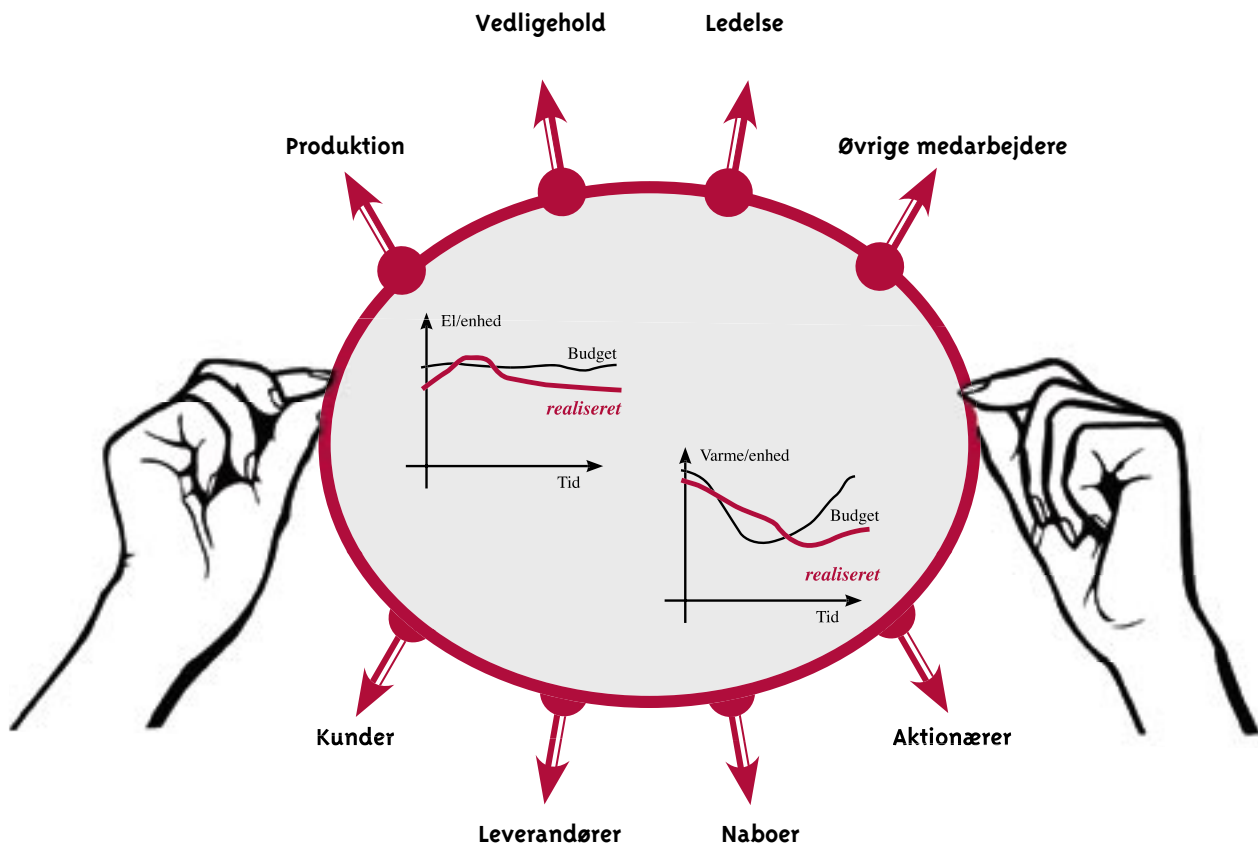


ENERGINØGLETAL

-målrettet anvendelse...



INDHOLDSFORTEGNELSE



FORORD	3
HILTON - udvikling i energiindsatsen	4
ARLA FOODS - Målopfølgning	5
SCANDINAVIAN IT GROUP - Procesovervågning	6
ÅRHUSEGNENS ANDELSSELSKAB »Benchmarking«	7
ANALYSE AF DATA	8
UDRUSTNING, MÅLEUDSTYR OG DATABEHANDLING	10
NYTTIGE TIPS TIL ARBEJDET MED NØGLETAL	12



F O R O R D

NYTTIGE NØGLETAL

Det er betryggende for virksomhedens ledelse og den energiansvarlige at konstatere, at energiforbruget holder sig på et jævnt, lavt niveau. Men opdager man, at ens kollegaer i branchen klarer sig med mindre energi, er det både foruroligende og inspirerende.

For at kunne vurdere udviklingen hos sig selv og sammenligne sig med kollegaerne, har man brug for nøgletal. På energiområdet kan nøgletallene være virksomhedens energiforbrug. Men da de færreste virksomheder producerer det samme år for år - hverken i mængder eller produkter - må energiforbruget sættes i forhold til produktionen, for at man kan få et rimeligt grundlag for bedømmelsen. Det gælder, når virksomheden vurderer udviklingen i eget energiforbrug, og det gælder ikke mindst ved sammenligning mellem forskellige virksomheder.

Denne pjece beskriver, hvordan man opstiller og arbejder med nøgletal. Hvordan analyseres energiforbruget? Skal man arbejde med få, overordnede nøgletal eller med nøgletal for hvert delområde i virksomheden? Hvor ofte skal man opgøre nøgletallene? Hvordan forbedres nøgletallene? Kan det betale sig? Det belyser pjecen i de korte generelle afsnit og igennem fire eksempler fra erhvervslivet.

NØGLETAL BRUGES ISÆR TIL:

- at vurdere udviklingen i virksomhedens eget energiforbrug
- at afdække uhensigtsmæssige forbrug
- at opgøre resultaterne af indsatsen for energieffektivisering
- at forbedre grundlaget for budgettering
- at sammenligne virksomheden med andre virksomheder
- benchmarking internt i virksomheden eller med andre virksomheder

Når man arbejder med energieffektivisering, er det godt at være ambitiøs. Men start alligevel lidt forsigtigt med nøgletallene, fordi man med en stor datamængde let mister overblikket og taber lysten. Start med få nøgletal, hvor fx forbruget af el og varme/brændsel sættes i forhold til den samlede produktion og eventuelt yderligere opgøres i forhold til produktionen i nogle få overordnede afsnit.

DER ER MANGE SLAGS NØGLETAL

Nøgletal er tal, der anvendes til at bedømme en virksomheds udvikling. På energiområdet kan der opstilles mange nøgletal. Eksempler:

GENEREL BESKRIVELSE

- Det samlede energiforbrug
- Energiforbrug pr. weekend (Tomgangsforbrug)
- Energiudgifter i forhold til omsætningen
- Energiforbrug pr. ansat
- Energiforbrug pr. produceret enhed
- Energiforbrug pr. produceret enhed i hvert fabriksafsnit
- Energiforbrug pr. produceret enhed for hver maskine
- Rumvarmeforbrug pr. m² opvarmet areal

EKSEMPLER

- 120 TJ/år. 2,5 TJ/produktionsuge
- El: 670 kWh/weekend
- El plus brændsel: 2,1% af omsætningen
- El 14.000 kWh/ansat, brændsel 192 GJ/ansat
- 650 MJ/sengedag. 429 MJ/stk.
- A: 500 kWh/ton B: 1360 MJ/m² C: 456 kWh/1000 l
- Maskine D: 1,9 kWh/enhed Maskine E: 2,4 kWh/enhed
- 833 MJ/m². 263 kJ/m², graddag

Nøgletallene kan opgøres fx dagligt, ugentligt eller månedligt eller pr. produktionsserie/batch. De kan inddrage forhold som eksempelvis udetemperatur (graddage), råvarens fugtighed eller omfanget af efterbearbejdning.

Start også med at opgøre forbrug og produktion med rimelige mellemrum, eksempelvis ugentligt. Det vil hurtigt give erfaringer, som kan bruges til at vurdere, om det vil være nyttigt at opdele på flere produktionsafsnit og eventuelt på udvalgte apparater, om der skal opstilles nøgletal for hver produkttype, om nøgletallene skal opgøres oftere eller sjældnere, og om der kan være behov for at inddrage flere ydre påvirkninger i nøgletallene.

Go' fornøjelse
Mogens Johansson & Hans Andersen
Dansk Energi Analyse og Teknologisk Institut



SKAL VI OPSTILLE NØGLETAL FOR DETTE OMRÅDE?

- Får vi større indsigt i energiforbruget og processen ved at følge dette nøgletal?
- Kan vi forvente at afsløre et unødvendigt energiforbrug?
- Kan det forbedre planlægning og budgettering?
- Hvad koster det at etablere et målested, og hvad koster den årlige registrering og opfølgning?
- Hvad kan fordelene værdisættes til?
- Vil det være mere fordelagtigt med en simplere måling eller sjældnere opgørelse?
- Skal indsatsen være permanent, eller er en midlertidig overvågning nok?

HILTON - UDVIKLING I ENERGIINDSATSEN

Hilton Copenhagen Airport er "byens eneste hotel med egen lufthavn". Hotellets ca. 32.000 m² omfatter 382 værelser, swimmingpool, fitness center, banketdel og ikke mindst det imponerende 45 meter høje atrium. Det årlige energiforbrug er 9000 MWh, der fordeler sig på energikilder som vist i forholdet nedenfor.



HILTON - FORMÅL

Den vigtigste opfølgning har hele tiden været, at hotellet måler sig med sig selv. Fra 2003 er der imidlertid også blevet gode muligheder for løbende at sammenligne sig med de andre Hilton hoteller, idet der er indført et fælles rapporteringssystem HER, Hilton Energy Registration. Det nye system er opbygget på især skandinaviske erfaringer, som er opnået inden for Scandic hotellerne, der i dag indgår i Hilton koncernen.

INDSATSEN

Hver måned siden hotellets start år 2001 aflæses de ni energimålere, der opgør:

Fjernvarmeforbrug totalt	Elforbrug totalt	Elforbrug køkken
Elforbrug produktionskøl	Elforbrug komfortkøl	Elforbrug swimmingpool
Elforbrug fitness center	Gasforbrug køkken	Gasforbrug lounge

For at kunne følge og vurdere udviklingen i forbrugene beregnes der hver måned en række nøgletal for såvel elforbrug som fjernvarmeforbrug:

kWh pr. m ²	kWh pr. "solgt" værelse	kWh pr. gæstenat
------------------------	-------------------------	------------------

Desuden sammenholdes månedens samlede forbrug af el og varme med forbrugene i samme måned året før.

RESULTATER

Forbrugstallene og nøgletallene giver et godt overblik over udviklingen i energiforbruget, og giver mulighed for at gribe ind ved fejl på forbrugssiden. Således skærpedes opmærksomheden, da nøgletallet for elforbruget til komfortkøl i begyndelsen af 2003 vurderedes at ligge højt, og der samtidigt registreredes mange driftstimer på kølekompresorerne. Det viste sig, at varmelegemerne for frostsikring af køletårnene var tændt konstant. En montør havde slået styringen fra for at afhjælpe et problem med bundfrosset kølevand, men havde glemte at fortælle om det, og kun takket være den løbende overvågning blev fejlen fanget.

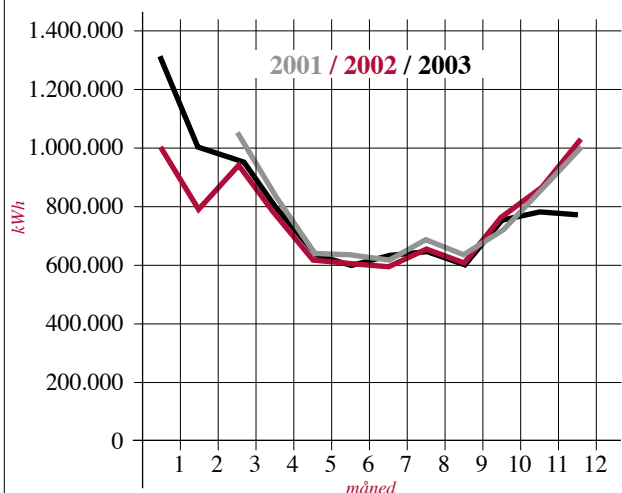
Den løbende overvågning inspirerer også til besparelser, som tidsstyring af ventilation, lysdæmpning i hallen gennem 5% reduktion af spændingen, udskiftning af halogenlamper med lamper med lavere wattage, behovstyring af ventilation og varme i ball room osv. De månedlige opgørelser er ligeledes et nødvendigt udgangspunkt

i motivationen af medarbejderne, som bl.a. omfatter drøftelser på afdelingernes kommunikationsmøder.

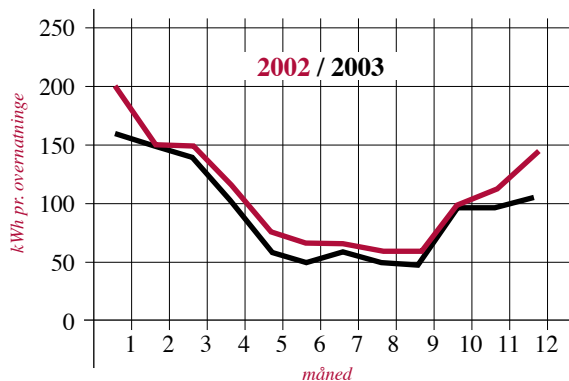
VÆRDIEN AF INDSATSEN

Teknisk afdeling bruger under en dag om måneden på at aflæse målere, lave rapporter og følge op på nøgletallene. Erfaringen viser, at resultaterne retfærdiggør indsatsen, og det kan endda være en fordel at følge endnu tættere op på udviklingen i energiforbrugene. Det kan gøres med flere målere. Især står elmålere for gæstedelen (værelserne) og for banketdelen højt på ønskesedlen, fordi forbrugene på disse to områder kan sættes i forhold til antal gæstenætter, henholdsvis antallet af solgte kuverter, som allerede registreres. Det vil også være en fordel at overgå til ugentlige aflæsninger af målerne, og dermed få en tættere opfølgning på nøgletallene, for som den tekniske chef siger, kan der godt skjule sig variationer inden for en måned.

SAMLET ENERGI FORBRUG PR. MÅNED SIDEN ÅBNINGEN



TOTALT ENERGI FORBRUG PR. GÆSTENAT PR. MÅNED



ARLA FOODS - MÅLOPFØLGNING

FORMÅL

Overordnede nøgletal for udviklingen i energiforbrug kan sjældent bruges som beslutningsparametre for handlinger på det konkrete "anlægsniveau", men de kan være særdeles velegnede som motiverende parametre for at fastholde fokus i en organisation på at "noget må gøres". Samme mekanisme ses jo i den normale drift af virksomheden, når bestyrelsen fx melder ud, at afkastet skal være minimum 10% af omsætningen. Det er en slags pejlemærke der bliver stukket ud, som virksomheden normalt herefter forventes at forfølge målrettet.

De overordnede nøgletal vil ofte være en virksomheds første arbejde med nøgletal. De vil skabe nyhedsværdi og interesse, men nøgletallet er lige så vigtigt for fastholdelse af interessen blandt medarbejderne, således at medarbejderne løbende kommer med forslag til, hvordan virksomheden kan effektiviseres yderligere.

Arla Foods består af en lang række produktionssteder, der hver især fungerer som en "selvstændig virksomhed". Koncernens ønske om at fremstå som en energibevidst virksomhed, der drives så rentabelt som overhovedet muligt, er derfor 100% afhængig af den lokale motivation, da konkrete anlægsændringer besluttes lokalt.

Bl.a. for at skabe denne motivation satte Arla sig følgende mål, som det overordnede nøgletal skal understøtte/drive koncernen frem imod:

Mindske det relative energiforbrug til el og varme inden udgangen af 2005/06 med 5%, set i forhold til forbruget i år 2000. Dette gælder produktionsområder, hvor der ikke sker større forandringer.

INDSATSEN

I første omgang er udelukkende fokuseret på afregningsmålere for el og varme. De årlige aflæsninger for produktionsstederne i Danmark samles centralt i et regneark, som er etableret og drives af koncernens centrale energifunktion, placeret i hovedsædet i Viby.

Produktionsstederne er grupperet i fire grundlæggende produktionsformer:

konsum (mælk)	smør	ost	ingredients
---------------	------	-----	-------------

De godt 100 målere på de ca. 30 danske produktionssteder, aflæstes i forvejen såvel manuelt som automatisk med varierende tidsintervaller.

1. Indsatsen bestod i første omgang i at få samlet og indtastet de mange aflæsninger i et og samme regneark, hvilket krævede en indsats på et par arbejdsuger for den energiansvarlige.
2. Dernæst skulle produceret tonnage samles for de 30 produktionssteder og indtastes i samme ark, hvilket krævede yderligere 1 uges indsats.
3. Årsaflæsning nr. 2 indtastes. Herefter ser man det første reelle billede af, om man er på sporet af den tidligere formulerede målsætning - 5% reduktion inden år 2005.

PERPEKTIV:

På sigt kan systemet faktisk præsentere "sjove tal" som fx årligt gennemsnitligt forbrug pr. tonnage i afhængighed af produktionsform. Derved kan det enkelte produktionssted se, om de er bedre eller dårligere end gennemsnittet.

Erfaringen viser at denne sammenligning ofte har en positiv effekt, uanset om man ligger over eller under gennemsnittet. De bedre ønsker at blive endnu bedre og fastholde positionen, mens de ringere får travlt med både og forklare sig men faktisk også at overveje, hvorledes de kan forbedre positionen.

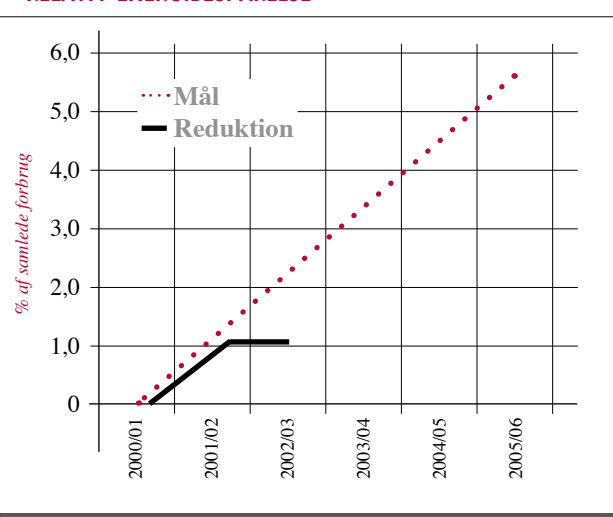
Ofte - også hos Arla - foregår en del aktivitet omkring energibesparelser, når det besluttes at etablere et centralt nøgletalsystem. Det kan derfor være en fordel at gå et par år tilbage i årsaflæsningerne og indtaste disse. Derved behøver man ikke at vente et helt år på at få et billede af udviklingen. Denne øvelse vil i sig selv skabe noget dynamik. Fx vil en stigende tendens i relativt energiforbrug fra år 1998 til 2000 nok have afstedkommet en del aktivitet med et helt nyt formuleret mål/ønske om årligt fald fra år 2000.

RESULTAT

Hovedresultatet - den relative energibesparelse - vist på figuren - kan herefter vises for hele Arla-koncernen, produktionsgrupperen eller det enkelte produktionssted.

Arla er faktisk nu et stykke fra sin målformulering, men det animerer bare til yderligere aktiviteter. Det bliver vurderet, om nøgletallet er sigende nok, om stagnationen virkelig er udtryk for at energibesparelsesindsatsen er stagneret, eller er det nuancer i produkter osv., der er skyld i, at nøgletallet ikke flytter sig som forventet. Ydermere animerer den manglende målopfølgelse selvfølgelig til konkrete aktiviteter på de enkelte produktionssteder.

RELATIV ENERGIBESPARELSE



VÆRDI I FORHOLD TIL INDSATS

5% af den danske del af Arlakoncernens årlige el-, vand- og varmeforbrug svarer til en udgift på ca. 17 millioner kr. Det overordnede nøgletal kan selvfølgelig ikke realisere målet alene, men anses for en meget vigtig motivationsskabende faktor. Indsatsen for at drive de overordnede nøgletal er minimal, i og med at alle aflæsninger efterspørges i forvejen af andre lokale styringssystemer - fx grønne regnskaber, budgetopfølgning m.v. Ydermere har det også givet en positiv effekt overfor kunderne at kunne dokumentere, at Arla arbejder med energibesparelser og rent faktisk effektiviserer produktionen løbende.

SCANDINAVIAN IT GROUP

PROCESOVERVÅGNING

Scandinavian IT Group er SAS gruppens dataservice-firma. Til køling af firmaets datacentral i Kastrup er der i alt 11 kølekompresorer, hvoraf syv med ammoniak og fire med freon som kølemiddel. Den årlige køleydelse er 5000 MWh.

INDSATSEN

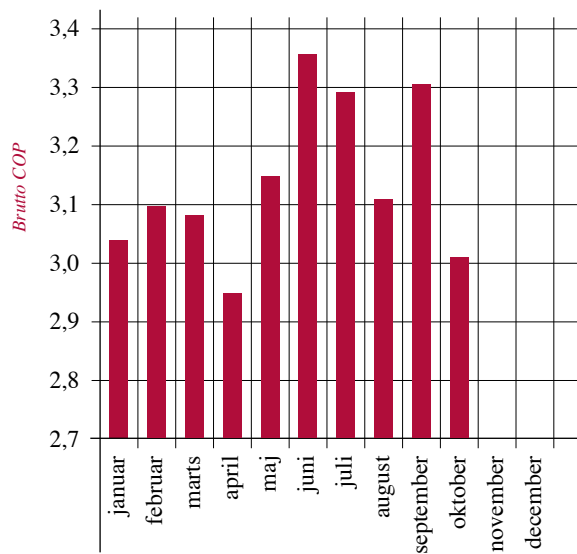
Jørgen Meltofte, chef for vedligehold, lægger vægt på at sikre en høj energieffektivitet af køleanlæggene og alt det øvrige udstyr. Derfor er alle nyere køleanlæg udstyret med en måler for kompressormotorens elforbrug og en måler for kompressorens køleydelse, som opgøres ud fra kølekredsens frem- og returtemperatur samt flow. Energieffektiviteten udtrykkes ved COP, Coefficient Of Performance, og beregnes som:

$$\text{COP} = \frac{\text{Køleydelse}}{\text{Elforbrug}}$$

For anlæg i almindelig drift beregnes COP-værdien hver måned som et nøgletal, så man præcist ved, hvor gode de enkelte anlæg er og kan prioritere driften derefter.

COP for hele køleinstallationen i de første 10 måneder af år 2003 er vist nedenfor. COP har ligget mellem 3,0 og 3,4.

Brutto COP for køleanlæggene i 2003. Brutto COP opgøres som månedens totale køleproduktion i forhold til månedens totale elforbrug til køling.



RESULTATER

Den vigtigste anvendelse af nøgletallet er efter Jørgen Meltoftes opfattelse ved afleveringen af et anlæg, hvor den målte værdi COP^{målt} sammenlignes med den værdi COP^{opg.} som leverandøren har opgivet i sit tilbud. Ligger den målte værdi mere end 7,5% under den opgivne, skal leverandøren ifølge udbudsbetingelserne refundere Scandinavian IT Group et beløb på 20.000 kr pr. procents afvigelse. Desuden skal leverandøren begrænse forskellen mellem den målte og den opgivne værdi til højst 7%.

VÆRDI AF INDSATSEN

Udgifterne til måling af energieffektiviteten er omkring 25.000 kr. pr. anlæg. Beløbet omfatter energimålere, deres montage og kalibrering, el, tilslutning til CTS-anlægget samt programmering. Jørgen Meltofte er overbevist om, at de får fuld valuta for disse udgifter allerede ved afleveringsprøven, for "man ved ikke, hvad man får, hvis ikke man måler ydelsen". Hertil kommer så fordelene ved den månedlige opfølgning på hver kompressors energieffektivitet og den gode oversigt, som også udnyttes ved planlægningen af næste års vedligeholdelsesbudget.

ÅRHUSEGNE NS ANDELSSELSKAB - "BENCHMARKING"

En del virksomheder/koncerner har praktisk taget ens produktionssteder eller forretninger spredt ud over landet. Velkendte eksempler er bankerne med deres filialer, supermarkedskæder med deres butikker, burgerbarer osv. Eksempler findes også i industrien, sådan som det følgende eksempel.

FORMÅL

Århusegnens Andelselskab ejer og driver en række stort set ens korn- og foderstoffabrikker. Som led i deres aftale med Energistyrelsen om energieffektivisering, har koncernen opbygget et ganske unikt energistyringssystem.

Formålet med systemet er at verificere opfyldelsen af koncernens overordnede spæremål: En reduktion af energiforbruget pr. produceret enhed med 2% pr. år. Desuden er formålet at kunne sammenligne de enkelte produktionsenheder indbyrdes, og at kunne sammenligne betydende maskinelementer som formaling, kaskadeblanding, pillepresning og pillekøling.

Målet med denne sammenligning "benchmarking" er, at kunne sætte ind med effektivisering netop der, hvor ressourcerne vil have den mest positive effekt i form af et realiseret potentiale.

Energistyringssystemet bevirker ydermere, at man kan lære i form af "best practice" studier. Kan en fabrik eksempelvis køre slaglemøllerne med et forbrug på 4 kWh pr. ton, hvor andre måske bruger 5,5 kWh pr. ton, er der basis for at studere driften på denne fabrik, for at få ideer til at hæve driften af de andre møllere til samme effektivitet.

INDSATSEN

De otte fabrikker er - eller vil blive - udstyret med hver syv målere, der er koblet op til en centralt placeret PC'er, der modtager data løbende via telefonnettet. De fabrikker, der endnu ikke er udstyret med den fuldautomatiske løsning, aflæser afregningsmålerne månedligt og videregiver oplysningerne manuelt, via et skema til den centrale operatør.

Den fuldautomatiske løsning er udført for få tusinde kroner pr. målepunkt foruden udgiften til opkobling via telefonnettet samt 5-10.000 kr. til det centrale databaseværktøj, som måledata placeres i. Hertil kommer selvfølgelig ressourcer i form af arbejdstimer til at få hele systemet til at fungere. Alt i alt er etableringen af det omfattende system anslået til en udgift på ca. 500.000 kr. Systemet blev udviklet og implementeret over en periode på ca. et halvt år.

Driften af systemet kræver ikke mange ressourcer pga. fuldautomatisk opsamling af data, samt generering af tabeller og kurver. Det vurderes, at der bruges 1-2 dage pr. måned svarende til 10.000 kr. til kvalitetssikring af data, samt til distribution og diskussion af nøgletalrapport med de otte produktionssteder.

RESULTATER

Systemet dækker en række forbrug - elektricitet, vand og varme. Eldelen deles op i elektricitet til "hovednerven" og øvrig elektricitet. "Hovednerven", som udgør ca. 65% af elforbruget, opdeles yderligere på fire hovedgrupper - formaling, blanding, presning og

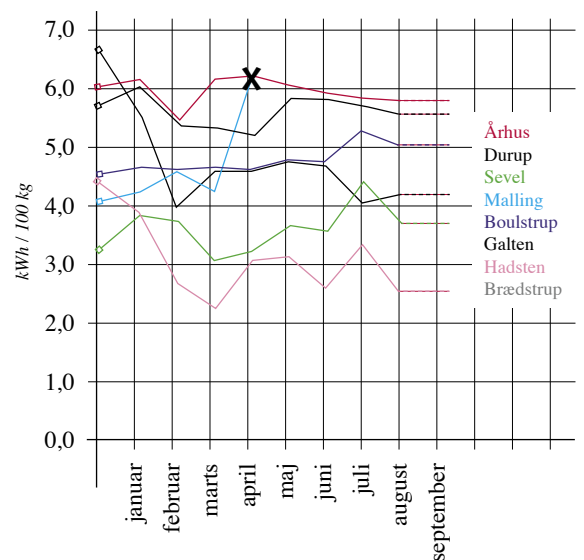
afkøling. Produceret tonnage indsamles, så alle tal kan vises i den sammenlignelige enhed kWh/100 kg.

Nedenfor er vist et eksempel på, hvorledes man herefter præsenterer resultaterne grafisk, således at den enkelte produktion kan måle sig med de øvrige.

Som det ses er figuren meget illustrativ, idet den viser, at der er stor forskel i effektivitet mellem fabrikkerne. Nøgletallene varierer lige fra den relativt nye fabrik i Sevel, der kan producere med en effektivitet på ca. 3 kWh pr. 100 kg foder, til den gamle fabrik i Århus, der producerede med dobbelt så stort elforbrug, ca. 6 kWh pr. 100 kg.



TOTALT ELFORBRUG 2003



Århusfabrikken er i øvrigt bl.a. på den baggrund lukket ved indgangen til 2004, og erstattes af det helt nye anlæg i Galten, som er med på figuren, men endnu ikke er i produktion.

Der udarbejdes tilsvarende figurer for de fire betydende elforbrug i "hovednerven" og for varmemeforbruget.

VÆRDI AF INDSATSEN

Som det ses af figuren er variationen i energieffektivitet stor. Alene på elsidens er forskellen ca. 3 kWh pr. 100 kg, hvilket med nuværende elpriser og produktion svarer til en udgift på 5-6 millioner kr. årligt.

En startomkostning på 500.000 kr. samt et årligt forbrug 120.000 kr. for at drive nøgletalssystemet er en god investering, set i forhold til potentialet på 5-6 millioner kr. Selvfølgelig realiserer nøgletalssystemet ikke energibesparelser i sig selv, men systemet gør det særdeles synligt, på hvilke fabrikker og maskiner der bør sættes ind, samt hvilke fabrikker og maskiner, man kan bruge som rollemodeller for, hvorledes anlæg bør projekteres og vedligeholdes.

ANALYSE AF DATA

SIMPLE NØGLETAL

I rigtig mange tilfælde bruges kun et enkelt nøgletal til at beskrive sammenhængen mellem energiforbrug og ydelser eller faktorer, jævnfør de første tre eksempler forneden. For at kunne opstille sammenhængen er det nødvendigt med et antal sammenhørende data, dvs. ydelsen/faktoren og det dertil hørende energiforbrug, opgjort pr. uge, batch eller lignende. Sammenhængen kan findes ved at indtegne de sammenhørende data i et diagram, og derefter indtegne den rette linie, der bedst viser sammenhængen mellem energiforbrug og ydelsen/faktoren. Man kan også benytte et regneark til at analysere data, og vil så benytte en såkaldt regressionsanalyse, som er beskrevet i eksemplet på næste side.

NØGLETAL FOR FLERE PRODUKTER

Har virksomheden flere forskellige produkter, vil man ofte vælge at måle energiforbruget til hver produktion og opstille simple nøgletal for hver produkt. En anden mulighed er at måle det fælles energiforbrug og udtrykke det ved:

$$\text{Energiforbrug} = \text{grundlast} + \text{nøgletal A} * \text{produktmængde A} + \text{nøgletal B} * \text{produktmængde B} + \dots + \text{nøgletal N} * \text{produktmængde N}$$

Nederst til højre er dette udtryk vist grafisk for to produkter. For at kunne opstille det konkrete udtryk er det nødvendigt med et antal sammenhørende data, (energiforbrug, produktmængde A og produktmængde B for et antal perioder). Disse data analyseres i et regneark med brug af regressionsanalyse, (da der er tale om flere parametre, kaldes det multipel regressionsanalyse). Den udføres på principiel samme måde som beskrevet på næste side.

En tredje mulighed er at benytte en vægtet produktionsmængde og et enkelt nøgletal

$$\text{Energiforbrug} = \text{grundlast} + \text{nøgletal} * \text{vægtet produktmængde}$$

$$\text{Vægtet produktmængde} = \text{produktmængde A} + \text{B} * \text{produktmængde B} + \dots + \text{N} * \text{produktmængde N}$$

Også her kan man benytte regressionsanalyse til at analysere data og beregne faktorerne i det resulterende udtryk for energiforbruget, dvs. 'nøgletal', 'nøgletal*B', ..., 'nøgletal*N'.

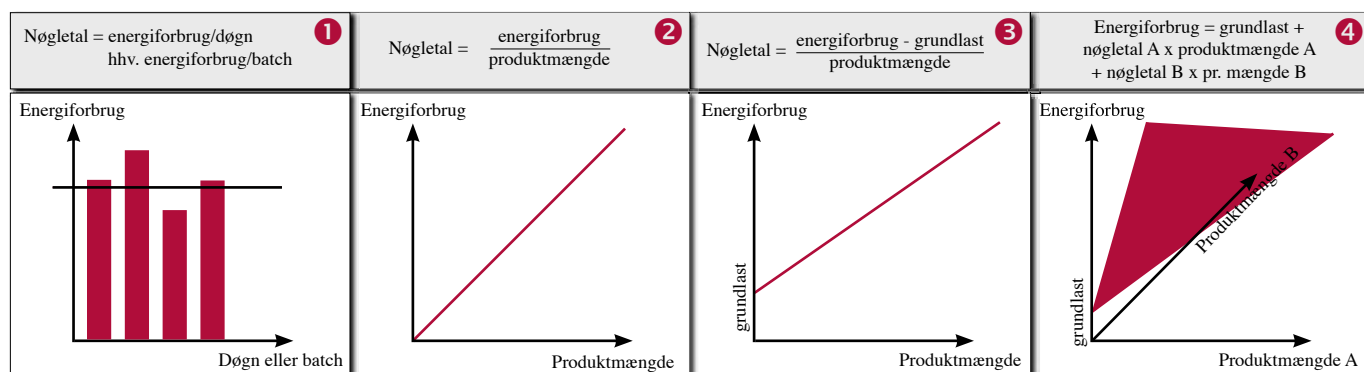
En anden mulighed er at vurdere forholdet mellem energiforbrugene til hvert enkelt produkt og indsætte forholdstallene som faktorer (B,... N).

Ved en europæisk analyse af bryggeriers energiforbrug sagde man således, at 3 hl sodavand energimæssigt svarer til 1 hl øl, og man benyttede således udtrykket:

$$\text{Vægtet produktmængde} = \text{ølproduktion} + 0,333 * \text{sodavandsproduktion}$$

NØGLETAL FOR ET PRODUKT OG FLERE FAKTORER

Det er ikke altid muligt at forklare udviklingen i energiforbruget med et enkelt nøgletal. Der kan være en række andre forhold (ud over fx produktmængden), der spiller ind. Det kan være forhold vedrørende råvaren, efterbearbejdning, omgivelserne osv. Man prøver så at inddrage disse forhold og analysere deres betydning for energiforbruget. Det kan gøres som beskrevet i flowdiagrammet nedenfor. Resultatet af en sådan analyse bliver "operationelle nøgletal", som giver en ret detaljeret opgørelse af energiforbruget, og som derfor bl.a. kan benyttes til nøje at følge et anlægs energieffektivitet og afsløre afvigelser i effektiviteten. Opgørelse af nøgletal, når energiforbruget afhænger af flere faktorer.



MULTEPEL REGRESSION

-OLIEFORBRUG TIL TØRRING

Der er opstillet operationelle nøgletal for olieforbruget til tørring af træspåner i en tørretromle. Først opstilledes en bruttoliste på seks forskellige faktorer, der kunne påvirke energiforbruget. To af disse faktorer var udeluftens temperatur og spånernes sluttemperatur. De blev imidlertid udeladt på et tidligt tidspunkt, fordi tørringen foregik ved temperaturer på 250-450 °C og betydningen af disse to temperaturer derfor vurderedes som minimal. En tredje faktor var antallet af produktionsstop, men da den pågældende tørretromle kun havde få produktionsstop, betragtedes denne faktor også som ubetydelig. Tørreluftens fugtighed var en fjerde faktor. Den måltes manuelt, og da en løbende dataopsamling blev anset for dyr, blev også denne faktor udeladt, selv om tørreluftens fugtighed naturligvis har en vis indflydelse på olieforbruget. De to sidste faktorer var mængden af spåner og fugtigheden i spånerne. Der startedes en registrering af de to faktorer og olieforbruget i en række døgn. Målingerne blev analyseret med multipel regressionsanalyse, og følgende sammenhæng blev fundet for den pågældende tørreovn:

$$\text{Olieforbrug (liter/døgn)} = 57,2 * \text{produktmængde (tons/døgn)} + 39,7 * \text{råvarefugtighed (\%)} - 1474$$

REGRESSIONSANALYSE

-GASFORBRUG TIL PRODUKTIONSLINIE

Gasforbruget til en af virksomhedens produktionslinier er opgjort måned for måned i år 2002. Samtidig er produktionen opgjort som vist i tabellen.

Sammenhængen mellem gasforbrug og produktion findes ved hjælp af regressionsanalyse. Benyttes et Excel regneark, går man ind i menufunktionen og vælger »dataanalyse« og derefter analyseværktøjet »regression«. Resultaterne af regressionsanalysen er vist i graferne.

MÅNEDLIG PRODUKTION OG GASFORBRUG I 2002

Januar	1223	523
Februar	1217	550
Marts	1086	479
April	1320	536
Maj	1193	512
Juni	1191	526
Juli	532	215
August	1070	456
September	1187	512
Oktober	993	410
November	1263	544
December	813	360



Analysen giver også mulighed for at vurdere, hvor pålidelig det fundne udtryk er ("om ligningen er signifikant"). Man skal se på P-værdierne, på signifikans F og på R-kvadreret. P-værdierne skal være lave (fx under 0,05), hvilket er opfyldt for P-værdien for X-variabel 1, men ikke for den anden P-værdi. Signifikansen F er meget lav, så regressionsanalysen kan anses for signifikant.

Endelig er R-kvadreret meget høj, hvor en R²-værdi mellem 0,6 og 0,9 normalt anses for tilfredsstillende.

Som P-værdien for "skæringen" angiver, er skæringen med Y-aksen ikke bestemt med nogen stor nøjagtighed. Problemet er, at de fleste produktmængder er næsten lige store. Det ville derfor være en fordel, hvis der kunne inddrages flere måneder med lav produktion.

Skæringen med Y-aksen kan ikke opfattes som udtryk for virksomhedens tomgangs-gasforbrug, idet månederne med lavere produktion mangler en eller flere hele uger, således at den ugentlige produktionstid og start/stoptid vægter næsten ens i alle måneder. Vil man bestemme start/stop-forbrugene er det derfor nødvendigt, at opgøre gasforbrug og produktion pr. døgn og behandle mandage (start plus produktion), fredag (produktion plus stop) og tirsdage - torsdage (kun produktion) hver for sig.

RESUMEOUTPUT

REGRESSIONSSTATISTIK

Multipel R	0,987574
R-Kvadreret	0,975303
Justeret R-Kvadreret	0,972833
Standardfejl	16,23205
Observationer	12

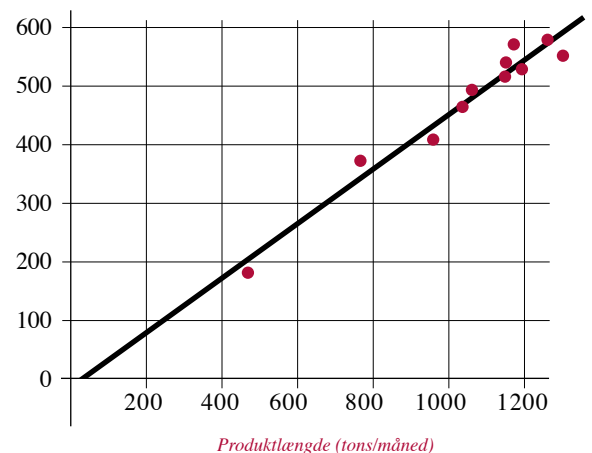


ANAVA

	fg	SK	MK	F	signifikans F
Regression	1	104048,1	104048,1	394,9004	2,28E-09
Residual	10	2634,794	2634,794		
Ialt	11	106682,9			

	koeffi- cienter	standard- fejl	t-stat	P-værdi	nedre 95%	øvre 95%	nedre 95%	øvre 95%
Skæring	-8,06614	24,43928	-0,33005	0,748174	-62,5203	46,38797	-62,5203	46,38797
X-variabel 1	0,437026	0,021992	19,8721	2,28E-09	0,388025	0,486027	0,388025	0,486027

GASFORBRUG = - 8 + 0,437 X PRODUKTIONSLÆNGDE



UDRUSTNING - MÅLEUDSTYR OG DATABEHANDLING

I den indledende fase i arbejdet med nøgletal kan man ofte anvende meget simple midler som eksisterende afregningsmålere og ”blyant og papir”. Kommer man godt i gang, vil der dog hurtigt opstå et ønske om flere detaljer i de målte data, samt mere automatisering omkring præsentationen af data. Til dette formål findes en række typer af udstyr på markedet. På denne side er nævnt eksempler på måleudstyr for permanent montage, måleudstyr anvendt til spotmåling samt hele systemer for behandling og præsentation af større datamængder.

MÅLEUDSTYR TIL ENERGIFORBRUG

Til måling af energiforbrug findes der et stort udvalg af forskellige målere, og prisen varierer meget afhængig af de individuelle valg. Desuden er fjernaflæsning på disse energimålere ved at være meget udbredt, og denne kan forekomme på mange forskellige måder, DTFM – modem, GSM-modem, LON works, ethernet med flere. Typisk er energimålere bygget modulært op med et grundmodul til selve målingen / beregningen og dertil hørende kommunikationsmoduler.

Herunder er eksempler på priser på forskellige energimålere. Alle priserne er listepreiser og anslået inkl. et DTFM - modem opkobling for fjernaflæsning. Herudover skal der typisk være en ”modtagerende” – en Pc'er med software (se afsnittet om databehandling nederst).

ENERGITYPE	PRISLEJE	TYPE OG FABRIKANTER
Elektrisk energi - pris her angivet op til ca. 60A forbrug	fra 2.000,-	kWh måler evt. m. pulsudg.+ hukom. ABB, Kamstrup, Brunata
Varme, vand - pris afhænger meget af flow, her 1 m ³ /t	fra 4.500,-	Måler flow, frem- & returtemp. beregning af kWh. Kamstrup, Brunata m.fl.
Varme, gasmåler	fra 4.000,-	IGA

ELEKTRISK MÅLEUDSTYR

Tabellen nedenfor viser sammenhængen mellem en ønsket type måleopgave samt det forventelige prisniveau for det nødvendige udstyr til opgaven. For alle typer opgaver gælder det, at man kan få måleudstyr af varierende kvalitet, og oftest afspejles kvaliteten i prisniveauet.

OPGAVETYPE	PRISLEJE	TYPE OG FABRIKANTER
Spotmåling - strøm	fra 1.000,-	Tangamperemetre med display. LEM, Fluke, ELMA
Spotmåling - effekt, cosφ, m.v.	fra 5.000,-	Powermetre med displayvisning. LEM, Fluke, ELMA, Nanovip Plus
Effektmåling - logning over tid	fra 7.500,-	Powermetre inkl. datalogning. Nanovip plus MEM, MobLog
Effektmåling - logning over tid samt integration med andre målte str. (fx temp, tryk m.m.)	fra 15.000,-	Flerkanals loggere inkl. effektmåling. MobLog, Fluke

Ved alle måleopgaver skal man sikre sig, at personen der betjener udstyret, har den fornødne faglige baggrund. Effektmålinger kræver typisk adgang til både spænding og strøm, og således er der ofte tale om indgreb i el-tavler og lignende med spændingsførende dele. Er du ikke selv kyndig og fortrolig med opgaven, så allier dig med en elektriker. Det er en lille investering holdt op mod, hvad der kan ske.

Ydermere skal man være opmærksom på, om måleudstyret er beregnet til den givne opgave. Det er eksempelvis langt fra alle effektmåleudstyr, der er i stand til at måle korrekt på asymmetriske belastninger. Ej heller på meget støjfyldte kabler (til eksempelvis frekvensomformere) kan man bruge ”tilfældigt” måleudstyr. Som et minimum skal instrumentet kunne måle ”sand RMS”, der er et udtryk for, at der tages højde for elektriske overtoner.

UDRUSTNING, MÅLEUDSTYR OG DATABEHANDLING

PROCESSEN

Ud over det grundlæggende elektriske måleudstyr findes også en mængde håndholdt måleudstyr beregnet for målinger i processen - alt det udstyr har i dag mulighed for at blive kablet sammen med centralt dataopsamlingsudstyr.

For alle typer af måleudstyr gør sig gældende, at jævnlig kalibrering er nødvendig – gerne én gang årligt.

OPGAVETYPE	PRISLEJE	NAVN
Trykluft - lufttryk, lækagesøgning	fra 2.000,-	Manometre og lækagesøgere
Belysning - måling af belysningsstyrke	fra 1.000,-	Luxmeter
Ventilation - logning af rumtemperatur og fugtighed	fra 2.000,-	Diverse miniloggere, Tinytag og lignende
Ventilation - måling af luftmængder	fra 5.000,-	Anemometer, varmetråd eller vingehjul
Proces - hastighedsbestemmelse	fra 2.000,-	Omdrejningstæller

DATABEHANDLING

At få vist sine rådata og behandlede data i en overskuelig form, er det en nødvendighed for at de indsamlede data vil afstedkomme konkrete handlinger i processen, som kan medføre energibesparelser. Nogle vælger at bruge regneark - Excel m.v. - til samling af data samt grafisk præsentation. Andre bruger software, der i dag følger med de fleste måleudstyr (ofte udenlandsk).

Endelig er der en del færdige energistyringssystemer på markedet i dag. I tabellen nedenfor er vist et sammentræk af en oversigt, udarbejdet af bladet - Vedligehold, drift & økonomi i år 2002.

	TREND	FORBRUGSSTYRING	CARE-TAKER	ENERGI-STYRING	MILJØ & ENERGI	SEM	NRGI CHECK	CONSP. CONTROL	MOBLOG SERIANA	VAKS
<i>Leverandør</i>	ABB	CarlBro	Cowi	dk-Tek	dk-Hansen	Invensys	NRGI	Siemens	TI	VAKS
<i>Udviklet år</i>	1985	2001	1994	1995	1995	1997	2000	1997	2001	1997
<i>Operativ</i>	Win98 + ny	Win98 + ny	Win95 + ny	Win95 + ny	Win95 + ny	Win98 + ny	Alle	Win98 + ny	Win98 + ny	Win98 + ny
<i>Hardware</i>	64 Mb-ram 20 Mb-hd	64 Mb-ram 20 Mb-hd	64 Mb-ram 20 Mb-hd	Almindelig PC	32 Mb-ram 100 Mb-hd	64 Mb-ram 20 Mb-hd	Almindelig PC	128 Mb-ram 5 Gb-hd	Almindelig PC	Almindelig PC
<i>Web-baseret</i>	ja	ja - inddata	ja	ja - inddata	ja	ja	ja	ja	ja	ja - inddata
<i>Database</i>	Access	SQL	Oracle SQL	Access SQL	MSDE	Btrieve	Unødvendig	Oracle SQL	Unødvendig	Clarion
<i>Forbrug</i>	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle	Alle
<i>Min. pris</i>	30.000 kr	25.000 kr	30.000 kr	5.000 kr	4.500 kr	6.000 kr	5.000 kr	40.000 kr	15.000 kr	10.500 kr



NYTTIGE TIPS TIL ARBEJDET MED NØGLETAL

- Start enkelt – og tag ét skridt ad gangen
- Starten kan omfatte overordnede nøgletal, baseret på energiforbrug og ydelser (fx produktion, graddage), hvor energiforbruget måles med de eksisterende målere
- Ofte anvendte nøgletal er: Brændselsforbrug pr. ton produkt (GJ/t, for naturgas evt. m³/t), elforbrug pr. ton produkt (kWh/t), rumvarmeforbrug pr. m² og graddag (kWh/m², graddag), trykluftforbrug pr. 1000 emner (Nm³/1000 emner) og kølevandsmængde pr. batch (l/batch)
- Foretag manuel indsamling og bearbejdning af data, indtil du er fortrolig med tallene. Så kan edb bruges og være nyttig
- Vurder nøgletallene i hver periode. Især er det nyttigt at sammenligne periodens nøgletal med tallene fra tidligere perioder
- Vis udviklingen i hvert nøgletal i en tydelig og let forståelig figur. Det øger ledelsens og medarbejdernes interesse
- Rumvarmeforbrug bør graddagekorrigeres. Benyt Teknologisk Instituts graddage **teknologisk.dk** -søg på ”graddage”
Beregn enten forbruget pr. graddag eller omregn periodens forbrug til et normalårs.
- De overordnede nøgletal kaldes også ledelsesnøgletal, fordi de er grundlaget for ledelsens opfølgning på de samlede resultater. De overordnede nøgletal kan efterhånden suppleres med detaljerede nøgletal:
 - *produkt-nøgletal (energiforbrug til fremstilling af produkter, fx GJ pr. ton færdigvare)*
 - *produktionsnøgletal (energiforbrug pr. produktionsenhed)*
- En kortlægning af energiforbruget er et godt grundlag for at udvælge de detaljerede nøgletal. Kortlægningen viser, hvordan det årlige energiforbrug fordeler sig på energikilder og på teknologier/produktionsafsnit
- De detaljerede nøgletal vælges endvidere ud fra virksomhedens forventninger til nøgletalsarbejdet. Hvor store energibesparelser og hvilke afledede resultater forventes?
- Er det svært at skønne størrelsen af energibesparelserne, kan man anslå 5% af de samlede energiudgifter. Brug værdien til at opgøre, hvor meget der maksimalt kan investeres i etableringen og driften af nøgletalsarbejdet
- Tilpas nøgletallene til brugerne, så de omfatter de forhold, som brugerne har mulighed for at have indflydelse på
- Det kan være enklere og billigere at benytte nøgletal, som giver et indirekte udtryk for energiforbruget. Eksempelvis en maskines driftstimer eller tomgangstimer pr. måned
- Nøgletallene skal stadig udvikles. Både med hensyn til hvad de omfatter, hvor hyppigt de gøres op og hvilke faktorer, der har indflydelse på energiforbruget
- Dan ikke flere nøgletal, end du kan overkomme at opgøre og vurdere. Er et nøgletal ikke længere til nytte, så stop med at gøre det op
- Det kan være vanskeligt at sammenligne egne nøgletal med kollegaernes. Ved benchmarking måles og evalueres en virksomheds præstationer i forhold til, hvad andre og især førende virksomheder præsterer

REFERENCER

- *Udvikling af operationelle energinøgletal. Teknologisk Institut – 1999*
- *Energinøgletal, en model til effektiv energistyring. Værktøjskassen – 1999*
- *Kend dit energiforbrug på nøgletallet. Værktøjskassen - 1998*
- *Energiledelse, Energistyring, Energieffektivt indkøb. Værktøjskassen – 1996*
- *Tomgangsagt. Teknologisk Institut - 2003*
- *Energihåndbogen. Foreningen for Energi & Miljø - 2002*