperatur
- for meget kold primærluft

Hvad betyder det så:

Kapacitet før:
$$\begin{aligned} P &= m \cdot c_p \cdot \Delta t \\ &= 87.000 / 3.600 \text{ kg/s} \cdot 1,0 \text{ kJ/kg K} \cdot (424 - 111) \text{ }^\circ\text{C} \\ &= 7.560 \text{ kW} \end{aligned}$$

Kapacitet efter:
$$\begin{aligned} P &= m \cdot c_p \cdot \Delta t \\ &= 87.000 / 3.600 \text{ kg/s} \cdot 1,0 \text{ kJ/kg K} \cdot (750 - 111) \text{ }^\circ\text{C} \\ &= 15.440 \text{ kW} \end{aligned}$$

Kapacitetsforøgelse: 104 %

Så er tørretromlen ikke længere flaskehals.

Tørreluftmængden kan herefter reduceres

(Vandindholdet er ikke med i betragtningen, men forholdet er det samme)

Energibalance på tørreanlæg

Drift med kuvo uden inddamper

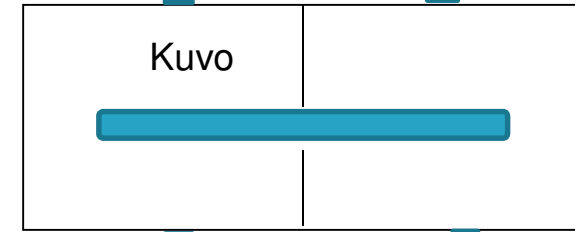


Skorsten

Kuvo ventilator 1040
Frekvens 11 kW

Til kuvo

q = 23.400 / 19.800 m³/h
 p_t = 300 / 270 Pa
 p_s = 150 / 156 Pa
 t = 102,1 / 110 °C
 m_{Vand} = 4.000 / 3.800 kg/h
 m_{Luft} = 15.500 / 11.900 kg/h
 P = 3.400 / 3.200 kW



Kuvo ventilator 1030
Frekvens 22 kW

Kulfyring
Mængde: 1.641 / 1.223 kg/h
Effekt 12.200 / 8.705 kW

Spjæld kuvo

Spjæld recirk
Åbnet 74 / 100 %

Spjæld skorsten
Åbnet 100 / 68 %

p_t = -2.700 / -1.900 Pa
 p_s = -2.840 / -2.100 Pa

Til hovedventilator

q = 138.400 / 88.100 m³/h
 p_t = -2.340 / -1.930 Pa
 p_s = -2.670 / -2.150 Pa
 t = 111,7 / 115,1 °C
 m_{Vand} = 22.800 / 16.500 kg/h
 m_{Luft} = 87.000 / 51.500 kg/h
 P = 19.800 / 14.100 kW

Recirkulation

q = 52.100 / 35.000 m³/h
 p_t = 280 / 770 Pa
 p_s = 190 / 650 Pa
 t = 102,1 / 116,2 °C
 m_{Vand} = 8.960 / 7.500 kg/h
 m_{Luft} = 34.700 / 19.700 kg/h
 P = 7.700 / 6.300 kW

Fordelerspjæld
Åbnet 0 %

Beregnet

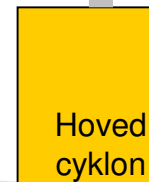
q = 53.000 m³/h
 33.400 m³/h
 p_t = 270 Pa
 p_s = 30 Pa
 t = 88,5 °C
 m_{Vand} = 9.500 kg/h
 5.100 kg/h
 m_{Luft} = 36.800 kg/h
 19.900 kg/h
 P = 7.900 kW

Hovedventilator
250 kW (204 / 177 kW)

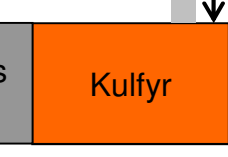
Spjæld H-vent
Åbnet 100 %

Spjæld inddamper
Åbnet 0 %

Til inddamper



Spjæld



Falskluft anlæst

q = 4.100 m³/h
 t = 12,0 °C
 m_{Vand} = 25 kg/h
 m_{Luft} = 5.000 kg/h
 P = 30 kW

Primærluft beregnet / målt

q = 47.500 / 17.000 m³/h
 t = 12,0 / 20,0 °C
 m_{Vand} = 234 / 130 kg/h
 m_{Luft} = 47.300 / 20.300 kg/h
 P = 300 / 200 kW

10

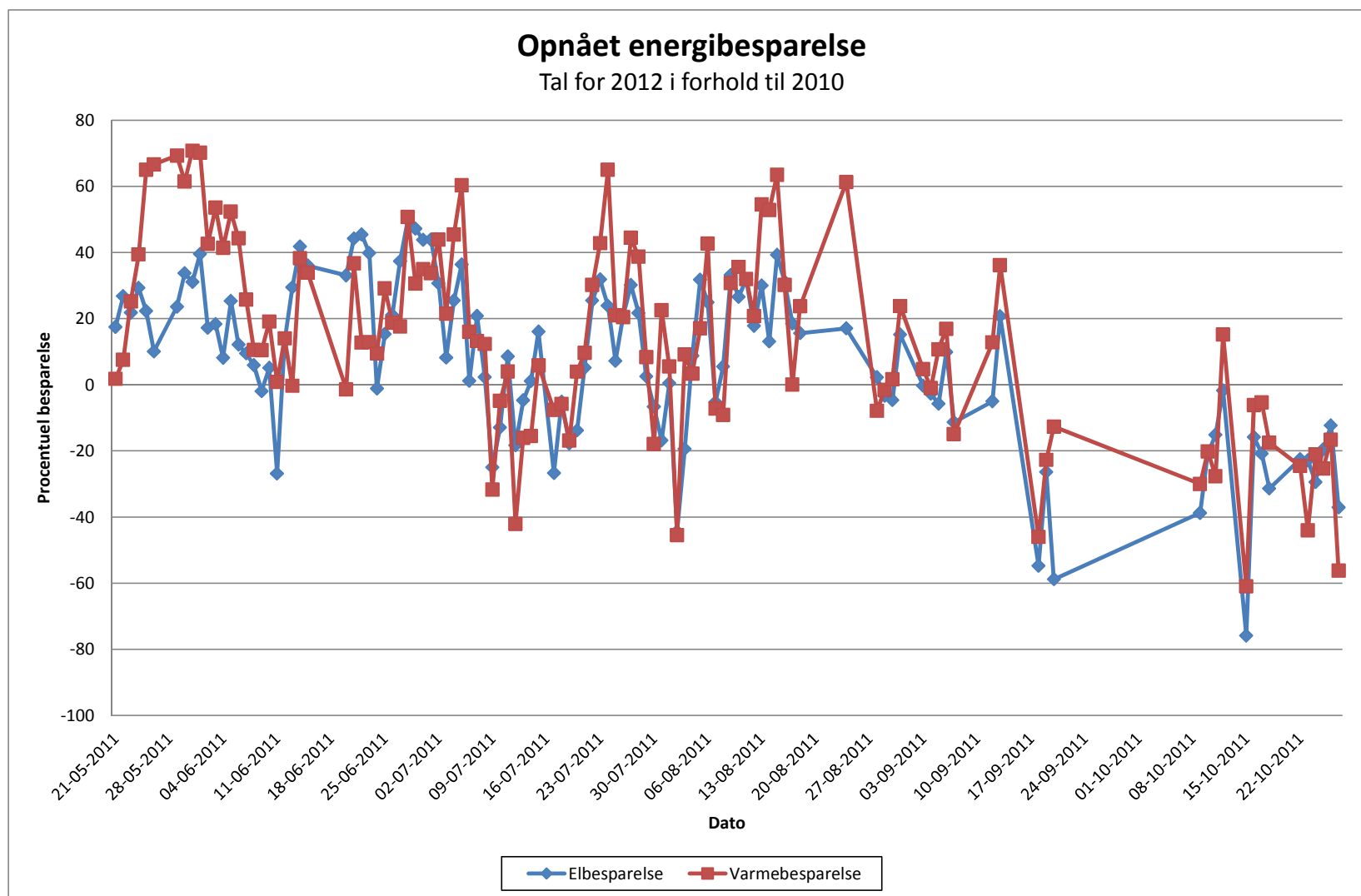
Samlekasse

se.dk/bigblue

Forbrug i forhold til vandafdampning			
	Fordampet vand [kg]	Effekttag [MW]	Specifikt forbrug [kWh/tons]
Før	13.780	12.200	885
Efter	10.894	8.705	799

Forbruget til vandfordampning er reduceret med:

$$(885 - 799) / 885 \cdot 100 \% = 9,7 \%$$



Faktuel besparelse

Varmebesparelse 2010 – 2012: 5.100 MWh/år

Elbesparelse 2010 – 2012: 622 MWh/år

Regnet på relativ lav 2012 produktion og kold og regnfuld sæson.

Dobbelt potentiale men problemer med driftsstabilitet og råvareforsyning

Opsummering – metodik

- få overblik over anlægsopbygning og virkemåde
- få overblik over energi- og massestrømme ved måling og beregning
- få overblik over effektivitet ud fra viden og fysiske forhold

- opstil effektiviseringsforslag ud fra analyse
- følg op

Husk: Generelt for tørreprocesser

- højest mulig tørretemperatur
- lavest mulig luftmængde