



Center for Energieffektivisering og Ventilation

---

# Databaseret energioptimering i industri

## Guide i måling af trykluftssystemer

ELFORSK projekt 353-005

August 2023

---

## Indholdsfortegnelse

1	Indledning.....	2
2	Tilgang .....	2
3	Målinger af flow, tryk og effektoptag .....	2
3.1	Direkte måling af flow .....	2
3.2	Indirekte måling af flow.....	3
3.3	Måling af tryk.....	5
3.4	Måling af effektoptag .....	5
3.5	Dataloggere.....	6
3.6	Styring og overvågning .....	6

# 1 Indledning

Når en virksomhed, installatør eller en energirådgiver står overfor at skulle undersøge et trykluftsystem for optimeringsmuligheder, er det nødvendigt dels at kortlægge trykluftsystemet og dels at foretage målinger, der dokumenterer den nuværende drift.

Denne guide giver anvisninger på, hvorledes trykluftsystemer kan og bør måles, så der tilvejebringes en godt grundlag for at kunne identificere energioptimeringsmuligheder og efterfølgende foretage beregning af forbedringspotentialet.

I denne guide er udviklet som en del af ELFORSK projektet Databaseret energioptimering i industrien, projekt nr. 353-005.

## 2 Tilgang

Trykluft er den absolut dyreste energiform at anvende i en virksomhed, og trykluft skal derfor kun anvendes der, hvor der ikke findes andre alternativer. Metoden til at afdække mulige potentialer er således først at kortlægge, hvor tryklften anvendes i virksomheden (slutbrugere), til hvad den anvendes (proces), ved hvilken kvalitet den bør leveres osv., og efterfølgende gennemgå designet, samt opstille en forbrugsprofil med udgangspunkt i kombinationen af nødvendigt trykluftflow og tryk. Registreringerne giver også mulighed for at opdage et utal af "sandheder" om hele systemet, hvis man vel at mærke har erfaringen i at tolke registreringerne, og hvis denne viden omsættes til konkrete handlingsplaner.

## 3 Målinger af flow, tryk og effektoptag

Undersøgelser af trykluftsystemer bør understøttes af målinger, der enten er tilvejebragt med måleudstyr opsat i trykluftsystemet eller hvis dette er for besværligt/omkostningstungt spotmålinger af kompressorer og tryk i udvalgte positioner i systemet.

Hvis der anvendes måleudstyr skal dette være synkroniseret til at logge data såsom effektforbrug på kompressorer og tryk, flow og trykdugpunkt forskellige steder i systemet på eksakt samme tidspunkt. Det kan kræve en kortvarig afbrydelse af trykluftsystemet, såfremt der skal monteres flowmålere og/eller trykfølere i udvalgte positioner. Ud fra målingerne kan der genereres kurver, hvor man kan se driften og variationerne heri for hele systemet.

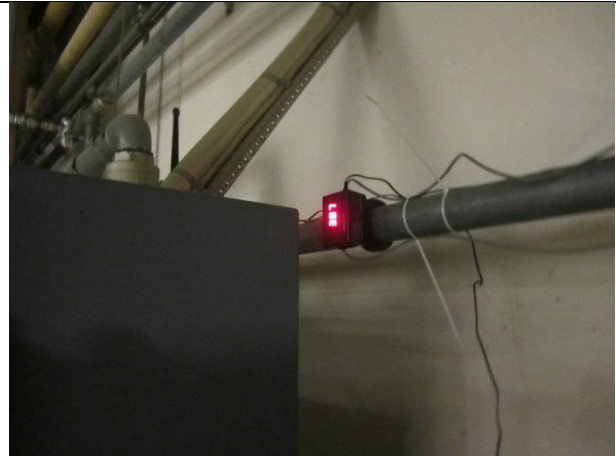
### 3.1 Direkte måling af flow

Den største udfordring ved målinger på trykluftanlæg er måling af flow. Til måling af flowet benyttes typisk en flowmåler som spændes udenpå røret, se figur 3.1.1. På måleren er der monteret to flowsensorer, som går ind i røret via to huller som bores i dette. Måleren måler flowet ved at holde den ene flowsensor (sonde) varmere end den anden. Flowet bestemmes ved den nødvendige mængde varme, der skal tilføres for at holde sensoren varm. Flowmåleren passer til og er kalibreret til en bestemt rørstørrelse. Det digitale display viser derfor flowet direkte og der skal ikke foretages opsætning eller justering. Måleren giver et 4-20 mA signal, så det er muligt at logge måledata. Montering af denne typer måler kræver, at trykluftanlægget afbrydes.

Fordelen ved at montere flowmålere i trykluftsystemet er, at det er muligt registrere flowet i udvalgte delstrengte af systemet, og hvorved få et overblik over hvor tryklften anvendes.



Figur 3.1.1 Flowmåler til montage udenpå rør



Figur 3.1.2 Flowmåler monteret på rør

### 3.2 Indirekte måling af flow

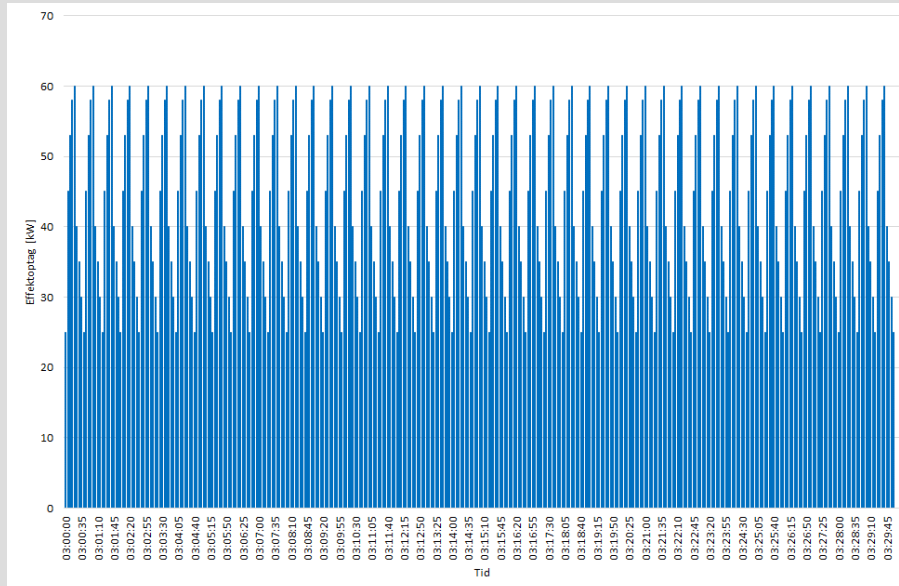
Flowet kan også bestemmes indirekte ved måling af kompressorens effektoptag og anvendelse af kompressorens effektkurve (sammenhæng mellem effektoptag og flow).

Elforbruget til kompressoren måles i en periode på f.eks. en halv time med en tidsopløsning på 1–5 sekunder. Dataene for elforbruget sorteres, så elforbruget i de perioder hvor kompressoren har kørt aflastet fjernes, så elforbruget for perioderne med belastet drift er kendt. Dette forbrug divideres med det målte effektoptag under belastet drift, så driftstiden med belastet drift (kompression) beregnes. Kompressorens kapacitet (flowet ved det givne tryk) multipliceres med driftstiden for belastet drift og divideres med målerperiodens længde. Herved fås flowet, der i modsætning til direkte målte flow med flowmålere kun kan være det totale flow fra kompressor anlægget, og ikke trykluftflowet i delstreng.

$$\text{Flow} = \frac{\left( \frac{\text{Elforbrug til kompression [kWh]}}{\text{Effektoptag til kompression [kW]} \cdot 60 \text{ min/h}} \right) \cdot \text{Kapacitet} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right]}{\text{Måleperiode [min]}}$$

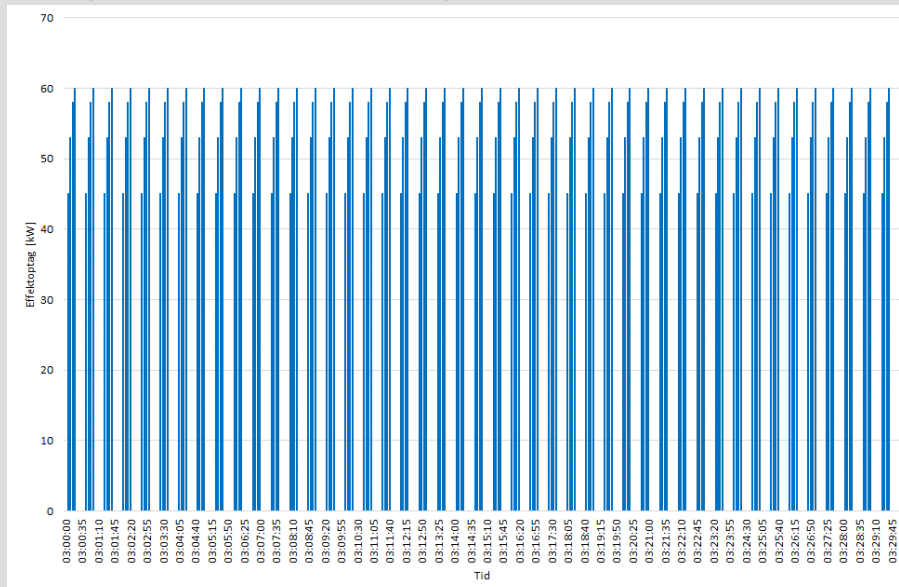
**Indirekte måling af flow**

I figur 3.2.1 ses en belastningsregistrering i en halv time på en kompressor med en kapacitet på 8 m<sup>3</sup>/min.. Effektoptaget ved dette flow er 60 kW. Elforbruget i den halve time er målt til 25 kWh.



Figur 3.2.1 Belastningsregistrering på en kompressor.

I figur 3.2.2 ses samme belastningsregistrering, hvor dataene for effektoptaget under aflastet drift er fjernet, så der kun er data for de perioder, hvor kompressoren producerer trykluft. Elforbruget i den halve time er beregnet til 18 kWh.



Figur 3.2.2 Belastningsregistrering når kompressoren producerer trykluft.

$$\text{Flow} = \frac{\left(\frac{18 \text{ kWh}}{60 \text{ kW}} \cdot 60 \text{ min/h}\right) \cdot 8 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}}{30 \text{ min}} = 4,8 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

### 3.3 Måling af tryk

Til måling af tryk i et trykluftsystem benyttes typisk en tryktransducer (se figur 3.3.1 og 3.3.2), som monteres på et rør via et T-stykke og en lynkobling. Måleren giver et 4-20 mA signal, så det er muligt at logge måledata. Montering af denne type måler kræver ikke, at trykluftanlægget afbrydes.



Figur 3.3.1 Tryktransducer på rør.



Figur 3.3.2 Tryktransducer på beholder.

### 3.4 Måling af effektoptag

Måling af effektoptaget for en trykluftkompressor foretages normalt med en effektmåler med datalogger. Måling af strøm og spænding kan foretages direkte på kompressoren (se figur 3.4.1 og 3.4.2) eller i den eltavle, som kompressoren forsynes fra. Montering af denne type måler kræver ikke, at trykluftanlægget afbrydes.



Figur 3.4.1 Effektmåler på kompressor.



Figur 3.4.2 Måling af strøm i de tre faser.

Målingen af effektoptaget kan anvendes til en række formål. Som nævnt tidligere i dette afsnit kan målingen anvendes til en indirekte måling af flowet. En måling kan også benyttes til at vurdere lækagetabet fra rørsystemet.

### 3.5 Dataloggere

Alle måledata kan opsamles i dataloggere, hvorfra data importeres i en basestation eller en bærbar PC. For at kunne afsløre eksempelvis en defekt indsugningsventil eller for at kunne vurdere størrelsen af lækagetabet skal tidopløsningen være 1-5 sekund.



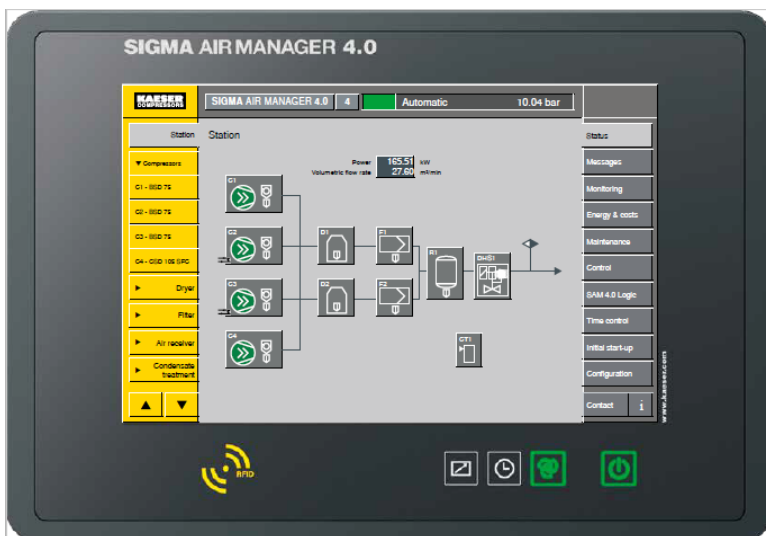
Figur 3.5.1 Dataloggere



Figur 3.5.2 Basestation

### 3.6 Styring og overvågning

Moderne trykluftsystemer er forsynet med masterkontroller eller overordnet styring, der kobler kompressorerne ind og ud på de tidspunkter, der energimæssigt set er bedst.



Figur 3.6.1 Overordnet styring fra Kaeser Kompressorer.

Styringen måler trykket efter efterbehandlingen og sikrer, at der til stadighed er det minimumstryk, der er behov for i produktionen, og at kompressorerne ikke kører med højere tryk nødvendigt.

I en overordnet styring foretages der endvidere en permanent (online) overvågning (dataopsamling og analyse) af komponenternes tilstand i trykluftanlægget. Dette sikrer, at det er muligt at fastsætte det ideelle tidspunkt for service på anlægget. Dette forhindrer uplanlagte driftsstop og opretholder anlæggets energieffektivitet.

Overvågning af anlæggets energieffektivitet er en af de væsentligste funktioner i den overordnede styring. Flowet og effektoptaget for kompressorerne måles permanent og på baggrund af målingerne beregnes det specifikke effektoptag, som er et udtryk for energieffektiviteten.