

# Slösa inte energi på energieffektivisering



---

**Gustav Gustavsson**

Dept. of Industrial Electrical Engineering and Automation  
Lund University

## Sammanfattning

Att energipriset stigit och beräknas att stiga ännu mer är en orsak till att personer idag vill energieffektivisera. En annan är dagens oro för att koldioxidutsläppen leder till ett försämrat klimat. Dessa motiv tillsammans med Energimyndighetens "Programmet för energieffektivisering", PFE, gav förutsättningarna för detta examensarbete. Huvudsyftet med arbetet är att ta fram en guide som ska hjälpa industrier att energieffektivisera. Dessutom undersöks andra möjligheter som finns för att få hjälp med energieffektivisering.

För att få hjälp med energieffektivisering kan både energibolag och så kallade Performance Contracting-företag hjälpa andra företag. Energibolagen hjälper till med energikartläggning, åtgärdsförslag samt erbjuder en del effektiviserande produkter. Performance Contracting-företagen hjälper också till att utvärdera och projektera. Dessutom står de även för investeringarna. Betalningarna i dessa fall består av delar eller hela den energivinst som görs under kontraktperioden.

PFE är ett femårigt energieffektiviseringsprogram för energiintensiva industrier. Programmet ställer vissa krav på företagen, som frivilligt medverkar. Uppfylls dessa krav erhålls sedan en skattereduktion. Företagen som deltar i programmet beräknas göra en årlig besparing på minst 1TWh, vilket motsvarar ett minskat CO<sub>2</sub>-utsläpp på 1 miljon ton per år enligt marginalsresonemanget.

Den slutliga guiden erbjuder enkla tips på hur företag snabbt och enkelt, i vissa fall mer kostsamt, kan effektivisera sin energiförbrukning, reducera sina energikutgifter och samtidigt bidra till en bättre miljö. Åtgärder inom belysning, ventilation, värme, motorer och laststyrning är några av de områden som behandlas. Mestadels handlar det om att effektivisera i hjälpsystemen och inte i själva processen. Anledningen är att det oftast är enklare att ge generella råd inom detta område. Guiden ger även konkreta och verklighetsbaserade exempel på utförda åtgärder, bland annat presenteras investeringskostnader, driftkostnader, återbetalningstider och livscykelkostnader.

## Abstract

One reason why persons today want to make their energy consumption more effective is that the energy price has increased and will probably increase even more. Another reason is that they worry about the carbon dioxide emission effects on the environment. These two motives together with the "Programme for improving energy efficiency", PFE, initiated by the Swedish Energy Agency gave a platform for this masters thesis. The main purpose with this thesis is to create a guide that will help industries to improve their energy efficiency. Besides that the possibilities of getting help with improving energy efficiency are also examined.

If an industry wants help with increasing the efficiency of energy use it can both get it from energy companies and from so called Performance Contracting companies. The energy companies help industries with energy audits, action proposals and offer some products that can increase the efficiency of energy use. The Performance Contracting companies also offer help with evaluating and planning. Besides that they also pay for the investments that need to be done. They charge a sum corresponding to parts of or the entire energy profit that is made during the contract period.

PFE will last for five years and intends to increase the energy efficiency in industries which consume large amounts of energy. Companies that freely participate in the programme need to fulfil some certain requirements. If they do so they will get tax exemption on their electricity consumption. The companies that are participating in the programme estimates that the annual savings will be at least 1 TWh, which corresponds to an annual decrease of 1 million tons carbon dioxide emission according to the margin electricity argument.

Finally the guide offers simple advices on how companies quickly and simple, in certain cases more expensive, can make their energy consumption more effective, reduce their energy expenditures and at the same time contribute to a better environment. Some of the areas that are treated are lighting, ventilation, heating, engines, and load control. Most of the advices are in the help systems and not in the production process. The reason to this is that it's often more simple to give general advices in this area. The guide also gives concrete and reality based examples on already made investments. Among other things investment costs, operation costs, repayment times and life cycle costs are presented.

## Förord

Som ett sista kapitel i min civilingenjörsexamen i Elektroteknik på Lunds Tekniska Högskola skrevs denna rapport. Eftersom mitt djup har varit knutet till institutionen för Industriell Elektronik och Automation, IEA, valde jag även att göra mitt examensarbete där. Allt arbete utfördes i samarbete med Schneider Electric AB, där även större delen av arbetstiden var förlagd. Tiden för examensarbetet har varit 20 veckor under våren 2008, med start sista veckan i januari.

Under tiden har jag fått välbehövlig hjälp och energi från ett antal personer som jag därmed skulle vilja tacka.

Claes Anselmsson, chef på Schneider Electric som gjorde detta examensarbete möjligt, och som även varit till stor hjälp med i stort sett allt som behövts.

Gunnar Lindstedt, min handledare på IEA som hjälpt mig med rapporten och övriga administrativa saker som har krävts av skolan.

All personal på Schneider Electrics kontor i Malmö, som med sin positiva anda har gjort det till en fröjd att komma till kontoret varje dag. Ingen nämnd ingen glömd.

De personer som ansträngt sig och svarat på den enkät jag skickat ut.

Stort tack!

*Malmö den 30 maj 2008*

*Gustav Gustavsson*

# Innehållsförteckning

<b>1 Inledning</b> .....	<b>4</b>
1.1 Bakgrund.....	4
1.2 Schneider Electric AB .....	5
1.2.1 Företaget .....	5
1.2.2 Miljöpolicy .....	5
1.3 Syfte .....	6
1.4 Avgränsningar .....	7
1.5 Disposition.....	7
<b>2 Metod</b> .....	<b>8</b>
2.1 Enkätundersökning.....	8
2.2 Litteraturstudie och insamling av data .....	8
2.3 Seminarier och presentationer.....	9
<b>3 Programmet för energieffektivisering, PFE</b> .....	<b>10</b>
<b>4 Teori och åtgärdsförslag</b> .....	<b>12</b>
4.1 Belysning .....	12
4.1.1 Armaturernas placering .....	13
4.1.2 Dela upp lokalen.....	13
4.1.3 Tidsstyrning .....	13
4.1.4 Närvarostyrning .....	14
4.1.5 Användning av dimrar.....	14
4.1.6 Användning av dagsljus.....	15
4.1.7 Byta till T5-lysrör .....	15
4.1.8 Ljuskällor med filter .....	16
4.1.9 Kombinera styrningen .....	16
4.1.10 Ny teknik .....	16
4.2 Ventilation.....	17
4.2.1 Reglering .....	17
4.2.2 Processventilering.....	18
4.2.3 Styrsystem .....	19
4.2.4 Värmeåtervinning .....	19
4.3 Fläktar .....	20
4.3.1 Radialfläktar.....	20
4.3.2 Varvtalsreglering.....	20
4.3.3 Spjällreglering .....	21
4.3.4 Ledskenerreglering .....	21
4.3.5 Axialfläktar .....	22
4.3.6 Axialfläktar med skovelreglering .....	22

4.3.7 Start/stopp-reglering.....	22
<b>4.4 Pumpar .....</b>	<b>23</b>
4.4.1 Varvtalsreglering.....	23
4.4.2 Strypreglering.....	24
4.4.3 Start/stopp-reglering.....	24
<b>4.5 Maskiner/elmotorer .....</b>	<b>25</b>
4.5.1 Eff1.....	25
4.5.2 Dimensionera korrekt .....	25
4.5.3 Strypreglering.....	25
4.5.4 Varvtalsreglering.....	25
4.5.5 Mjukstart/Mjukstopp .....	27
4.5.6 Axeffektvakt.....	27
4.5.7 Reaktiv effekt.....	28
<b>4.6 Värme och kyla.....</b>	<b>28</b>
4.6.1 Sänkt temperatur .....	28
4.6.2 Yttre påverkan.....	29
4.6.3 Värmeåtervinning .....	29
4.6.4 Styrsystem .....	30
4.6.5 Prognosstyrning.....	30
4.6.6 Värmeförluster .....	31
<b>4.7 Tryckluft .....</b>	<b>33</b>
4.7.1 Läckage .....	34
4.7.2 Alternativ utrustning .....	35
4.7.3 Värmeåtervinning .....	35
<b>4.8 Tomgångskörning.....</b>	<b>36</b>
<b>4.9 Underhåll och renovering.....</b>	<b>37</b>
<b>4.10 Faskompensering.....</b>	<b>38</b>
4.10.1 Reaktiv effekt.....	38
4.10.2 Synkronmotorer .....	39
4.10.3 Kompensering.....	39
4.10.4 Effektfaktorsreglering .....	40
4.10.5 Fördelar .....	40
4.10.6 Övertonsfilter.....	41
<b>4.11 Laststyrning .....</b>	<b>42</b>
<b>4.12 Hur mäter man? .....</b>	<b>43</b>
4.12.1 Momentan mätning.....	43
4.12.2 Kontinuerlig mätning.....	43
<b>5 Ekonomi .....</b>	<b>45</b>
<b>6 Marginalelsresonemanget.....</b>	<b>47</b>
<b>7 Resultat.....</b>	<b>48</b>

7.1 Var ska man börja?.....	48
7.2 Personalen .....	49
7.3 Åtgärder i PFE .....	50
7.3.1 Sammanställning av eleffektivisering.....	50
7.3.2 Åtgärderna som har utförts .....	51
7.3.3 Sammanställning av enkätundersökningen .....	52
7.4 Energibolagen .....	53
7.4.1 E.ON .....	54
7.4.2 Vattenfall.....	55
7.4.2 Fortum.....	56
7.5 Performance Contracting, PFC .....	56
7.5.1 Siemens Building Technologies .....	56
7.5.2 TAC Energy Solutions .....	57
7.6 Guiden för energieffektivisering .....	57
<b>8 Diskussion .....</b>	<b>58</b>
<b>9 Slutsatser och vidare arbete .....</b>	<b>61</b>
9.1 Slutsatser .....	61
9.2 Vidare arbete .....	62
<b>10 Källförteckning.....</b>	<b>64</b>
<b>Bilaga Ia .....</b>	<b>68</b>
<b>Bilaga Ib .....</b>	<b>70</b>
<b>Bilaga II.....</b>	<b>73</b>
<b>Bilaga III .....</b>	<b>75</b>
<b>Bilaga IV.....</b>	<b>77</b>
<b>Bilaga V .....</b>	<b>79</b>
<b>Bilaga VI.....</b>	<b>81</b>
<b>Bilaga VII .....</b>	<b>85</b>
<b>Bilaga VIII .....</b>	<b>86</b>
<b>Bilaga IX.....</b>	<b>87</b>

# Kapitel 1

## Inledning

I samband med dagens oro för växthuseffekten försöker de flesta instanser och personer minska på utsläppen av växthusgaser. Detta kan ske genom, som i det här beskrivna fallet, införande av en energiskatt hos energiintensiva industriföretag. Denna åtgärd gör att företagen vill effektivisera sin energianvändning. I detta arbete ska företagens åtgärder studeras lite mer på djupet och se om de kan vara till nytta för någon annan part.

### 1.1 Bakgrund

Flera analytiker hävdar att det nuvarande svenska elpriset kommer att stiga avsevärt mycket inom en snar framtid. Norrbottens energikontor AB tror att elpriset i framtiden kommer att ligga kring 2-3 kr kWh. Anledningen till detta anser de vara uppöppningen av hushållskundernas elmarknad inom EU. De hävdar att när överföringskapaciteten byggts ut så kommer elen att säljas till högst bjudande konsument, vilket innebär att det svenska elpriset kommer att öka. Skulle detta bli ett faktum är energieffektivisering inom företag en enormt viktig åtgärd för att de ska kunna vara konkurrenskraftiga gentemot andra företag i världen.

En annan, enligt många, viktigare anledning till att energieffektivisera är att det minskar påverkan på miljön. Genom att utnyttja varje kWh maximalt släpps mindre koldioxid ut, vilket kan göra att växthuseffekten bromsas upp.

Ett annat sätt att se på energieffektivisering är hur den påverkar det tekniska vetandet. Ställs det högre krav på olika tekniska saker kommer detta att stimulera ingenjörer till att vilja utveckla sina produkter. Svensk teknologi kommer därmed inspireras inom alla områden, både inom mjukvaru- och hårdvaruteknologin.



## **1.2 Schneider Electric AB**

Schneider Electric Sverige AB erbjuder tjänster och produkter inom flera områden. De stora verksamhetsområdena är industri, energi och infrastruktur, byggnader samt bostäder. Enligt dem själva är de involverade i 73 % av slutanvändarnas elförbrukning. Detta tillsammans med deras miljöpolicy, som delvis beskrivs i avsnitt 1.2.2, gör att företaget kan bidra till en effektivare energianvändning samt en större miljömedvetenhet hos konsumenterna.

För att kunna erbjuda sina kunder hjälp med energieffektivisering, samt för att kunna marknadsföra sina produkter som bra miljöalternativ önskade Schneider Electric en omfattande guide angående energieffektivisering. Guiden ska visa vilka områden det finns att effektivisera inom samt ge verkliga exempel för att enkelt påvisa åtgärdernas resultat. Alltså ska guiden fungera som en kommunikationslänk inom området energieffektivisering, både internt och externt.

### **1.2.1 Företaget**

År 1836 grundades företaget i Frankrike och var då en av landets ledande industriella pionjärer. Under åren har sedan flera ledande företag förvärvats och gjort Schneider Electric till det globala företaget det är idag. År 2007 hade företaget 120 000 anställda i 102 länder.

Schneider Electric beskriver sig som ”en global energispecialist som erbjuder integrerade och produktiva lösningar för säkrare, mer pålitlig och effektiv energi”. Som det tidigare beskrevs är företaget verksamt inom några närbesläktade områden. Inom området energi och infrastruktur utvecklar, tillverkar, installerar och underhåller de produkter och system för bland annat kontroll, styrning och övervakning. Detta inom hög-, mellan- och lågspänning.

Området industriell automatisering erbjuder produkter och tjänster för säker automatisering inom både industri och den kommersiella sektorn. Systemen och lösningarna ger snabb avkastning på investeringarna genom ökad effektivitet hos kunden.

Verksamhetsområdet Bostäder/Kommersiella byggnader erbjuder installationssystem och produkter för distribution av el, tele och data. Systemen kan levereras både som lösa komponenter eller som förinstallerade system.

Den del i företaget som erbjuder service och underhållstjänster inom bland annat områdena byggnader, eldistribution och industriell automation heter Schneider Services.

Projekt inom automation och mellanspänning är den del som erbjuder nyckelfärdiga lösningar i form av konstruktion, leveranssammanhållning, montage, provning och drifttagning.

Schneider Electrics R&D-avdelning fokuserar sig huvudsakligen på energieffektivisering och företaget ser en stor potential att växa inom detta området. De satsar även stora delar av sin breda expertis för att utveckla idéer inom området energieffektivisering. [schneider-electric.se]

### **1.2.2 Miljöpolicy**

Till exempel ska Schneider Electric enligt sin miljöpolicy ansvara och verka för att:

- Erbjuder slutkunderna miljöanpassade produkter och lösningar som är säkra, energieffektiva och miljövänliga
- Konstant förbättra sitt miljöarbete för att tillfredsställa sina slutanvändare, anställda, kunder samt aktieägare

Ett av deras mål är dessutom att erbjuda tjänster som både respekterar miljön och hjälper kunderna att optimera energiförbrukningen. [schneider-electric.se]

## **1.3 Syfte**

Detta arbetets syfte är att till en början undersöka och analysera det statligt framtagna energieffektiviseringsprogrammet ”Programmet för energieffektivisering”<sup>1</sup>. Efter det ska energieffektivisering granskas med ett vidare perspektiv. Detta för att se vilka möjligheter och hjälpmedel som finns för företag som vill dra ner på sitt energianvändande. Analysen kommer att innebära jämförelser inom olika branscher och även utom branscherna. Sidoeffekterna av detta arbete kan vara att de olika företagen kan ta del av varandras förbättringar, och på så vis få idéer om vilka åtgärder som skulle kunna utföras inom det egna företaget.

Ett slutgiltigt syfte är sedan att ta fram en guide för företag som vill energieffektivisera och på så vis spara energi, pengar och framförallt värna om miljön.

---

<sup>1</sup> Programmet för energieffektivisering i energiintensiv industri, PFE, är ett ekonomiskt styrmedel som vänder sig till Sveriges energiintensiva industriföretag. Beskrivs mer i i kapitel 3 samt på [www.energimyndigheten.se/sv/Foretag/Energieffektivisering-i-foretag/PFE/](http://www.energimyndigheten.se/sv/Foretag/Energieffektivisering-i-foretag/PFE/)

## **1.4 Avgränsningar**

För att arbetet ska bli rimligt att utföra för en person, under tjugo veckor, kommer det att avgränsas. En övergripande studie på alla medverkande företag i PFE, förutom pappers- och massaindustriföretagen, kommer att utföras. Sedan kommer fyra branscher och två företag i varje bransch att väljas ut för noggrannare analys. En annan avgränsning är också den att arbetet kommer inrikta sig på i huvudsak så kallade hjälpsystem, då det är svårt och tidskrävande att sätta sig in i främmande företags processer.

## **1.5 Disposition**

Denna rapport är disponerad på följande vis:

- Kapitel 2 beskriver de metoder som använts för att få fram relevant information om ämnet energieffektivisering.
- I kapitel 3 beskrivs det som lade grunden till detta examensarbete, nämligen Programmet för energieffektivisering.
- En teoretisk bild samt olika åtgärdsförslag ges i kapitel 4. Ihop med åtgärdsförslagen presenteras tekniska samt ekonomiska fördelar. Även miljöaspekterna tas upp.
- De ekonomiska termerna beskrivs närmare i det femte kapitlet.
- Kapitel 6 beskriver marginalsresonemanget och varför det valts.
- Resultaten från den insamlade och analyserade informationen presenteras i kapitel 7. Här kommer det även visas en del figurer för att göra det enklare att förstå vissa saker.
- I kapitel 8 diskuteras olika saker som tillkommit under arbetets gång.
- Till sist presenteras även slutsatser och tankar om vidare arbete inom området. Detta sker som sagt i kapitel 9.

## **Kapitel 2**

### **Metod**

I detta kapitel beskrivs de olika metoder som använts för att åstadkomma detta arbete.

#### **2.1 Enkätundersökning**

För att skapa en större inblick i vad företagen som medverkar i Programmet för energieffektivisering har utfört för åtgärder gjordes en enkätundersökning. Enkäterna mailades ut till ungefär 50 av de företag som deltar i programmet och som svarar mot arbetets avgränsningar, det vill säga alla företag utom de inom massa- och pappersindustrin. Vissa enskilda företag valde även att ringa upp och diskutera frågorna i enkäten istället. Den enkät som skickades ut finns i bilaga VIII. På grund av att svarsprocenten inte blev enligt önskan, under hälften svarade, lades ingen större vikt på enkätundersökningens svar. Därför kommer det bara att presenteras en mindre sammanfattning i resultatavsnittet.

#### **2.2 Litteraturstudie och insamling av data**

Största delen av arbetet är grundat på skriven fakta, både i tidskrifts- och rapportform. Av dessa fakta är mesta delen hämtat från Energimyndighetens publikationsservice. Deras skrifter har många gånger varit en början till många av avsnittens utveckling. Framförallt bidrog publikationerna om Programmet för energieffektivisering till en insiktsrik start.

Energimyndighetens hemsida har även lagt en bra grund till detta arbete. På så vis har också andra sidor på internet fungerat. Ofta har de inte givit direkta svar eller värdefulla resultat, utan istället har internetsidorna fungerat som allmänna informationskällor. En bra början för att skapa sig en enkel bild eller för att leda fram till intressanta frågeställningar.

Personliga kontakter har skett genom både mail och telefon. Dessa kontakter har haft både med energibolag och energiintensiva företag. Vid vissa tillfällen har allmänna diskussioner om energieffektivisering förts, och som ovan nämnts har även bestämda frågor ställts.

### **2.3 Seminarier och presentationer**

För att få lite mer förståelse om vad andra företag eller grupper gör för att medverka till energieffektiviseringen i Sverige har olika seminarier och presentationer åhörts. Dessa har mest givit en inblick i vilka energibesparingstjänster som TAC<sup>2</sup> har, vad Skånes Energiting<sup>3</sup> arbetar med samt vad Schneider Electric har för energieffektiviseringsprodukter.

---

<sup>2</sup> TAC är ett världsomfattande företag som inriktar sig på utveckling, tillverkning och marknadsföring av reglersystem för fastigheter. [www.tac.com/se](http://www.tac.com/se)

<sup>3</sup> Skånes Energiting beskriver sig som ”mötesplatsen för energiintresserade med spännande utbyte av idéer och åsikter”. <http://www.ek-skane.se/energiting/?name=energiting>

## Kapitel 3

### Programmet för energieffektivisering, PFE

Kapitel 3 ger en kort presentation av Programmet för energieffektivisering. Detta för att det var en början på själva arbetet och blir därmed en början på själva rapporten.

Programmet för energieffektivisering i energiintensiv industri, PFE, är ett ekonomiskt styrmedel som vänder sig till Sveriges energiintensiva industriföretag. Lagen om PFE trädde ikraft den 1 januari 2005. Starten var ett EU-direktiv som kom under 2004, vilket medförde introduktionen av en ny skatt på processrelaterad el. Denna energiskatt på 0,5 öre/kWh tillämpas på industriföretagen i Sverige, förutom vissa tillverkningsprocesser. För att kompensera denna skatt finns PFE. De företag som anmäler sig till detta femåriga program har möjlighet till skattereduktion. För att få detta krävs det att företaget arbetar strukturerat med energifrågor samt genomför effektiviserande åtgärder. Detta kan på så sätt ge företaget ekonomiska fördelar genom skattereduktion samt lägre kostnader för energianvändning. En viktig sidoeffekt är att minskad energianvändning ger minskad miljöförstöring. Energimyndigheten är den enhet som prövar om företagen får delta i PFE och har rollen som tillsynsmyndighet för programmet.

De som kan delta i PFE är företag eller delar av företag som har sin verksamhet i tillverkningsindustrin, SNI-kod<sup>4</sup> 10-37, använder el i tillverkningsprocessen, är energiintensiva och har de ekonomiska förutsättningarna som krävs för att genomföra programmet. Med energiintensivt företag menas ett företag med en energikostnad (köpt och internt genererad) på minst 3 procent av produktionsvärdet, och/eller att företagets energi-, koldioxid-, och svavelskatt uppgår till minst 0,5 procent av förädlingsvärdet.

---

<sup>4</sup> SNI = Svensk Näringsgrensindelning. Kod för att klassificera olika verksamheter efter vilken aktivitet de bedriver. 10 till 37 innefattar tillverkningsindustrin.

När ett företag anmält sitt intresse för att medverka i PFE ska det först godkännas av Energimyndigheten. Därefter ska företaget under de två följande åren göra en energikartläggning och energianalys, införa och certifiera ett energiledningssystem, införa vissa särskilt rutiner för inköp av elkrävande utrustning och projektering, samt bestämma en lista med el-effektiviserande åtgärder. Allt arbete ska sedan redovisas till Energimyndigheten för ett godkännande. Om det godkänns ska de el-effektiviserande åtgärderna sedan utföras i praktiken de påföljande tre åren. Energiledningssystemet samt rutinerna för inköp och projektering ska även de fortsätta att tillämpas. Efter programperiodens fem år ska resultatet sedan redovisas till Energimyndigheten. Energimyndigheten har även som tillsynsmyndighet för PFE ansvaret att utföra tillsyn på de företag som är med i programmet.

Energimyndigheten anger att det idag (2008-01-21) deltar 117 företag och att de tillsammans använder 31,5 TWh el per år (inköpt samt egenproducerad). Detta motsvarar ungefär tjugo procent av Sveriges totala förbrukning och ungefär hälften av industrins förbrukning. [Energimyndigheten 2007a]

## Kapitel 4

### Teori och åtgärdsförslag

Denna del i rapporten presenterar olika områden som det går att energieffektivisera inom. Först ges en kort teori om själva området, sedan presenteras även åtgärdsförslag som minskar energianvändningen inom det angivna området.

#### 4.1 Belysning

Något som företagen oftast inte tänker på är att belysningen i deras lokaler står för cirka 30 procent av elkonsumtionen. Med modern teknologi kan dock energianvändningen i äldre anläggningar reduceras med 50 procent eller mer. I många fall kan installation av närvarostyrning sänka förbrukningen med mellan 20 och 80 procent. I bilaga Ia visas ett exempel där en investering av modern teknik bidrar till en 30 procentig minskning av energiförbrukning, samt en avsevärt minskad underhållskostnad. [Energimyndigheten 2005]

För att beräkna belysningens energianvändning multipliceras den installerade effekten med drifttiden. Den installerade effekten fås genom att addera all effekt på alla lamporna i lokalen. Dessutom måste även hänsyn tas till effektförlusterna. I lysrör och andra så kallade urladdningslampor medför driftdonet en förlust på ungefär 25 procent, medan det för elektriska driftdon, HF-don, medför en förlust på 10 procent.

##### Elkostnad vid drift

$$\text{Lysrör: } 1,25 \times \text{installerad effekt} \times \text{drifttid} \times \text{energipris} = \text{elkostnad} \quad (1)$$

$$\text{HF-don: } 1,10 \times \text{installerad effekt} \times \text{drifttid} \times \text{energipris} = \text{elkostnad} \quad (2)$$

Utöver denna kostnad tillkommer även en underhållskostnad på 25 procent.



Energibesparing inom området belysning handlar i stort sett om att ha det tätt så lite som möjligt. Enklaste och billigaste sättet att spara energi är att alltid släcka områden där det inte vistas någon. Utöver detta sätt finns det ett otal metoder att spara ner på belysningen. Vidare kommer det att presenteras både enkla och mer avancerade åtgärder med såväl korta som långa återbetalningsperioder. [Energimyndigheten 2007b]

#### **4.1.1 Armaturernas placering**

Att se över placeringarna av armaturerna i lokalen är bra på många sätt. Trasiga eller uttjänta lampor uppmärksammas, det läggs märke till dåligt placerade armaturer, men framförallt kan genomgången ge upphov till idéer för effektivare användning av belysningen. Kanske kan armaturerna minskas i antal genom att sänka ner dem ifrån taket eller genom att ta bort dem som sitter gömda bakom annan utrustning. Minskning av antalet armaturer ger en sänkning av energianvändningen och på så vis även av CO<sub>2</sub>-utsläppen.

Att fundera på är även om det verkligen krävs den allmänbelysning som finns i lokalen idag. På vissa platser kanske den allmänna belysningen kan minskas och istället kan punktbelysning införas. För att uppnå samma ljusstyrka på den specifika platsen kräver nämligen inte punktbelysning lika mycket effekt som en högt sittande allmänbelysning.

#### **4.1.2 Dela upp lokalen**

Att dela upp stora lokaler i sektioner kan vara en bra början för att energieffektivisera belysningen. På detta sätt slipper hela lokalen tändas när endast en liten del av den används. Delas en 1000m<sup>2</sup> stor lokal upp i fyra lika stora sektioner och tre av dem får stå släckta halva dygnet tjänar företaget över 40 000 kr om året. Det medför även att CO<sub>2</sub>-utsläppen minskar med 82 ton per år. Med en större lokal eller högre elpris ökar vinsten. Någon som även ska tas hänsyn till är livslängden på belysningen. När vissa delar av den är tänd en kortare tid kommer det att innebära att tidsintervallet mellan reparationer och lampbyten kommer att bli längre, vilket innebär att kostnaderna för detta minskas per år.

#### **4.1.3 Tidsstyrning**

En enkel metod att reglera belysningen mellan av och på är genom att koppla in timers. Dessa kan vara effektiva att använda då närvaron i lokalen mestadels är densamma. Detta gör att de inte behövs justeras in mer än en eller ett par gånger innan de fungerar optimalt. Metoden kan med fördel tillämpas tillsammans med den tidigare nämnda åtgärden, vilket innebär att olika timrar sätts till olika sektioner i lokalen. Fördelen med denna metod är att belysningen inte glöms på i onödan. Besvärligheter kan dock uppstå om overtidsarbete krävs. Därför bör

manuella strömbrytare finnas tillgängliga. Dessa kan dessutom vara tidsstyrda, vilket innebär att belysningen släcks en viss tid efter att den tänts. Alternativt kan även ett intelligent styrsystem installeras för att reglera tidsstyrningen vid övertidsarbete. Besparingen blir densamma som fallet ovan, fast med en större sannolikhet eftersom belysningen aldrig kommer att glömmas på.

#### **4.1.4 Närvarostyrning**

Som tidigare nämnts kan närvarostyrning innebära en minskning av energianvändningen med mellan 20 och 80 procent, beroende på hur mycket lokalen används. Självklart sparas det mer energi i en lokal som sällan används jämfört med en där personalen ofta vistas. Är en lokal tänd 24 timmar varje dag, men endast används 12 timmar, finns det en besparingsmöjlighet på 50 procent med hjälp av närvarostyrning. I bilaga Ia presenteras ett exempel där närvarostyrning kortade ner antalet belysningstimmar med 30 procent i veckan.

Att använda närvarostyrning för att reglera belysningen i en lokal kan ske på olika vis. Antingen genom detektorer som känner av värmestrålningsförändringar, genom akustisk detektering eller genom att helt enkelt tända vid rörelse. Detta är ett effektivt sätt att slippa tända lampor i onödan. Viktigt är dock att informera personalen var belysningen är och inte är närvarostyrd. Annars kanske icke närvarostyrda utrymmen aldrig släcks i tron om att området ska släckas av sig självt. [Energimyndigheten 2005]

Detektering genom värmestrålningsförändringar är bra att använda i lokaler där det inte finns ständiga temperaturskillnader, till exempel på grund av smältugnar eller maskiner som blir varma. Rörelsedetektorer används med fördel inte i utrymmen där maskiner står och vibrerar eller rör sig på annat vis. Den akustiska detektorn känner av lågfrekventa ljud, från dörrar som öppnas, och högfrekventa ljud, det mänskliga talets s-ljud, vilket gör att den inte bör finnas i utrymmen som kontinuerligt har dessa ljud. [extronic.se]

#### **4.1.5 Användning av dimrar**

Med hjälp av dimrar kan effektstyrkan hos belysningen sänkas och på så vis även energikostnaderna. Genom att minska styrkan på belysningen, istället för att stänga av den helt, så slits inte glimtändarna ut lika fort och utbytet eller reparationen av armaturer eller lysrör behöver inte ske lika ofta. Detta ger alltså en minskad kostnad för färre inköp av lysrör och för färre utbetalningar till dem som ska byta eller reparera belysningen.

Med nivåstyrning i sam användning med närvarostyrning finns det en potential att reducera energikostnaderna. Vid detekterad närvaro kan belysningen vara tänd på 80-100 procent av maxeffekten, medan då lokalen är tom kan ljusstyrkan automatiskt vridas ner till 1-3 procent. Har lokalen varit tom en längre tid kan den släckas ner helt för att slippa tomgångskostnader. Detta sliter som sagt mindre på armaturerna och lysrören, då de slipper förvärmas samtidigt som det slipper bli helt mörkt inne i lokalen, vilket ibland kan upplevas obehagligt eller kan vara en säkerhetsrisk om någon till exempel står på en stege och arbetar utanför detektorns område.

Dimrad belysning används även effektivt tillsammans med dagsljussensorer. Sensorerna känner av ljusstyrkan i lokalen och styrmekniken gör sedan att en konstant ljusstyrka hålls i lokalen. Mer om detta i nästföljande avsnitt. [Energimyndigheten 2007b]

#### **4.1.6 Användning av dagsljus**

Enligt OSRAM kan dagsljusreglering spara upp till 60 procent av energiförbrukningen. Systemet kopplas till dimbara ljuskällor så att en konstant ljusstyrka hålls i lokalen. Kommer det in mycket solljus genom lokalens fönster sänks effekten på belysningen i lokalen och tvärtom vid litet ljusinsläpp. [OSRAM 2006]

#### **4.1.7 Byta till T5-lysrör**

En åtgärd med något längre återbetalningstid är att byta ut gamla lysrör mot nya mer energieffektiva T5-lysrör. För att möjliggöra detta byte krävs det antingen att nya HF-don monteras eller att en konverteringssats installeras i de gamla armaturerna. [Electia 2008-04-15] Viktigt att tänka på är dock att CE-märkningen upphör att gälla på den ursprungliga armaturen när konverteringssatsen är monterad. [Voltimum 2008-04-15]

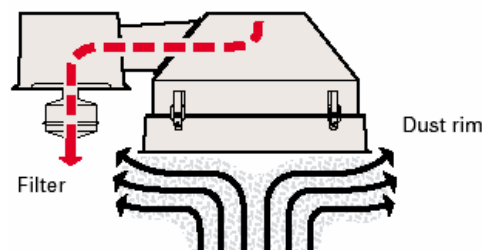
Fördelarna med T5-lysrör är bland annat att de är energieffektiva, har lågt kvicksilverinnehåll, ljuset är flimmerfritt samt att livslängden för dem är längre än konventionella lysrör. En fördel med HF-don är dessutom att don-förlusten endast ligger på 10 procent, jämfört med 25 procent för ett traditionellt don. För att spara än mer energi bör även T5-lysrören kopplas med ovanstående tekniker, som närvarostyrning och dimmerstyrning. [Energimyndigheten 2007b]

Ett byte från äldre T8-lysrör med drossel till nya högfrekventa armaturer med T5-lysrör gjordes i en verkstadslokal på 3750 m<sup>2</sup>. Detta medförde en reduktion av den totala installerade effekten från 56 kW till 27 kW, men trots detta är belysningen lika god. Investeringen medförde en halvering av elkostnaderna samt att underhållskostnaderna minskade från 45 000 kr

per år till 19 000 kr per år. Investeringen kostade 51 000 kr och hade en återbetalningstid på cirka ett år. Noggrannare uträkningar hittas i bilaga Ib. [Energihandboken 2008-05-05d]

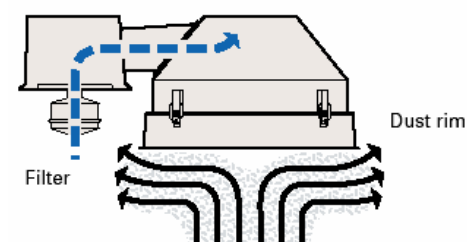
#### 4.1.8 Ljuskällor med filter

Ofta installeras en högre belysningseffekt än vad som behövs. Anledningen till detta är för att ljusstyrkan ska vara bra nog trots att det kommit smuts på reflektorerna eller på frontglaset. Denna överdimensionering kan dock undvikas med hjälp av I-Valo Oy:s teknik för industriarmaturer. Deras armaturer använder nämligen en patenterad filterteknik som gör att dammet inte fastnar på eller i armaturen.



Figur 1, en bild på hur dammet transporteras bort när lampan är påslagen.

När lampan är påslagen värms luften inuti armaturen, vilket medför att den varma luften strömmar ut genom filtret som torkas och rengörs på samma gång. När lampan är avstängd strömmar istället den smutsiga luften genom filtret och in i armaturen. Detta gör att smutsen fastnar i filtret istället för på reflektorerna. Vid båda tillfällena gör luftkudden under glaset att smutsen och dammpartiklarna leds bort från frontglaset.



Figur 2, bild på hur smutsen transporteras bort när lampan är avstängd.

Tekniken medför därmed besparingar på grund av att armaturerna inte behöver rengöras lika ofta och för att belysningen inte behöver överdimensioneras. Att belysningen inte behöver överdimensioneras innebär således att den installerade effekten blir lägre, vilket i sin tur medför att energianvändningen minskar. [I-Valo 2002]

#### 4.1.9 Kombinera styrningen

När styrordningar ändå används för att reglera belysningen bör de även samköras med exempelvis allmänventilationen. Detta gör att företaget blir mer energieffektivt, men framförallt minskas återbetalningstiden för styrordningen avsevärt. Mer om detta i avsnitt 4.2.3.

#### 4.1.10 Ny teknik

Eftersom Australien och EU inom en snar framtid kommer att förbjuda traditionella glödlampor forskas det mycket inom detta område. Få har dock intresserat sig för alternativ lysrörsteknik. Ett svenskt företag har dock engagerat sig och tagit fram energisnåla diodlysrör. De nya

diodlysrören kan ersätta befintliga lysrör utan att lysrörsarmaturen behöver bytas eller att några omkopplingar behöver ske. Armaturer med skruvsockel är det enda undantaget. Nackdelen med lysrören är att de kostar något mer än lågenergilampor, men istället håller de mycket längre. Den beräknade livslängden är på 100 000 timmar. Andra fördelar med diodlysrören är att de är kvicksilverfria, vilket är bra för miljön, samt att de nästan inte alstrar någon värme. Det går till och med att ta på dem utan att bränna sig. Återbetalningstiden för nödbelysningen sägs vara 1,7 år och efter det görs en vinst i ungefär tio år. År 2008 kommer första leveransen att ske.

Nästa steg i utvecklingen är så kallade nanodiodlysrör. Dessa kommer att ge ännu bättre luxvärden än diodlysrören, som har likvärdiga luxvärden som traditionella lysrör. Dessa lysrör utvecklar TD Light Sweden AB tillsammans med Lundaföretaget Qunano. Nanoteknologin gör det möjligt för dem att trycka in flera tusentals lysdioder på ett kiselchip. Detta ger samma mängd ljus som en glödlampa fast med en tiondel så liten strömåtgång. De första prototyperna ska gå ut till kund redan i år, 2008. [Nihlén 2008]

## **4.2 Ventilation**

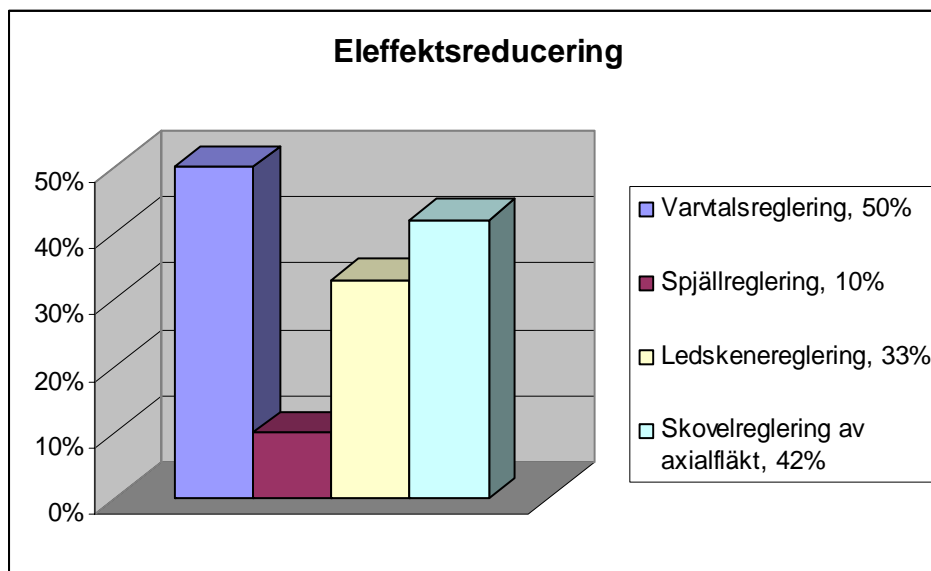
Många gånger är dagens ventilationssystem överdimensionerade, vilket gör att det finns en stor potential att energieffektivisera just inom detta område. Genom att behovsstyra ventilationen går det att minska användningen avsevärt. Enligt Energimyndighetens häfte, *Krav på fläktar*, innebär en 20 procentig reducering av luftflödet, med hjälp av varvtalsreglering, att eleffektbehovet halveras. Minskas det dock 50 procent bidrar det till en eleffektreducering på cirka 80 procent. I figur 4 under avsnittet fläktar visas detta mer lättöverskådligt. Onödig ventilation drar dessutom med sig behövd värme/kyla och därmed påverkas företagets kostnader på två sätt, både genom onödiga ventilationskostnader och genom onödiga uppvärmnings- eller nedkylningskostnader. [Energimyndigheten 2006a]

Viktigt att tänka på när olika ventilationssystem installeras är deras inverkan på varandra. Ibland kan nämligen olika ventilationsprinciper motverka varandra och på så vis öka energianvändningen i onödan.

### **4.2.1 Reglering**

Att reglera framförallt allmänventilationen kan ske på olika sätt. Fyra exempel på reglering är varvtalsreglering, spjällreglering, ledskenereglering samt skovelvinkelreglering av axialfläktar. I figur 3 visas hur mycket en 20 procentig minskning av luftflödet ger eleffektmsässigt. [Energimyndigheten 2006a]

Avsnitt 4.3 beskriver mer utförligt om olika regleringsmetoder. Under rubrik ”4.3.7 Start/stopp-reglering” ges det även ett verkligt exempel på hur enkelt ett företag kan spara 100 000 kr per år genom att reglera sin ventilation med tre tidur.



Figur 3, visar eleffektsreduceringen hos fyra olika reglervarianter då luftflödet minskats med 20 procent.

#### 4.2.2 Processventilering

Processventilering ska skiljas från allmänventilering, men kan ibland behövas för att minska behovet av allmänventilation i lokaler med föroreningar. Processventilering är nämligen en sorts ventilering som endast ska ske punktvis och helst inga längre tider. Därför är det en god idé att installera timers för att stänga av ventilationen en viss tid efter användningen samt när arbetsdagen är slut. Denna ventilationstyp drar inte endast energi utan suger även med sig varmluft, vilket följande exempel påvisar.

I en verkstadsbyggnad infördes det timers för sammanlagt 90 000 kr på 20 stycken aggregat. Detta minskade energiförbrukningen med 280 MWh per år, vilket innebar en reduktion av elkostnaderna med 120 000 kr per år och minskat utsläpp av CO<sub>2</sub> med 280 ton per år. En sidoeffekt var även att fjärrvärmeförbrukningen sänktes med 350 MWh per år, detta på grund av att behövlig värme inte längre drogs med ventilationen ut i onödan. Alltså gjordes en ytterligare besparing på 100 000 kr per år. De sammanlagda besparingarna gjorde att investeringen var återbetald på 5 månader. Utförligare beräkningar hittas i bilaga II. [Energimyndigheten 2001]

### 4.2.3 Styrssystem

För att optimera användningen av allmänventilationen bör den kopplas ihop med belysningens styrssystem, om det finns något. Att koppla samman givarna med både ventilation och belysning ger ingen direkt merkostnad, utan istället ger det bara möjligheter till besparingar.

Styrningen bör vara behovsanpassad för att vara så energieffektiv som möjligt. När personer inte vistas i en lokal eller sektion kan ventilationen gå ner i ett sparläge, alternativt stängas av helt. Detekteras sedan en person av någon givare tänds belysningen och ventilationen går automatiskt in i komfortläge. En ytterligare givare som kan installeras för att öka komforten är sensorer som känner av koldioxidhalten i luften. Detta gör att luften alltid är tillräckligt syresatt och att ventilationsflödet anpassas efter antalet syreförbrukare som finns i lokalen.

Ett annat system som allmänventilationen kan kopplas ihop med är säkerhetssystemet. När larmet inte är på kan ändå fönster- och dörrmagneter nyttjas. De kan till exempel indikera när ett fönster eller en dörr står öppen. Då vet ventilationens styrssystem det och ventilationen slipper därmed gå för fullt i onödan.

### 4.2.4 Värmeåtervinning

Ur energisynpunkt är det förstås bra om värmen i den förorenade ventilationsluften går att återvinna. Detta är möjligt med hjälp av olika typer av värmeväxlare och även genom en frånluftsvärmepump. Ett krav för att återvinningen ska fungera med hjälp av värmeväxlare är dock att både till- och frånluft är styrd. Detta system kallas FTX-system, vilket står för frånluft (F), tilluft (T) och värmeväxlare (X). Viktigt att tänka på är även att filtren är rätt anpassade. Detta för att värmeväxlarytorna inte ska få beläggningar, vilket medför försämrade genomströmningsmöjligheter och därmed minskad värmeåtervinningskapacitet.

Idag finns det värmeväxlare med verkningsgrad på omkring 90 procent. Värmeväxlaren behöver inte bara värma upp tilluften i lokalerna utan kan även användas för att värma vatten, exempelvis tappvatten eller vatten till radiatorerna.

Frånluftsvärmepumpar är den enklaste och billigaste sortens värmepump. Principen är densamma som FTX-system, nämligen att värmen som ventileras ut från lokalerna återanvänds till värmesystemet. Även denna metod kan användas för att värma tilluft och vatten.

Genom att återvinna den varma frånluften finns det inte bara möjligheter att värma företagets egna lokaler. Skulle det återvinnas mer än vad som

förbrukas finns det även möjligheten att sälja värmeenergin till något närliggande energibolag. [Eriksson, Persson, Hällgren 2007] Försäljningspriset bör åtminstone vara i närheten av biobränslepriset, vilket innebär ungefär 150 kr per MWh. [NENET 2007a]

Något som normalt sett är att föredra är värmeåtervinning i torkanläggningar, exempelvis kammartorkar, vilket gör att deras effektivitet och verkningsgrad för torkprocessen ökar betydligt.

### **4.3 Fläktar**

I Sverige använder industrin ungefär 7TWh el årligen för att driva olika sorters fläktmotorer. Fläktar kan användas i flera olika syften, som exempelvis ventilation, kylning av anläggning eller borttransportering av processgaser. Den största kostnaden för en fläkt är inte investeringskostnaden utan energikostnaden för driften. Därför ska detta avsnitt beskriva olika sätt att reglera fläktar. I bilaga III finns även räkneexempel som jämför olika fläkttregleringar. [Energimyndigheten 2006a]

#### **4.3.1 Radialfläktar**

Radialfläktar kallas även centrifugalfläktar därför att den utnyttjar centrifugalkraften för att skapa tryck- och hastighetsförändringar. Fläktens konstruktion är att den har ett hjul som roterar i en snäckformad kapsel. Luftflödet kommer in i fläkten axiellt och med hjälp av centrifugalkraften strömmar den sedan ut radiellt. För att reglera flödet kan varvtalsreglering, spjällreglering eller ledskenereglering tillämpas. Dessa metoder förklaras mer nedan. [Energihandboken 2008-04-09a]

#### **4.3.2 Varvtalsreglering**

Att hela tiden varvtalsreglera luftflödet efter det specifika behovet är det mest energieffektiva tillvägagångssättet att styra en fläkt. För att åstadkomma detta kan olika givare känna av den specifika reglerparametern och ge en styrsignal till en elektrisk frekvensomriktare. Viktigt att ha i åtanke är konsekvenserna av nätstörningarna som frekvensomriktaren kan orsaka. Dessa nätstörningar uppstår på grund av bristande EMC – elektromagnetisk kompatibilitet, men kan dock filtreras bort med hjälp av EMC-filter. Därför är till exempel Schneider Electrics industriangepassade frekvensomvandlare standardutrustade med EMC-filter som klarar klass A, vilket innebär att de emitterar väldigt lite ledningsbunden och strålad störning. [Schneider Electric 2007]

I bilaga III jämförs en varvtalsreglerad fläkt med en ledskenereglerad - som beskrivs i avsnitt 4.3.4. Här visas det att företaget sparar 162 800 kr om året, vid ett elpris på 0,4 kr/kWh, genom att investera i en

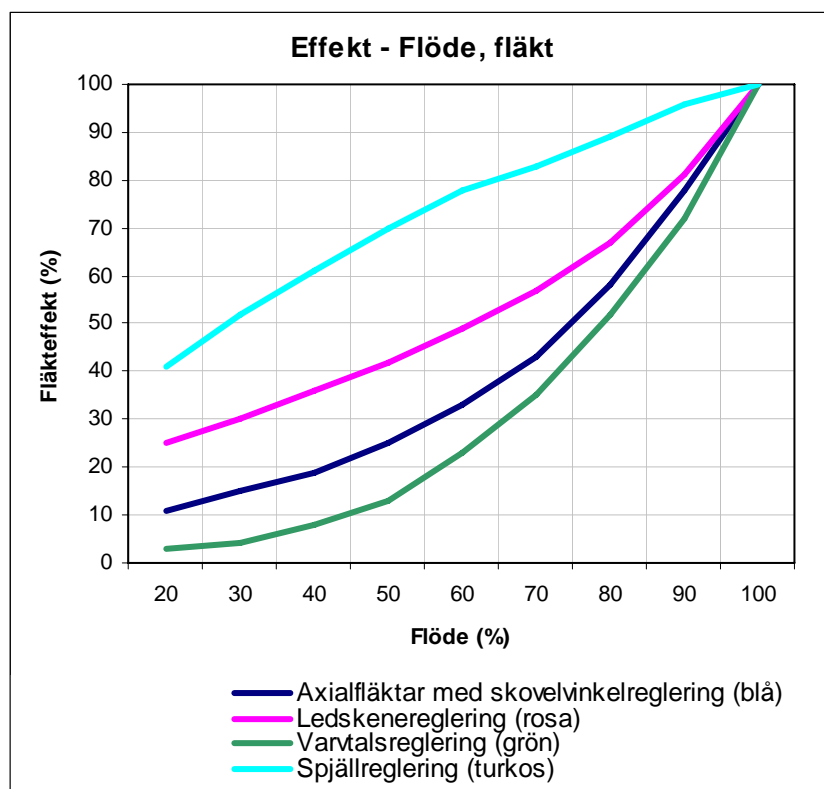


frekvensomriktare för 192 000 kr. Den raka återbetalningstiden blir då 14 månader och med kalkylräntan inräknad blir den 15 månader, vilket är en kort och lönsam återbetalningstid. Dessutom bidrar det till en reduktion av CO<sub>2</sub>-utsläppen med 412 ton per år. [Energimyndigheten 2006a]

Figur 4 visar hur mycket effektbehovet minskar hos en fläkt när flödet genom den reduceras. Den gröna kurvan visar hur effektivt det är att varvtalsreglera en fläkt, exempelvis gör en 20 procentig reduktion av flödet att effektbehovet halveras och dessutom medför en halvering av flödet att fläkteffekten reduceras med 80 procent.

### 4.3.3 Spjällreglering

Den enklaste och billigaste metoden att installera för att reglera ett fläktsystem är stryp- eller spjällreglering. Dock är denna metod energimässigt en av de sämre och kan under en längre tid visa sig vara allt för kostsam. Regleringsmetoden innebär att fläkten går för fullt och att endast motståndet i kanalen varierar för att minska eller öka flödet. [Energimyndigheten 2006a]



Figur 4, visar det relativa effektbehovet för fläktar som regleras med hjälp av olika metoder.

#### **4.3.4 Ledskenerreglering**

Ledskenerreglering innebär att flödet styrs med hjälp av ställbara ledskenor som placeras i fläktinloppet. Dessa skenor gör så att luftflödet roterar i samma riktning som fläkthjulet, vilket i sin tur gör så att volymflödet minskar. Fördelen gentemot spjällreglering är att denna metod ger mindre förluster, trots att ledskenerreglering orsakar en viss strypning av luftflödet. [Energihandboken 2008-04-09b]

#### **4.3.5 Axialfläktar**

Axialfläktar, vilka även benämns som propellerfläktar, använder skovlar som sitter i radiell riktning på en roterande axel. Konstruktionen består av ett hjul som roterar i en cylindrisk kapsel, där luftflödet sedan foras igenom fläkten axiellt. Denna sortens fläkt utvecklar mindre effekt än radialfläktar, men är bra för att förflytta stora luftvolymmer mot låg resistans. För att reglera axialfläktar kan skovelvinkelreglering användas, vilket beskrivs här efter. [Energihandboken 2008-04-09c]

#### **4.3.6 Axialfläktar med skovelreglering**

Genom att reglera skovelvinkeln i en axialfläkt kan luftflödet ifrån fläkten varieras med en hög verkningsgrad. För att reglera skovelvinkeln finns det två metoder:

- Att skovlarna endast regleras när fläkten är stillastående. Denna metod går även att kombinera med varvtalsreglering.
- Att skovlarna kan regleras under drift. Denna metod bör dock ej regleras med varvtalsstyrning.

Då installationskostnaderna är höga för skovelreglering bör den endast användas vid stora volymflöden, ungefär 10-15m<sup>3</sup>/s. [Energihandboken 2006a]

#### **4.3.7 Start/stopp-reglering**

Genom att använda start/stopp-reglering kan fläktens luftflöde enkelt varieras. Det innebär med andra ord att fläkten antingen går för fullt eller står stilla. Manövreringen kan ske manuellt eller till exempel genom att installera en timer som slår från fläkten vid en specifik tidpunkt eller efter en viss tid. Besparingen blir därmed den tid som fläkten står stilla.

Tre fläktar som styrde ventilationen i en produktionsanläggning kördes dygnet runt alla dagar. För att begränsa fläktarnas drifttid investerades det i tre timur för 20 000 kr, inklusive installation. Verksamheten bedrivs i tvåskift under måndag till fredag, och tiduren optimerades därefter. Investeringen innebär att driften av fläktarna har minskat med 180 MWh per år, vilket då motsvarade 54 000 kr per år. I dagsläget hade dock investeringen medfört en större besparing eftersom dagens elpris är högre än de 0,3 kr/kWh som företaget hade år 2001. Dessutom har lokalens

värmeförluster sänkts med 166 MWh per år, vilket innebär ungefär 45 000 kr per år. Sammantaget ger det en besparing på cirka 100 000 kr per år och en minskning av CO<sub>2</sub>-utsläpp med minst 180 ton per år, beroende på vilken metod som används för att värma lokalerna. De tre tidrens raka återbetalningstid blir ungefär 2 månader. [Energimyndigheten 2001]

## **4.4 Pumpar**

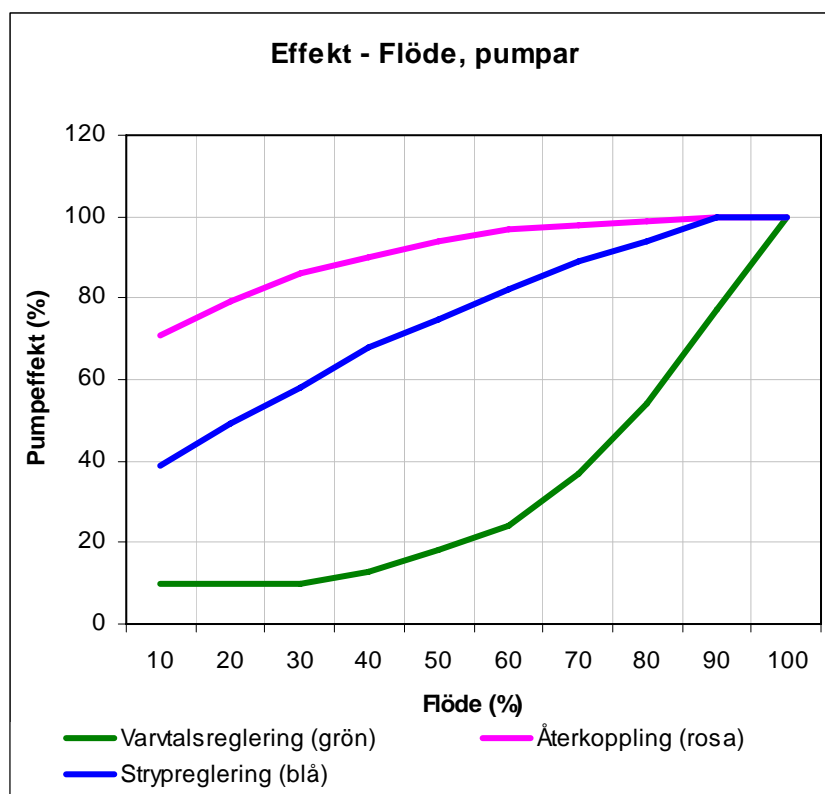
Varje industriföretag i Sverige använder sig av pumpar, till exempel för avloppspumpning eller kylning av utrustning. Pumpdriften i svensk industri ligger årligen på ungefär 10TWh, vilket är cirka 18 % av den el industrin använder. Högsta kostnaden för en pump är varken investerings- eller underhållskostnaden, utan är istället energikostnaden för att driva den. På grund av detta kommer följande del beskriva olika sätt att reglera pumpar. I bilaga IV finns även räkneexempel som jämför olika pumpregleringar. [Energimyndigheten 2006b]

### **4.4.1 Varvtalsreglering**

Med hjälp av varvtalsreglering kan pumpen styras så att det önskade flödet uppnås precis. Denna regleringsmetod är den som ger minst energiförluster, dessutom innebär lägre varvtal att underhållskostnaderna minskar för pumpsystemet. Dock finns det en del saker som måste beaktas. Minskas varvtalet ändras flödet i pumpen proportionellt mot varvtalet, tryckhöjden med varvtalet i kvadrat och effektbehovet med varvtalet i kubik. Detta gäller dock endast i cirkulationssystem, alltså system utan statisk höjd. Två andra saker som måste tas hänsyn till är hur mycket energiförluster som uppstår i varvtalreglerutrustningen samt att frekvensomriktaren kan orsaka nätstörningar. Nätstörningarna uppstår som tidigare nämnts på grund av högfrekventa störspänningar. För att undvika dessa nätstörningar används därför EMC-filter. I Schneider Electrics sortiment av industrianpassade frekvensomvandlare är EMC-filter av klass A med som standard. Klass A innebär att de emitterar väldigt lite ledningsbunden och strålad störning. [Schneider Electric 2007]

I bilaga IV jämförs energianvändningen hos en 130 kW-pump om den styrs med varvtalsreglering eller om den styrs med strypreglering. Resultatet blir att vid en investering i en frekvensomriktare på 120 000 kr, och ett elpris på 0,4 kr/kWh, kommer de årliga energikostnaderna reduceras med över 86 000 kr. Detta innebär att den raka återbetalningstiden blir 14 månader, med kalkylräntan inräknad blir återbetalningstiden 15 månader. Bägge dessa återbetalningstider är korta och lönsamma. Dessutom minskar CO<sub>2</sub>-utsläppen med 224 ton per år. [Energimyndigheten 2006b]

Figur 5 visar hur mycket effektivare en varvtalreglerad pump är jämfört med en strypreglerad eller en som bara använder återkoppling. Något som också bör observeras är hur mycket effektbehovet minskar när flödet minskas med hjälp av varvtalsreglering. Till exempel visar figuren att en 20 procentig reducering av flödet halverar effektbehovet, och att en halvering av flödet genererar i en 80 procentig minskning av pumpeffekten.



Figur 5, visar effektbehovet hos pumpar som regleras på olika sätt.

#### 4.4.2 Strypreglering

För att variera volymflödet i ett pumpsystem som drivs av en motor med konstant varvtal kan en reglerventil användas. Flödet minskas genom att strypa pumpens utlopp, vilket i sin tur gör att pumpen jobbar på lägre kapacitet. Effektbehovet minskar då, men istället produceras värme. Detta gör att energiförlusterna kan bli nästan ekvivalenta med den energi som behövs för att uppnå önskat volymflöde. Metoden är enkel men ger som sagt energiförluster. [Energimyndigheten 2006b]

#### 4.4.3 Start/stopp-reglering

Ett enkelt sätt att reglera en pumps volymflöde är genom att tillämpa start/stopp-reglering, vilket innebär att pumpen antingen går för fullt eller så står den stilla. Detta kan ske manuellt eller exempelvis genom att införa

en timer som stänger av pumpen efter en viss tid eller vid vissa tidpunkter. Besparingen blir helt enkelt den tid som pumpen står stilla.

## **4.5 Maskiner/elmotorer**

Enligt Energimyndigheten står elmotorer för 60-70 procent av elenergianvändningen inom svensk industri. Detta medför att möjligheterna till att effektivisera är mer än goda. Det viktigaste är att ha rätt motor till den specifika kapaciteten som krävs. Förutom detta är det även av stor vikt att motorn är energieffektiv.

### **4.5.1 Eff1**

Är motorn eff1-klassad innebär det att den tillhör den högsta energieffektivitetsklassen. För övrigt finns det även klasserna eff2 och eff3. Denna klassificering gäller för tillfället 2- och 4-poliga 3 fas asynkronmotorer, 50 Hz, 400V med en nominell effekt på mellan 1 och 90 kW. Sättet att klassa elmotorerna har tagits fram av EU och branschorganisationen CEMEP. Dessa har även gjort en databas med energieffektiva elmotorer och deras tillverkare, EuroDEEM. [EuroDEEM 2008-05-05]

### **4.5.2 Dimensionera korrekt**

Många gånger kan det löna sig att mäta vilken eleffekt som egentligen behövs och jämföra den med den installerade effekten. På ett sovringsverk i Kiruna genomfördes mätningar av eleffekten under drift. Den installerade effekten var 900 kW och bestod av två motorer á 450 kW, medan effektuttaget endast var 370 kW. Detta gjorde att de kunde montera ner en av de två motorerna med dess tillhörande växellåda. Samma sak utfördes även på sju andra ställen, vilket resulterade i en årlig besparing på 1 000 000 kr samt en minskad reaktiv effekt. Återbetalningen för mätningarna och demonteringen blev ungefär 0,3 år. [Energimyndigheten 2001]

### **4.5.3 Strypreglering**

Strypreglering var tidigare en mycket vanlig metod för att reglera pumpar och fläktar. Regleringen innebär att motorn arbetar konstant med en hög effekt och att flödet sedan stryps ner till önskad effekt. Detta medför direkta effektförluster, som i sin tur leder till energiförluster. En enkel regleringsvariant som kostar i längden. I bilaga IV jämförs en strypreglerad pumpmotor med en som varvtalsregleras genom frekvensomformning.

### **4.5.4 Varvtalsreglering**

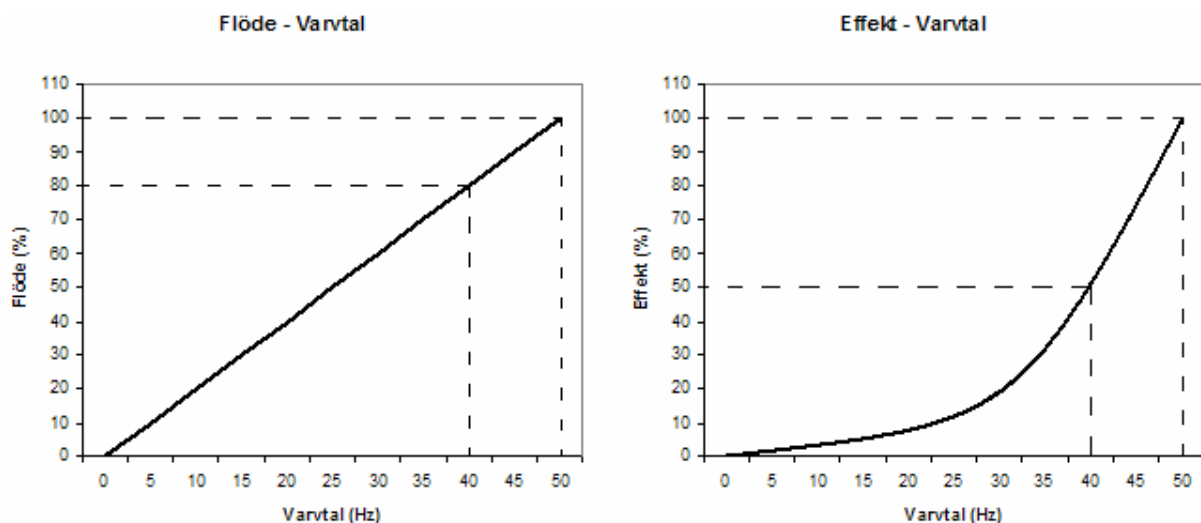
Genom att variera en elmotors varvtal efter dess behov kan mycket elenergi besparas. Varvtalsregleringen kan ske på olika vis, bland annat

genom tvåhastighetsmotorer, spänningsreglering och frekvensomformning.

Att variera varvtalet med en tvåhastighetsmotor innebär att en motor har möjligheten att omkopplas mellan två olika drivhastigheter. Detta kallas även för polomkoppling och finns i ett antal olika varvtalsförhållanden. Kostnaden för en tvåhastighetsmotor är något större än för en enhastighetsmotor, men den minskade elförbrukningen gör att investeringen betalar tillbaka sig inom en kort period. Dock är verkningsgraden för en tvåhastighetsmotor något lägre. [Energihandboken 2008-05-05a]

Spänningsreglering av asynkronmotorer innebär att matningsspänningen varieras. Eftersom momentet för motorn är proportionellt mot matningsspänningen i kvadrat medför en ökning av spänningen en ökning av varvtalet. Tyvärr innebär denna metod förhållandevis stora förluster, vilket gör att spänningsreglering av motorer med en effekt på mer än 10 kW inte är särskilt lämplig. Regleringen alstrar mycket värme i rotorn som därmed kräver någon slags kylning. [Energihandboken 2008-05-05b]

Istället för att reglera asynkronmotorer med spänningsreglering kan de regleras genom frekvensomformning. Detta innebär att frekvensen för matningsspänningen varieras. Nackdelen med denna variant är att investeringssumman är något högre än i de andra fallen, då den kräver avancerad elektronisk utrustning. Dock betalar denna investering tillbaka sig genom minskade underhållskostnader samt sänkta energikostnader. Därför anses denna metod vara den mest gynnsamma regleringsmetoden. [Energihandboken 2008-05-05c] Enligt Schneider Electric kan en frekvensomformare reducera elkostnaderna med mellan 15 och 50



Figur 7, visar hur mycket effektbehovet minskar och hur lite flödet påverkas när varvtalet sänks.

procent. Återbetalningstiden för deras frekvensomformare är normalt sett kort och brukar ligga på mellan 9 och 24 månader. [Schneider Electric 2007] Ett exempel på hur fördelaktig frekvensomformning kan vara som regleringsmetod visas i bilaga IV.

Den utrustning som är mest lönsam att varvtalsreglera är den med kvadratisk moment, exempelvis fläktar och pumpar, där momentbehovet är proportionellt mot strömmen i kvadrat. I figur 7 visas hur mycket effektbehovet förändras, och hur lite flödet reduceras, då varvtalet sänks. Den visar till exempel att en 20 procentig reduktion av varvtalet halverar effektbehovet samtidigt som flödet endast minskar med 20 procent.

Vid användning av frekvensomvandlare bör EMC-filer, enligt tidigare resonemang, användas för att motverka störningar i nätet. Därför är Schneider Electrics industriäpplade frekvensomvandlare utrustade med EMC-filer redan från början. [Schneider Electric 2007]

#### **4.5.5 Mjukstart/Mjukstopp**

Att starta en motor med direktstart sliter hårt på kopplingar, växellådor och lager i den utrustning motorn driver samtidigt som det påfrestar elnätet. Vid direktstart bildas nämligen en hög startström som oftast orsakar en spänningsdipp. Detta gör att motorer oftast inte stängs av trots att de inte används, ett vanligt exempel är transportband.

För att undvika detta slitage och strömspikar bör mjukstart och mjukstopp införas. Apparaten kopplas in vid elmatningen till motorn. När motorn startas drar den så mycket ström den kan. Skulle det vara mer än vad elnätet kan leverera just då sänks spänningen under en viss tid. Vid en mjukstart rampas alltså motorns spänning upp och gör att ström och moment uppför sig på samma sätt. Vid start och stopp av pumpar kan mjukstart och mjukstopp vara effektivt för att undvika snabba tryckförändringar, som ofta kan leda till skador på ventiler och ledningar.

En utrustning för mjuka start och stopp ökar alltså motorers livslängd och minskar deras underhållskostnader. Dessutom hjälper utrustningen till att hålla nere de höga startströmmarna, vilket gör att mindre säkringar kan användas och på så vis sänks även abonnemangskostnaderna. Ett reningsverk som installerade en mjukstartare fick den återbetald på mindre än ett år på grund av dessa kostnadsminskningar. [Emotron 2006]

#### **4.5.6 Axeffektvakt**

Genom att direkt uppmärksamma över- eller underlast kan skador och oplanerade stopp undvikas. Dessa tidiga varningar innebär att fel snabbt

kan åtgärdas eller förebyggas, vilket i sin tur leder till ökad driftsäkerhet samt att stora underhållsutgifter kan undvikas.

När ett litet fel sker i processen uppmärksammas detta av axeffektvakten som direkt varnar eller stoppar processen, allt för att undvika skador och slitage. För att räkna ut axeffekten mäts ineffekten hos motorn och från den subtraheras effektförlusten i motorn. Detta värde jämförs sedan med de gränsvärden som användaren ställt in. Ligger värdet utanför det givna området larmas användaren eller stoppas möjligen processen.

Axeffektvakten sparar därmed in på energi genom att hålla en hög verkningsgrad hos motorerna. Samtidigt sänks företagets kostnader för underhåll av motorerna och minskat antal produktionsstopp bidrar till att vinsten inom företaget kan öka. [Emotron 2007]

#### **4.5.7   Reaktiv effekt**

För att driva en elmotor krävs det både aktiv och reaktiv effekt. Den reaktiva effekten krävs för att magnetisera motorn. Annars är inte den reaktiva effekten särskilt önskvärd, varken för elbolagen eller för konsumenterna. För konsumenterna kan ett överuttag nämligen leda till straffavgifter. För att slippa dessa överuttag och straffavgifter går det istället att producera egen reaktiv effekt så att industrins behov tillföres. Mer om hur detta kan ske och mer om reaktiv effekt finns under avsnitt 4.10.

### **4.6       Värme och kyla**

Ett vanligt problem inom området värme och kyla är att det regleras fel. Många gånger värms och kyls en lokal samtidigt. Problemet grundar sig oftast i att ventilationen som ska kyla anläggningen går kontinuerligt året runt, oavsett om det behövs värme eller kyla i lokalen. Detta medför så klart att onödig energi används och därmed släpps koldioxid ut i atmosfären till ingen nytta alls. För övrigt bör det nämnas att värme och kyla till stora delar hör ihop med ventilation och därför finns starka kopplingar till avsnitt 4.2.

Två viktiga saker att tänka på är:

- Att sänka värmen då det är för varmt, istället för att kyla mera.
- Att sänka effekten på kylanläggningen då det är för kallt, istället för att öka värmen.

#### **4.6.1   Sänkt temperatur**

Något som alltid nämns när det gäller att spara energi är att rumstemperaturen bör sänkas. Ska detta ske bör den sänkas lite i taget för att personalen långsamt ska vänja sig vid klimatet. Bara genom att sänka



temperaturen en grad påverkas årsförbrukningen med ett par procent. Dessutom bör uppvärmningen ställas in efter de arbetstider som råder i lokalen. När det inte jobbar någon i en lokal kan den sänkas med cirka fyra grader. Viktigt att tänka på är dock att stänga dörrarna till de rum eller lokaler som har kallare temperatur. På så vis kyler de inte ner de utrymmen där folk arbetar.

#### **4.6.2 Yttre påverkan**

Tänk på var tilluftsdonen är placerade eller ska placeras. Sitter de uppe på taket eller södersidan värms tilluften upp under dagen och ger därmed ingen sval luft. Placeras de på norrsidan blir tilluften istället sval. Detta kan både vara för- och nackdelar beroende på vad den specifika anläggningen är i behov av.

För att effektivisera nedkylningen av lokalen sommartid, eller vid annat kylbehov, bör den ske under nattetid då luften är svalare ute än inne. Denna åtgärd kan göra att lokalen inte behöver kylas under dagen, förhoppningsvis inte lika mycket i alla fall. Viktigt är i detta fall att värmesystemet inte motverkar nattkylningen.

#### **4.6.3 Värmeåtervinning**

Att återvinna värme istället för att bara släppa ut den i atmosfären kan låta som en självklar sak, men är tyvärr inte alltid det. Genom att ta vara på värmen i olika media kan stora mängder energi ofta sparas. Den varma luften i lokalerna kan filtreras och återvinnas genom FTX-system eller frånluftsvärmepumpar, vilket beskrivs mer i avsnitt 4.2.4. Värt att tänka på är också att det finns möjligheten att sälja spillvärmen. Antingen kan närliggande industrier eller energibolag köpa den gröna värmeenergin.

Självklart bör även vatten återvinnas för att ge värme åt antingen tappvatten eller ventilationen. Detta kan ske genom exempelvis värmeväxling eller med hjälp av en värmepump. Många gånger pumpas vatten runt i ett system för att kyla ner en process. Slutligen pumpas det många gånger ut i havet, i en damm eller något liknande för att sedan pumpas in i kylsystemet igen. Istället bör överskottet av värme återvinnas så gott det går, i exempelvis ett fjärrvärmesystem, innan det pumpas ut i havet. Anledningarna är bland annat att spara energi och att minska uppvärmningen av havsvattnet. Pumpas det ut i en damm kan en värmepump installeras för att använda värmen till att värma tilluften i byggnaden.

I bilaga V visas ett exempel på vad värmeåtervinning kan medföra. Genom att återvinna värmen i vattenbadet genom värmeväxlare sparar företaget 349 MWh per år. Med ett elpris på 0,4 kr/kWh blir det en

reducering av de årliga elkostnaderna på ungefär 140 000 kr. Dessutom bidrar även värmeåtervinningen till ett minskat koldioxidutsläpp på 349 ton per år. [Energihandboken 2008-05-12]

#### **4.6.4 Styrsystem**

Anläggningen som ska styra temperaturen i lokalerna bör anslutas till belysningens och allmänventilationens styrsystem. Detta gör att tomma lokaler inte värms upp i onödan och befintliga detektorer används till fullo. Enligt tidigare kan temperaturen sänkas med fyra grader då ingen vistas i lokalen. Dessutom kan värmeanläggningen automatiskt starta en stund innan arbetspersonalen börjar jobba för att uppnå en behaglig temperatur.

Värmeanläggningen kan med fördel även anslutas till säkerhetssystemet. Det gör att när fönster eller dörrar står öppna så detekterar deras respektive magneter detta. Istället för att starta larmet ger det en indikation till värmesystemet, som i sin tur sänker temperaturen. På detta vis släpps ingen onödig värme ut.

Något som även bör tas hänsyn till när det gäller uppvärmning av byggnaden är solens påverkan. Därför bör markiser och jalousier kopplas till ett styrsystem. Behöver lokalen värmas upp kan solen få stråla fritt in genom fönstren och miljövänligt öka temperaturen. Skulle det däremot vara för varmt i lokalen täcks fönstren automatiskt och hindrar därmed solstrålarna från att värma lokalen. På så vis sparas energi genom att utrymmet slipper kylas ned.

Ett företag som kan tillgodose alla dessa krav på ett intelligent styrsystem är T.A.C. Deras anpassningsbara mjukvarulösningar tillsammans med deras specifika hårdvaruprodukter gör det enkelt att kontrollera, analysera och styra byggnadens dagliga förbrukning. Detta ger en helhetslösning som gör att byggnadens värmesystem, ventilation, belysning, larm etc. samverkar till en energisnål och behaglig innemiljö. [TAC 2008-05-19]

#### **4.6.5 Prognosstyrning**

Prognosstyrning är även ett sätt att spara energi. Denna metod ska göra att inomhustemperaturen hålls oförändrad. Varje timme tar systemet hänsyn till byggnadens värmelagringsförmåga samt det rådande ytterklimatet. På så vis ska övertemperaturer i byggnaden undvikas. Metoden tar tillvara solenergi och lokalernas interna värme, samtidigt som den vid blåsigt väder kompenserar mot nedkylning.

Enligt SMHI ska tekniken ge en årlig besparing på 10 kr per kvadratmeter, samt en minskad energiförbrukning på upp till 20 kWh per kvadratmeter

och år. Det innebär ett minskat CO<sub>2</sub>-utsläpp på 20 kg per kvadratmeter om lokalen har elburen värme. Metoden är inte bara bra ur miljösynpunkt utan gör även klimatet jämnt och behagligt för personalen, oavsett om det är kall eller varmt ute. [SMHI 2008-04-25]

I nr 4 av SMHI:s tidskrift *Medvind* berättar en användare av prognosystemet att de tjänade 12 000 kr under oktober månad jämfört med tidigare då de inte hade det. Enligt användaren var återbetalningstiden för installationen av systemet mindre än ett år. En annan fördel han berättar om är att stora delar av servicen sker via Internet, vilket innebär att inga större kostnader behöver läggas på reparationer. [SMHI 2003]

#### 4.6.6 Värmeförluster

I en byggnad försvinner det ut en hel del av den värme som tillförs lokalen. Därför bör hela byggnadens skal ses om. Är tak och väggar tillräckligt isolerade? Behövs det tätas någonstans?

För att beräkna energiförlusterna i byggnaden kan formeln nedan användas:

$$E = U \times A \times G_t \quad (3)$$

$$\text{Kostnad} = E \times \text{Elpris} \quad (4)$$

$E$  = antal Wh per år, [Wh/år]

$U$  = värmegenomgångskoefficient, [W/m<sup>2</sup> °C]

$A$  = materialytans area, [m<sup>2</sup>]

$G_t$  = gradtimmar, [°Ch]

För att beräkna  $U$ -värdet hos ett material eller vad det blir tillsammans med ett isolerande material kan dessa formler brukas:

$$U = 1/R_{\text{tot}} \quad (5)$$

$$R_{\text{tot}} = 0,17 + R_{\text{skikt}_1} + R_{\text{skikt}_2} + R_{\text{skikt}_3} + \dots \quad (6)$$

$$R_{\text{skikt}} = \delta/\lambda \quad (7)$$

$\delta$  = tilläggsisoleringens tjocklek, [m]

$\lambda$  = värmekonduktivitet för isoleringen, [W/m °C]

Med hjälp av tilläggsisolering minskar inte bara värmeförlusterna, utan det gör även att kylbehovet under sommaren minskar. Framförallt finns det stora besparingsmöjligheter genom att tilläggsisolera taket i en byggnad. Enligt fysikens lagar stiger värmen upp mot taket och ut genom det om det inte är bra isolerat.

I bilaga VI presenteras ett exempel där ett industritak i Stockholm tilläggsisolerar enligt PAROC:s anvisningar. I tabell 1 nedan visas hur stor energi- och kostnadsbesparing som kan åstadkommas med hjälp av tilläggsisolering. Med 15 cm stenullsisolering går det att spara mellan 21,3 och 83,8 kWh per kvadratmeter och år, vilket motsvarar 8,5 och 33,5 kr vid ett energipris på 0,4 kr/kWh. Används istället 30 cm stenullsisolering är besparingspotentialen mellan 27 och 93,2 kWh per kvadratmeter och år, som motsvarar 10,8 respektive 37,3 kr om energipriset antas vara 0,4 kr/kWh. Således innebär det att de årliga CO<sub>2</sub>-utsläppen kan minska med upp till 93,2 kg per kvadratmeter vid tilläggsisolering. [PAROC 2005]

Taktlösning	Energibesparing per m <sup>2</sup> , kWh		Kostnadsbesparing per m <sup>2</sup> , kr	
	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm
100 mm gasbetong 500, papp	83,8	93,2	33,5	37,3
150 mm gasbetong 500, papp	63,8	72,5	25,5	29,0
200 mm gasbetong 500, papp	44,3	52,0	17,7	20,8
160 mm betong, 40 mm isolering, papp	63,8	72,5	25,5	29,0
plåt/trä, 50 mm isolering, papp	44,3	52,0	17,7	20,8
plåt/trä, 70 mm isolering, papp	34,8	41,9	13,9	16,8
plåt/trä, 100 mm isolering, papp	25,7	31,9	10,3	12,8
plåt/trä, 120 mm isolering, papp	21,3	27,0	8,5	10,8

Tabell 1, visar hur mycket energi och pengar som sparas vid tilläggsisolering med 15 cm eller 30 cm stenull.

Ofta brukar väggarna i en byggnad vara bättre isolerade, men är de inte det bör även beräkningar på dessa utföras. Samma sak gäller även grunden som byggnaden står på. Tilläggsisolering är dock ofta en kostsam investering, men bör finnas med i åtanke om det ändå ska ske andra renoveringar på väggar, tak eller grund.

Fönstren är för det mesta de delar i klimatskalet som har sämst isoleringsförmåga. Därför bör företaget räkna på vad en investering i energieffektivare fönster skulle innebära. Vanliga 2-glasfönster orsakar så kallat kallras, vilket kan upplevas som drag från fönstret. Med energiglas elimineras kallras och gör att inomhusklimatet känns behagligare. Detta gör att inomhusklimatet ofta upplevs behagligare och värmen kan kanske även sänkas en grad. För att räkna energiförlusterna används formlerna i början av avsnittet om värmeförluster.

För att minska värmeförlusterna behöver inte de gamla fönstren bytas ut helt utan kan istället renoveras. Det kan ske på olika vis, exempelvis kan energiglas monteras på utsidan eller insidan av det gamla fönstret. Ett vanligt kopplat 2-glasfönster har ett U-värde på 2,8. Enligt rapporten *Fönsterrenovering med energiglas* som Energimyndigheten skrivit kan dock en renovering minska U-värdet till mellan 1,9 och 1,3. Alltså kan värmeförlusterna halveras genom en renovering, eller även ännu mer genom ett utbyte mot energiglasfönster. Viktigt att se till för att uppnå bästa resultat är att tätningen mellan vägg och karm samt karm och båge är korrekt utförd. [Energimyndigheten 2006d]

Andra ställen där det gärna smiter ut värme är genom dörrar och framförallt portar. Portarna kan vara energibovar både när de är stängda och öppna. Dåligt isolerade portar och springor i exempelvis vikportar gör att värmen kan smita ut. Det stora problemet är dock portar som står öppna onödigt länge. Med dagens teknik, som manövrerar portarna snabbare och säkrare, kan öppningstiderna minskas och därmed släpps mindre värme ut. I en energianalys utförd av NENET beräknas en installation av fotoceller för 58 000 kr reducera portarnas energiförluster med 59 000 kWh/år. Med ett energipris på 0,4 kr/kWh innebär det en besparing på 23 600 kr/år och att installationen är återbetald efter mindre än 2,5 år. [NENET 2007b]

För att minska förlusterna när portar är öppna kan luftridåer placeras framför dem, vädertätningar monteras och/eller plastremсор hängas upp vid öppningen. En luftridå är en slags osynlig vägg, bestående av strömmande luft, som gör att kall luft inte kommer in i en varm lokal eller tvärtom. Viktigt är dock att den har rätt storlek, så att den täcker hela porten, samt att den är rätt riktad, så att den kalla luften inte blåses in i lokalen. Vädertätning innebär att lastbryggan sluter sig runt lastbilens öppning och på så vis minimeras värmeläckaget. Denna teknik är kostnadseffektiv vid mycket av- och pålastning till lastbilar. Tekniken med plastremсор innebär att dessa hängs upp i portöppningen för att fysiskt stoppa värmen från att lämna lokalen.

## **4.7 Tryckluft**

Industrin i Sverige använder idag 3 procent av den sammanlagda elenergin till tryckluftsproduktion, vilket innebär ungefär 1,7 TWh om året. Den största kostnaden för en kompressor är energikostnaden, som ligger på ungefär 70 procent av den sammanlagda kostnaden, medan investeringen står för drygt 20 procent och underhållet endast för 10 procent. Därför är det viktigt att kontrollera om den befintliga utrustningen är energieffektiv eller om en ny kompressor skulle kunna förbruka mindre. [Energimyndigheten 2006e]

#### 4.7.1 Läckage

Enligt Energimyndighetens skrift, *Krav på tryckluftssystem*, finns det med stor sannolikhet läckage i alla tryckluftssystem. Under ordinarie drifttid är det inte ovanligt med ett läckage på mellan 20 och 50 procent. För att hitta läckagen bör sökandet börja i närheten av förbrukaren, där de flesta läckagen befinner sig.

Tabell 2 ger exempel på vilka stora förluster som små hål kan åstadkomma. Uppgifterna är delvis hämtade från samma skrift som ovan, nämligen *Krav på tryckluftssystem*. Läckageflödet gäller vid 7 bar, samt luftproduktion 8760 timmar om året. Effektbehovet baseras på 0,1 kWh/m<sup>3</sup> och energikostnaden antas vara 0,4 kr/kWh. [Energimyndigheten 2006e]

Hålets diameter, mm	Läckageflöde, m <sup>3</sup> /min	Effektbehov, kompressor, kW	Årlig energikostnad, kr
1	0,06	0,4	1 402
5	1,5	10	35 040
10	6	40	140 160
20	25	150	525 600

Tabell 2, visar förlusterna som vissa läckage orsakar. Gäller vid ett tryck på 7 bar och luftproduktion på 8760 timmar om året. Effektbehovet baseras på 0,1 kWh/m<sup>3</sup> och energipriset antas vara 0,4 kr/kWh.

Genom att installera mätutrustning vid olika delar i tryckluftssystemet får alla på företaget en bättre förståelse för hur mycket tryckluft som används och vad det kostar. Denna metod gör det även enklare att räkna ut om det finns läckage i systemet och hur stort det är i så fall. Detta genom att jämföra det faktiska luftflödet med hur mycket utrustningen egentligen kräver.

För att sedan undvika läckage bör:

- Slangar, kopplingar och armaturer kontinuerligt undersökas och vid behov tätas.
- Långa slangar undvikas i största möjliga mån på grund av läckagerisk och tryckfall. Största tryckfallet uppstår i serviser, tryckluftsarmaturer, slangar, kopplingar samt slangsocklar.
- Möjligheten att sänka trycket undersökas, ty lägre tryck medför mindre läckage.
- Tiden som distributionsnätet är trycksatt undersökas, då den ofta kan kortas ner och därmed undvika onödigt läckage.
- Avstängningsventiler alltid användas vid uttagen.

- Stamnätet och distributionsnätet bör inte, utan ska vara helsvetsat för att undvika läckage.
- Självklart andra alternativ än tryckluft utvärderas.

#### **4.7.2 Alternativ utrustning**

På grund av tryckluftsverktygens dåliga verkningsgrad bör alternativa verktyg undersökas. Istället för tryckluftsdrivna handverktyg, exempelvis mutterdragare och bormaskiner, bör möjligheten att använda eldrivna verktyg undersökas. Dessa har mycket bättre verkningsgrad och är därmed mer energieffektiva. De eldrivna handverktygen delas in i tre kategorier, universalverktyg, trefasmaskiner och högfrekvensmaskiner.

Universalmaskinerna kräver endast anslutning till det vanliga 230 V-nätet, vilket gör dem smidiga att ansluta och förflytta. Det negativa med dessa verktyg är dock deras vikt jämfört med den effekt de ger, samt att de har en varvtalsminskning vid belastning.

Trefasmaskinernas positiva del är att trefasmotorn är driftsäker och tålig mot överbelastning. Nackdelen med dem är dock att på grund av motorns konstanta varvtal, på 3000 rpm, måste mekaniska växlar användas för att reglera varvtalet. Detta gör att även denna sorts handverktyg får en tämligen hög vikt jämfört med dess effekt.

Högfrekvensverktygen är de handverktyg som är mest likvärda med tryckluftsmaskinerna. Detta eftersom de är ungefär lika lätthanterliga, samtidigt som de inte väger avsevärt mycket mer. En del av högfrekvensverktygen kräver ett eget eldistributionsnät för att det specifika varvtalet ska kunna uppnås. Idag finns det dock även mutterdragare som har egna omformare och på så vis kan dessa anslutas direkt till 230 V-nätet. Verktygen ger ändå en hög effekt trots att de inte väger så mycket, och med hjälp av styrelektronik kan åtdragningsförloppet varieras väldigt precist.

Om tryckluft måste användas för renblåsning bör vissa speciella munstycken användas. Dessa speciella munstycken är utformade så att de ska dra med sig munstyckets omgivande luft, allt för att minska luftanvändningen. [Energimyndigheten 2006e]

#### **4.7.3 Värmeåtervinning**

När luften komprimeras i kompressorn bildas även energi i form av värme. Energimängden är lika stor som den energi som tillförs kompressorns drivmotor. Stora delar, enligt Energimyndigheten cirka 60-90 procent, av denna energimängd går generellt sett att återvinna med hjälp av

värmväxlare och på så vis ökar kompressorns verkningsgrad. [Energimyndigheten 2006e]

Återvinningen kan vara luftburen eller vattenburen. Den luftburna metoden är enkel, billig och återbetalar sig oftast fort. Den varma luften som bildas leds direkt från kompressorns luftutlopp och ut i resterande delar av byggnaden genom ett kanalsystem, alternativt går den först till en värmesänka.

Den vattenburna återvinningen kan exempelvis användas för att förvärma returvatten i ett värmesystem, återvärma vatten i ett fjärrvärmesystem eller värma processvatten. Både luftkylda och vattenkylda kompressorer kan användas för vattenburna återvinningsystem. Med luftkylda kompressorer seriekopplas två värmväxlare, en kylvätska/luft och en kylvätska/vatten, och med vattenkylda kan kylvattnet direkt användas till uppvärmning. [Energimyndigheten 2006e]

## 4.8 Tomgångskörning

När utrustning går på tomgång sänks energianvändningen avsevärt. Trots detta blir den totala energianvändningen hög på grund av den långa tiden som tomgångskörningen i många fall pågår. Enligt ett häfte från Sparkraft, *Energieffektivisering - sparar både pengar och miljö*, används 1,4 TWh per år till tomgångskörning - alltså nästan lika mycket energi går åt till tomgångskörning som det går åt till tryckluftssystem per år. För att ta reda på tomgångsförbrukningen kan det som tidigare nämnts utföras egna mätningar på de enskilda maskinerna. Detta gör att de stora tomgångsförbrukarna upptäcks och den totala tomgångsförbrukningen kan adderas ihop. Avsnitt 4.12 beskriver olika mätmetoder och hur de kan användas. Behövs det ändå kompletterande information kan en förfrågan skickas till energileverantören. Detta kan ge en bild av den totala energianvändningen är under en dag då produktionen står stilla, exempelvis julafton eller midsommarafton. [Sparkraft 2002]

Tänk på att det mesta har tomgångskörning. Belysning, ventilation och värmeaggregat som används i onödan är en viss tomgångskörning. Pumpar, fläktar och maskiner som står i stand-by eller är på fast ingen produktion sker är en annan. I början av guiden presenteras förslag på vad som kan göras för att minska på dessa onödiga tomgångskörningar.

En stearinfabrik i Oskarshamn lyckades spara 240 000 kr per år genom att tidsstyra sina pumpar samt stänga av kompressorer över helgerna. Investeringen kostade 150 000 kr och var återbetald inom ett år. [Sparkraft 2002]



All utrustning som går att stänga av bör stängas av då den inte används. Finns möjligheten kan alla eller de med högst tomgångsförbrukning testas för att se om de går att stänga av och på utan att något går förlorat. Skulle en energikrävande maskin inte klara att stängas av och på, på grund av att inställningar går förlorade, bör det undersökas om det går att uppdatera mjukvaran eller om något annat kan komplettera maskinen. Denna komplettering kan möjligen vara en extern hårddisk som lagrar alla inställningar och all nödvändig data som maskinen kräver för att starta och arbeta optimalt.

I de fall då utrustningen tar lång tid att starta upp bör de startas automatiskt en viss tid innan de ska börja användas. Detta kan exempelvis kopplas till värmesystemet som även det bör startas en viss tid innan personalen anländer. Något som är viktigt när flera maskiner ska startas är att de inte startas samtidigt, vilket skulle ge stora effekttoppar som kan göra att effektgränsen överskrids. Överskrids denna gräns kommer elbolaget kräva företaget på en straffavgift.

Eftersom åtgärden att stänga av en maskin oftast kan utföras manuellt kommer det inte krävas några utgifter för att spara in på tomgångsförbrukningen. Däremot kanske personalen bör informeras om vilken utrustning som ska stängas av eller lämnas igång. För att vara på den säkra sidan att maskinerna blir avstängda kan automatiska brytare kopplas in. Dessa kan vara anslutna till ett centralt styrsystem som stänger av och på exempelvis ventilation och maskinerna. Alternativt kan separata tidur anslutas direkt till maskinen. Viktigt är dock att maskinen inte stoppas mitt under produktionen och förstör den blivande produkten. Därför kan den först varna för avstängning, så att personalen har möjligheten att förlänga tiden innan den stängs av.

## **4.9 Underhåll och reovering**

Många slarvar idag med sin befintliga utrustning. Genom att reovera och framförallt underhålla sin befintliga utrustning kan verkningsgraden hållas hög, livslängden öka och onödiga stopp av produktionen kan undvikas. Om mindre underhållsåtgärder utförs med korta intervall kan det bidra till att stora reoveringar, och i värsta fall nyinvesteringar kan förhindras. Det kan vara enkla åtgärder som att rengöra filter och kanaler, torka av reflektorer eller täta läckage. Finns inte kompetensen inom det egna företaget går det att hyra in annan personal som är specialiserad på industriellt drift- och underhållsarbete.

Underhåll av belysningen innebär inte bara att byta lampor eller lysrör. Oftast försämras ljusstyrkan i belysningen på grund av att reflektorerna eller ljuskällorna har blivit smutsiga. Många gånger innebär en

industrilokal dammig och besvärlig miljö, vilket alltså bidrar till att belysningen mer frekvent måste rengöras. I bilaga Ia står det om ett företag som årligen fick demontera sina armaturer för att rengöra dem. För att undvika detta problem har I-Valo Oy tagit fram industriarmaturer som på ett patenterat sätt gör att smutsen inte fastnar på eller i armaturen. Detta gör att de inte behövs rengöras lika ofta och att ljusstyrkan hålls på en önskvärd nivå längre. Mer information om tekniken hittas under rubriken ”4.1.8 Ljuskällor med filter”.

Under rubriken läckage i avsnittet om tryckluft går det att läsa om hur kostsamma små hål i ett tryckluftssystem kan vara. Där finns även tips om var läckagen kan hittas.

En industri i Norrland märkte vid mätningar att deras pumpars kapacitet hade minskat avsevärt. Den tuffa miljön hade nämligen slitit hårt på pumparna. Genom att belägga insidan av dem med keramiskt kompositmaterial gavs en slät yta som medförde att pumparna blev minst lika bra som nya. Några uttjänta delar byttes även ut mot nya. Renoveringen kostade omkring 1,5 miljoner kronor och ledde till en 8 000 MWh stor reduktion av energianvändningen per år. För industrin innebär det en årlig kostnadsminskning på ungefär 2 miljoner kronor per år, samt ett reducerat utsläpp av koldioxid på 8 000 ton per år. Investeringen betalade dessutom tillbaka sig inom ett år. [Energimyndigheten 2001]

Något som dock alltid måste övervägas är om reparationen är den självklara åtgärden. Ibland kan det vara mer energi- och kostnadseffektivt att investera i en ny produkt. Till exempel kan det istället vara bättre att investera i en ny såkallad eff1-motor än att låta omlinda en motor, då omlindningen kan göra att motorn tappar effektivitet. Ta därför in offerter från olika leverantörer för att jämföra vad det skulle kosta att nyinvestera kontra att renovera utrustningen.

## **4.10 Faskompensering**

För att skapa det magnetfält som krävs för att exempelvis elmotorer ska fungera behövs reaktiv effekt. I övrigt är denna effekt inte önskvärd, då den minskar distributionsnätets överföringsförmåga och ibland kan innebära att överruttagsavgifter behöver betalas till elbolagen. Kontrollera med elleverantören om det betalas extra för reaktiv effekt eller hur mycket reaktiv effekt som får tas ut.

### **4.10.1 Reaktiv effekt**

Motorer består av spolar – induktanser - som konsumerar reaktiv effekt, medan lysrör innehåller kondensatorer – kapacitanser – som genererar reaktiv effekt. Okompenserad reaktiv effekt ger ingen energiförlust i

lasten, men ökar strömmen i överföringen. Detta skapar förluster som blir till förlustenergi i ledningarna.

Ett mått på hur stor den reaktiva effekten är jämfört med den aktiva beskrivs genom effektfaktorn,  $\cos \varphi$ . Är denna faktor ett innebär det att den induktiva lasten och den kapacitiva lasten tar ut varandra, alltså är den totala effekten den nyttiga effekt som används. Att  $\cos \varphi$  är lika med ett innebär således att ström och spänning ligger i fas. När reaktiv effekt förbrukas ändras förhållandet mellan ström och spänning. Är lasten induktiv kommer strömmen släpa efter spänningen i fas, medan en kapacitiv last gör att strömmen hamnar före spänningen. Ju större reaktiv effekt desto mindre är effektfaktorn, vilket i praktiken innebär att fasförhållandet mellan ström och spänning är stort. För att kompensera mot detta används exempelvis kondensatorer. De producerar nämligen den reaktiva effekt som krävs för att magnetisera en motor.

#### **4.10.2 Synkronmotorer**

Traditionellt sett har roterande motorer, mestadels generatorer, använts för att skapa den reaktiva effekten. Den har sedan överförts via eldistributionsnätet till förbrukaren. I allmänhet har stora motorer inom industrin varit synkronmotorer, vilka själva genererar den reaktiva effekten de behöver. Genom att förse dessa motorer med övermagnetiseringsmöjligheter kan den reaktiva effekten även distribueras till andra behövande utrustningar.

Dock ska det poängteras att denna metod inte anses vara speciellt kostnadseffektiv för att skapa reaktiv effekt, varken genom att köpa in nya synkronmaskiner eller genom att använda redan befintliga. Anledningarna är bland annat kostnaderna för utbyggnaden av distributionsnätet samt förlusterna vid överföringen. Huvudorsaken är dock den att det blivit mindre kostsamt att investera i och driva kondensatorer. [Nokian Capacitors 2008-05-08]

#### **4.10.3 Kompensering**

Kondensatorer är ett av de enklaste och minst kostsamma hjälpmedlen för att skapa reaktiv effekt. För att förse en motor med den reaktiva effekten som den behöver kan det räcka med att placera en kondensator vid motorn. Antingen kopplas den till motorns uttag eller till motorstarterns uttag. Denna kompenseringsmetod är lämplig på stora maskiner.

Centralkompensering är att föredra om avsikten är att minska den reaktiva effektuttaget från nätet, och på så vis undvika överuttagsavgifter. Däremot anses gruppkompensering vara bättre än centralkompensering om tillräckligt stora enheter kan utnyttjas.

När växlingarna i den reaktiva effekten är stora under en väldigt kort tid och några enstaka perioder bör ej vanlig reglering användas. Detta för att den är för långsam. Istället ska en statisk VAR kompensator, SVC, användas. Metoden lämpar sig för exempelvis ljusbågsugnar. Enligt företaget Nokian Capacitors är återbetalningstiden mellan ett och två år för en SVC. [Nokian Capacitors 2008-05-08] En enklare kondensator med tyristorstyrning passar bra för att snabbt kompensera mot den reaktiva effekten i svetsaggregat. Tekniken innebär att den vanliga kontaktorn ersätts av tyristorstyrning samt att regleringen använder sig av tyristorns styrningsautomatik. Bägge dessa metoder kompenserar även mot de spänningsväxlingar som bildas.

#### **4.10.4 Effektfaktorsreglering**

Om inte en kondensatorenhet täcker kompenseringsbehovet bör ett kondensatorbatteri användas. Det är nämligen uppbyggt av flera parallellkopplade kondensatormoduler. Kopplas dessutom en effekregulator in till kondensatorbatteriet kan detta styras automatiskt. Om effektfaktorn sjunker under en viss gräns, bestämd av exempelvis företaget, kopplar automatiken in eller ur tillräckligt antal kondensatorsteg för att uppnå en god kompensering. Krävs det större batterier än vad som finns bör kompenseringen delas upp på fler batterier med gemensam styrning och separat matning. I bilaga VII visas ett exempel på hur storleken på ett kondensatorbatteri räknas ut.

Enligt Schneider Electrics häfte om energieffektivisering, *Energy efficiency – Solutions book*, investerade ett företag i Portugal cirka en miljon euro i 5 stycken mellanspännings kondensatorbatterier. Kostnadsbesparingen blev dock så stor som tolv miljoner euro om året, vilket alltså ger en återbetalningstid på en månad. Samma skrift skriver om ett franskt företag som investerade i tio stycken kondensatorbatterier och på så vis sänkte energikonsumtionen med 9 procent. Återbetalningstiden för detta projekt var två år, vilket anses som en kort återbetalningstid. [Schneider Electric 2008]

#### **4.10.5 Fördelar**

Genom att kompensera den reaktiva effekten ges det således väldigt många fördelar. Nedan listas några av dem.

- Minskade energiförluster
- Minskade kostnader på grund av minskade eller uteblivna överuttagsutgifter
- Minskad belastning av kablar och andra elektroniska komponenter

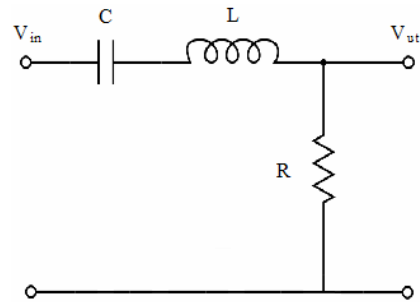
- Ökad livslängd hos utrustningen
- Minskade underhållskostnader
- Kapacitet i ledningsnätet frigörs, lasten optimeras samt stabiliteten ökar

Metoden är ett bra sätt att spara in på energikostnaderna utan att behöva stänga av någonting, och den behöver heller inte påverka produktionen.

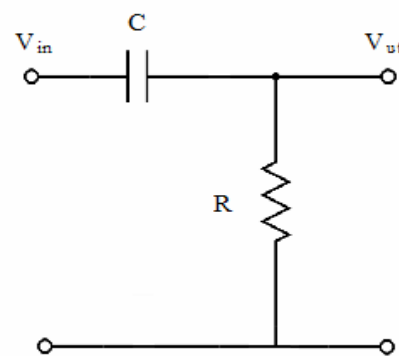
#### 4.10.6 Övertonsfilter

Vid faskompensering måste alltid hänsyn tas till övertoner. Dessa finns både inom industrinät och distributionsnät. Övertoner bidrar till många slags problem, bland annat till förluster i maskiner, överbelastning av kablar, resonansproblem och höga strömmar i nolledare. Det vanligaste sättet för att lösa problemet är att koppla in övertonsfilter. Filtren ökar dessutom livslängden på övrig utrustning och förutom detta minskas även uttag av reaktiv effekt genom faskompensering.

De filtervarianter som finns delas in i två kategorier, passiva och aktiva filter. De passiva tillverkas av passiva komponenter och innefattar normalt bandpassfilter och högpassfilter. Ett bandpassfilter består av en kondensator i serie med en spole, enligt figur 8. Det ett bandpassfilter gör är att det släpper igenom de frekvenser som ligger mellan två bestämda värden och dämpar



Figur 8, bandpassfilter.



Figur 9, första ordningens högpassfilter



Figur 10, en bild som visar hur en signal med skadliga övertoner filtreras till en ren signal.

ut resterande frekvenser. Ett första ordningens högpasfilter består av en kondensator och ett motstånd enligt figur 9. Högpasfilter släpper igenom höga frekvenser och dämpar de som är under den specifika gränsen.

Med aktiva filter konstrueras de redan befintliga övertonerna med samma frekvens och amplitud för att sedan köras in i motfas. På så vis elimineras de skadliga övertonerna i nätet. Ett aktivt filter kan vara uppbyggd på följande vis. Den viktigaste komponenten är den digitala kontrollenhet som mäter de övertoner som finns på nätet. Denna enhet styr även IGBT transistorer som i sin tur genererar övertoner som ligger i motfas. I varje fas, tre stycken, används en strömtransformator för att kontinuerligt mäta den kvarvarande överströmmen. Detta gör att överströmmarna minimeras i varje fas.

Det energieffektiva med övertonfilter är således att de inte sliter ut utrustningen och att de reducerar den reaktiva effekten. Det senare gör att risken för att behöva få några debiteringar från elbolagen för överuttag minskar. [ABB 2008-05-07]

#### **4.11 Laststyrning**

En metod som inte har som huvudsyfte att dra ner på energianvändningen utan istället syftar till att kapa effekttoppar kallas laststyrning. Idag finns det flera företag som säljer denna regleringstjänst, både stora svenska energibolag och andra mindre företag. E.ON säger sig ha över 400 kunder som använder sig av deras metod för laststyrning.

Systemen kan förklaras som ”övervakningssystem” som mäter och övervakar effektanvändningen för att kunna reglera den så att ens effektabonnemang används optimalt. De förbrukare som kopplas till systemet kan inte vara känsliga mot mindre stopp eller nedregleringar. När en effekttopp närmar sig styr systemet nämligen automatiskt bort förbrukare för att plana ut den totala effektkurvan. På så vis behöver inte gränsen för effektuttag överskridas och inga extra straffavgifter behöver betalas till energibolaget. Systemet gör det även möjligt för företaget att sänka sina effektabonnemang gentemot tidigare. Skulle företaget sedan minska sitt genomsnittliga effektuttag med 30kW bidrar detta enligt Energimyndigheten till en minskning av elkostnader med 100 000 kr/år. [Energimyndigheten 2006c]

Effektstyrningen kan alltså jämna ut den totala effektförbrukningen, till exempel kan den se till att starta upp företagets utrustning vid olika tidpunkter för att hålla nere effekttopparna. Metoden bidrar därmed till ett jämnare och mer balanserat nät. [E.ON Sverige AB 2006]

Ett gjuteri i Älmhult investerade 120 000 kr i ett system för laststyrning. Detta gjorde att den abonnerade effekten kunde reduceras från 4800 kW till 3900 kW, vilket gav en årlig elkostnadsbesparing på 360 000 kr. Systemet betalade alltså av sig på 4 månader. [Energimyndigheten 2001]

För att enkelt hålla koll på elförbrukningen sparas även värdena i en databas. Detta gör att den ansvarige enkelt kan skapa tabeller eller diagram för att få en god översyn på förbrukningen, antingen för enskild förbrukare eller för den totala konsumtionen. [E.ON Sverige AB 2006]

## 4.12 Hur mäter man?

För att veta hur mycket som förbrukas eller hur mycket en energieffektiviserande åtgärd sparar är det viktigt att mäta rätt. Dessutom är det viktigt att följa upp åtgärder som utförts för att inte förlora effektiviteten. Utan övervaknings- och underhållsprogram kan nämligen upp till 8 procent förloras per år.

### 4.12.1 Momentan mätning

Genom att använda en multimeter tillsammans med strömtång och spänningsanslutning kan bland annat ström, spänning, effekt och  $\cos \varphi$  mätas. Dessa mätningar ger de aktuella värdena hos förbrukarna, vilka bör loggas i en databas för att underlätta uppföljningsarbetet.

Ska en fas mätas kopplas strömtången runt lastströmmen ( $I_L$ ) i fasen samtidigt som spänningsanslutningarna fästs mellan jord och fasspänningen ( $U_F$ ). Detta ger:

$$P_{1F} = U_F \times I_L \times \cos \varphi, \text{ där } \cos \varphi \text{ är effektfaktorn} \quad (8)$$

Olika metoder kan användas för att räkna ut effekten hos tre faser. Är strömmen densamma i alla faserna kan effekten i en fas,  $P_F$ , multipliceras med 3. Det vill säga att  $P = 3 \times P_{1F}$ . Ett annat alternativ är att mäta alla tre faserna var för sig enligt formel (8) och sedan addera samman dem. Det tredje alternativet är att koppla strömtången runt en fas och spänningsanslutningarna till varsin av de andra två faserna. Detta ger:

$$P_{3F} = \sqrt{3} \times U_H \times I_L \times \cos \varphi, \text{ där } \cos \varphi \text{ är effektfaktorn} \quad (9)$$

och  $U_H$  är huvudspänningen

### 4.12.2 Kontinuerlig mätning

Med kontinuerlig mätning blir det enklare att få en tydlig bild över företagets elkvalité och varje förbrukares energianvändning. För att kontinuerligt utföra mätningar finns det till exempel strömtänger med loggningsmöjligheter. Att föredra är dock fasta mätinstrument, som

exempelvis Schneider Electrics PowerLogicsystem. Med detta system kan bland annat ström, spänning, aktiv- och reaktiveffekt, frekvens och effektfaktorn mätas.

Möjligheterna med detta system är stora. Genom att koppla mätinstrument till varje förbrukare fås en precis bild över företagets förbrukning. Mätresultaten kan ses i realtid på displayer vid förbrukarna, men de kan även övervakas via Internet av någon person utanför industrilokalen. Denna möjlighet gör det snabbt och smidigt att kontrollera all utrustnings verkningsgrad och förbrukning utan att behöva ta sig in i något trångt utrymme eller i någon besvärlig miljö.

Genom att använda mätningarna tillsammans med Microsoft Excel kan diagram och plotter visas i både realtid och i efterhand. Denna loggningsmöjlighet gör det enkelt att se olika trender i förbrukningen och att jämföra förbrukningen innan och efter en åtgärd utförts. Stopp på grund av uttjänt utrustning går även att undvika genom att kontinuerligt kontrollera mätresultaten. Avviker till exempel ventilationens resultat kan det innebära att filter behöver rensas eller att fläkten behöver justeras. Detta uppmärksammas då i tid och kan korrigeras utan att någon utrustning behöver gå sönder helt.

Fördelen med denna kontinuerliga övervakning är även att den kan larma vid fel, eller koppla bort den felande faktorn. Om till exempel tomgångseffekten är för hög eller om effektuttaget närmar sig sin maxgräns kan lågt prioriterade förbrukare automatiskt kopplas bort. Detta gör att energikostnaderna och energiförbrukningen hålls nere. Går det inte att koppla bort någon förbrukare vid högt effektuttag kan det istället kopplas in backup-generatorer för att inte maxgränsen ska överstigas. Mätningarna gör det även lättare att bestämma abonnemangsgränserna för hur mycket aktiv- och reaktiv effekt som bör användas.



## Kapitel 5

### Ekonomi

Självklart handlar energieffektivisering mycket om just ekonomi. Man vill ha svar på frågor som: Hur mycket tjänas in per år? Vad kommer investeringen att kosta? Hur lång tid tar det innan investeringen har betalt tillbaka sig själv? Med anledning av dessa frågor kommer detta kapitel att ta upp en del ekonomiska termer som kan förekomma i rapporten.

- *Avskrivning*, sker under investeringens ekonomiska livslängd och är ett belopp som motsvarar den årliga värdeminskningen. Vanligen tillämpas linjär avskrivning, vilket innebär att de årliga belopp som skrivs av är lika stora.  
*Årlig linjär avskrivning = Investeringskostnad / Ekonomisk livslängd*
- *Driftskostnad*, sammanlagda kostnaden av underhållskostnaden och energikostnaden.  
*Driftskostnad = Energifkostnad + Underhållskostnad*
- *Ekonomisk livslängd*, tiden då investeringen är lönsam. Denna kan skilja mellan olika produkter.
- *Energifkostnad*, kostnaden för den energi som används.  
*Energifkostnad = kWh × kr/kWh*
- *Inflation*, innebär en ökning av den allmänna prisnivån. Prisökningarna kan exempelvis bero på att produktionen av varor blir dyrare på grund av höjda råvarupriser, eller också på grund av att efterfrågan är större än utbudet av varor. Riksbankens inflationsmål ligger vanligtvis runt två procent per år.
- *Investeringskostnad*, den direkta kostnad som investeringen innebär.
- *Kalkylränta*, den räntesats som uttrycker räntekravet på investeringen. Ger möjligheten att kunna jämföra värdet av betalningar som är skilda i tid. Nominell kalkylränta används där in- och utbetalningarna avser löpande priser, medan den reala kalkylräntan bör användas då uträkningarna avser fasta priser – utan påverkan av inflation. Lämpligen används realräntan som kalkylränta, vilket gör att

kalkylräntan med tillräcklig noggrannhet kan räknas ut genom att subtrahera inflationstakten från bankräntan.

- *LCC, livscykelkostnaden*, är den totala kostnaden för en investering under dess ekonomiska livslängd. Denna metod använder alla kostnader under utrustningens livslängd och räknar om dem till dagens penningvärde, vilket gör att olika investeringsförslag kan jämföras rättvist.

$$LCC_{totalt} = investeringskostnad + LCC_{energikostnad} + LCC_{underhållskostnad}$$

$$LCC_{energikostnad} = \text{årlig energikostnad} \times \text{nusummefaktor}$$

$$LCC_{underhållskostnad} = \text{årlig underhållskostnad} \times \text{nusummefaktor}$$

- *Nominell ränta*, tar inte hänsyn till inflation. Den ränta som erbjuds av till exempel banker.
- *Nusummefaktor*, används för att räkna ut nuvärdet av en investering.  

$$\text{Nusummefaktor} = \frac{1 - (1 + 0,01 \times r_k)^{-n}}{0,01 \times r_k}$$
, n = ekonomisk livslängd (år),  $r_k$  = kalkylräntan (i procent)
- *Nuvärde*, ett sätt att uttrycka framtida betalningar i nuvarande värde. Gör det möjligt att jämföra betalningar vid olika framtida betalningar med varandra.
- *Pay-off-metoden med kalkylränta*, ett sätt att beräkna återbetalningstiden med kalkylräntan inräknad. Något mer avancerad att använda, men ger en bättre bild av investeringens kostnader då den tar hänsyn till kalkylräntan.

$$\text{År} = - \frac{\ln \left( 1 - \frac{\text{investering}}{\text{överskott / år}} \times p \right)}{\ln(1 + p)}$$
, p = kalkylränta i decimalform

- *Rak återbetalningstid, pay-off-metoden*, en metod som visar hur lång tid det tar för vinsten att betala investeringen. Fördelen med denna metod är att den är väldigt enkel att använda. Dock finns det vissa nackdelar med den, exempelvis att den inte tar hänsyn till kapitalkostnaden eller de besparingar som görs efter det att utrustningen är återbetald.

$$\text{År} = \text{investering} / \text{överskott per år}$$

- *Realränta*, den ränta som tar hänsyn till prisutvecklingen. En enkel metod för att räkna ut realräntan är alltså att subtrahera inflationen från den nominella räntan. Detta gör att realräntan oftast är mindre än den nominella räntan.

$$\text{Realräntan} = \text{Nominell ränta} - \text{Inflation}$$

- *Underhållskostnad*, kostnaderna för att reparera och hålla investeringen i fullt användbart skick under dess livslängd.

## Kapitel 6

### Marginalelsresonemanget

För att beräkna hur miljöeffektiv en förändring eller produkt är måste en viss beräkningsmetod användas. I detta arbete har marginalelsresonemanget valts. Mer om detta resonemang kommer att presenteras i detta kapitel.

Miljöpåverkan hos olika åtgärder kan jämföras på olika vis. I detta examensarbete har elkonsumtionen och koldioxidutsläppen varit de största fokuseringsområdena. För att koppla ihop dessa båda faktorer har ett marginalelsresonemang använts. Detta resonemang avser den el som produceras vid maximal belastning, alltså när el behöver köpas in från andra europeiska länder. Denna el bidrar till större koldioxidutsläpp jämfört med den svenska är eftersom den oftast kommer från kolkondensanläggningar. Elen från kolkondensanläggningar, och därmed marginaelen, släpper ut ungefär 1 kg koldioxid per kWh. [Energirådgivningen 2008-05-28]

Anledningen till varför denna metod används är enligt följande. Eftersom elnäten i Europa till stora delar är sammanbundna och eftersom elmarknaden inom EU har öppnats kan inte svensk elkonsumtion direkt kopplas till svensk elproduktion. Alltså kan el som köps i Sverige vara smutsig el från en kolkondensanläggning i exempelvis Danmark. Dessutom innebär de sammanbundna elnäten att en besparad kWh i Sverige kan exporteras och medföra en besparad kolkondenseldad kWh i Europa. Denna export minskar inte det direkta koldioxidutsläppet i Sverige, men är ändå positiv för vår miljö då koldioxidutsläppen påverkar hela jordens klimat.

Marginalet:

1 kWh el = 1 kg CO<sub>2</sub>

1 MWh el = 1 ton CO<sub>2</sub>

## Kapitel 7

### Resultat

Resultatavsnittet presenterar det analysdelen givit. Här visas statistik från de två första åren av Programmet för energieffektivisering, vad de olika energibolagen gjort och gör för att hjälpa företag att bli mer energieffektiva samt vad det finns för andra företag eller hjälpmedel som kan hjälpa ett företag som vill spara in på elanvändningen.

#### 7.1 Var ska man börja?

Kartlägg energiförbrukningen! Hur mycket energi förbrukas? Var och till vad används energin? Hur ser den förväntade energiförbrukningen ut på kort respektive lång sikt?

För att kunna energieffektivisera är det nödvändigt att man känner till företagets energianvändning. Därför bör arbetet starta med att identifiera energiförbrukningen i företaget genom kontroll av utrustningsmärkning och i datablad, men än viktigare är att mätningar på utrustningen utförs. Mätningarna gör det möjligt att se vilken utrustning som inte är nog effektiv. Dessa mätningar kan sedan jämföras med ny mer effektiv utrustning för att få en bättre förståelse om var det går att effektivisera. Viktigt att tänka på är att driftkostnaden oftast står för en mycket större kostnad än vad själva inköpet gör.

När dessa första kontroller av företaget är gjorda bör även en så kallad nattvandring genomföras. Det innebär att man går runt på företaget en kväll eller helg då inget arbete utförs. Detta för att enkelt kunna uppmärksamma den onödiga förbrukningen på företaget. Saker som bör kollas upp under en nattvandring är:

- Om belysning är tänd
- Om ventilationen används i onödan

- Om kompressorer är igång (ex. tryckluft, kylkompressorer)
- Om motorer körs eller står i tomgångs/stand by-läge
- Om pumpar eller fläktar är på eller i stand by-läge
- Vilken temperatur som hålls i lokalen
- Om datorer eller annan utrustning står på eller i stand by-läge
- Om dörrar, fönster och portar är stängda

För att få bättre vetskap om tomgångsförbrukningen bör i första hand mätningar utföras på all utrustning, eller i alla fall de som anses ha störst tomgångsförbrukning. Denna typ av mätningar har tidigare beskrivits i avsnitt ”4.12 Hur mäter man?”. Önskas sedan kompletterande uppgifter kan en förfrågan skickas till energileverantören för att få förbrukningssiffrorna under en dag då produktionen står stilla, exempelvis julafton eller midsommarafton.

När energiförbrukningen är kartlagd gäller det att värdera de energieffektiviserande åtgärderna. Var kan mest energi sparas till lägst investeringskostnad? Det direkta svaret på den frågan är: Hos den/de energiförbrukare som inte används kan energi sparas genom att stänga av den/dem. Görs det manuellt kostar det inget, men med tidsstyrning eller mer avancerad automation blir återbetalningstiden lite längre.

## **7.2 Personalen**

En viktig sak som inte får glömmas bort när ett företag ska energieffektivisera är att informera och engagera personalen. I en energikartlägningsrapport påstås det att enbart en engagerad personal kan leda till en 20 procentig reducering av den totala energianvändningen. [Palo, Andersson 2007]

Personalens förståelse för vad förändringarna innebär ökas genom att ständigt visa dem resultat på de åtgärder som utförts. Dessutom måste de som arbetar vid den nya effektivare utrustningen informeras väl för att den ska förbli mer effektiv än den förra.

För att få personalen mer engagerad kan de uppmanas att lämna in förslag på energieffektiviserande åtgärder. Tas något förslag i bruk kan eventuellt personen som gav förslaget premieras. Förslagsvis kan dessutom personalen engageras genom en energibesparingstävling, där företaget delas upp i olika sektioner och vinnarna erhåller en bonus.

En av de viktigaste sakerna som all personal på ett företag måste komma ihåg är att energieffektivisering inte är en engångsföreteelse. Det kommer alltid att komma ut produkter som är mer energieffektiva. Därför bör produktmarknaden ofta undersökas för att se om det finns något nytt som

kan vara användbart. Framförallt måste företagets egen utrustning och effektiviseringsåtgärder kontinuerligt kontrolleras. Är verkningsgraden tillräcklig? Är allt optimalt inställt? Är någonting uttjänt?

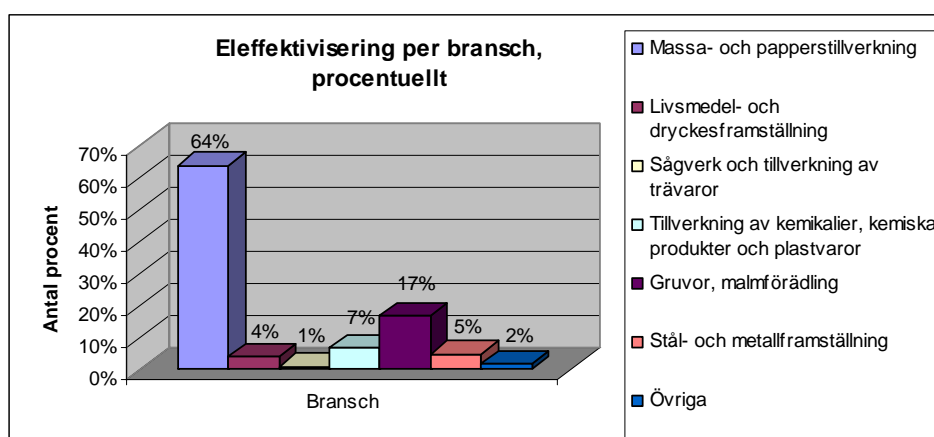
Kom därför ihåg att energieffektivisering är ett kontinuerligt arbete som aldrig tar slut. Låt det vara ett ledord för företaget!

### 7.3 Åtgärder i PFE

Efter två års deltagande i Programmet för energieffektivisering lämnade de första 98 företagen in sin första redovisning. I denna resultatdel kommer en sammanställning presenteras.

#### 7.3.1 Sammanställning av eleffektivisering

Enligt vad företagen redovisat till Energimyndigheten ska 900 stycken åtgärder utföras. De kommer att kosta 1 miljard kronor och spara 1TWh/år. [Energimyndigheten 2007a] Om 1kWh el motsvarar 1 kg koldioxid kommer åtgärderna minska CO<sub>2</sub>-utsläppen med 1 miljon ton per år. Hur mycket varje bransch sparar kan ses i figur 11.

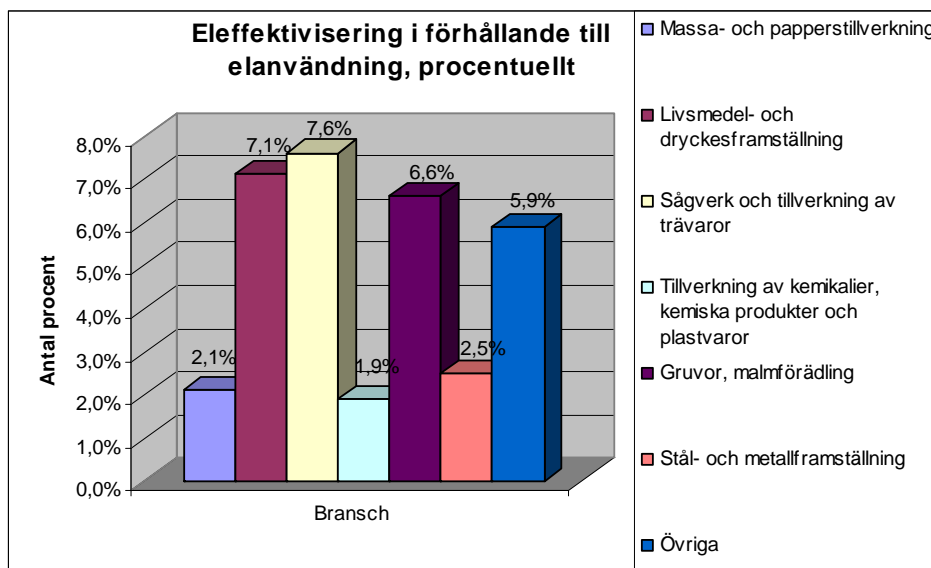


Figur 11, visar hur många procent varje bransch har effektiviserat av 1TWh/år.

Enligt figur 11 verkar massa- och papperstillverkningsindustrin vara den mest energieffektiva branschen. Tyvärr är detta dock inte sant. Det är nämligen så att den branschen förbrukar mest energi. Därför ger figur 12 en mer rättvis bild över hur effektiv varje bransch är.

Denna figur visar tydligt att branschen sågverk och tillverkning av trävaror är den bransch som effektiviserar mest gentemot sin elförbrukning. Svårigheten för denna bransch är dock att de redan från början ligger väldigt nära gränsen för att vara ett energiintensivt företag. [Persson 2008-02-07] Detta problem gör att det kanske inte alltid är lönsamt för företagen att effektivisera fullt ut. Gör de det kanske åtgärderna medför att de kommer under gränsen och på så vis missar skattesubventionerna.

Åtgärderna kan alltså innebära att de minskar på elenergiförbrukningen, men att åtgärderna ändå inte blir ekonomiskt lönsamma. Mer om detta i kapitlet 8.



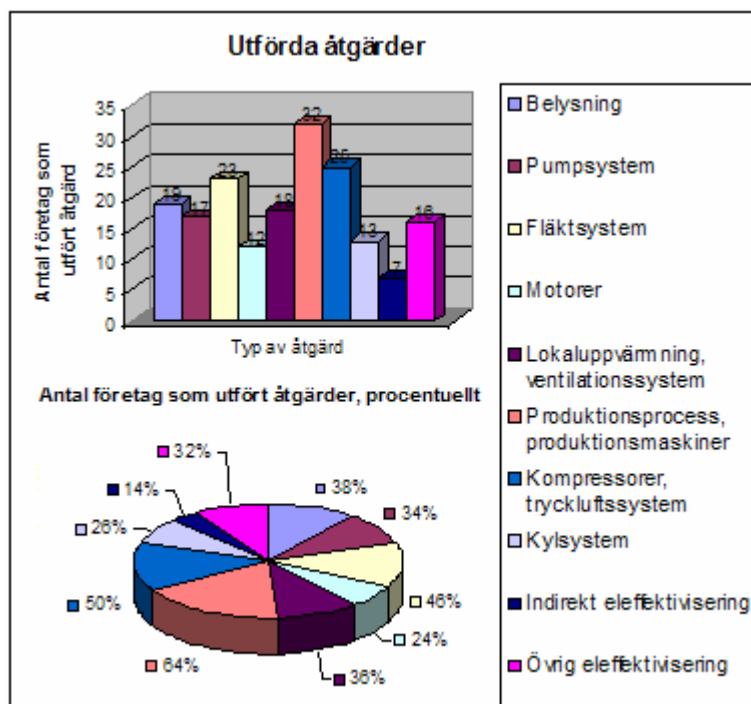
Figur 12, visar eleffektivisering i förhållande till elanvändning, procentuellt.

### 7.3.2 Åtgärderna som har utförts

Om man utesluter massa- och papperstillverkningsbranschen visar figur 13 vilka olika åtgärdsområden som företagen valt att effektivisera inom. Här ses att 64 procent av företagen utfört åtgärder inom produktionsprocess och produktionsmaskiner. Två andra åtgärdstyper som drygt hälften av företagen effektiviserat inom är kompressor och tryckluftssystem samt fläktsystem. Flera av företagen har även effektiviserat inom belysning, pumpsystem samt lokaluppvärmning och ventilationssystem.

Enligt Energimyndighetens tvåårsrapport om PFE har hälften av åtgärderna skett inom produktionsprocesserna och resterande hälft inom hjälpsystem, vilket innefattar bland annat pumpar, fläktar och motorer. De tre nämnda står dessutom för de största besparingarna inom gruppen hjälpsystem.

De flesta av åtgärderna handlar om att anpassa användningen efter behovet, men även att byta till mer energieffektiva åtgärder har varit en vanlig åtgärd. För det mesta har återbetalningstiden varit kort, och i vissa fall har inga investeringar alls krävts. Det ska även nämnas att flera företag har påpekat att de har fler åtgärdsförslag på gång än vad de tidigare hade deklarerat. [Energimyndigheten 2007a]



Figur 13, visar hur många av de 50 företagen som gjort investeringar inom åtgärdsgrupperna, visar även procentuellt.

### 7.3.3 Sammanställning av enkätundersökningen

Med hänsyn till företags begäran kommer inte svaren presenteras enskilt för varje företag utan de kommer istället presenteras med en mer generell bild. Enkäten hittas förövrigt i bilaga VIII.

För delar av de svarande företagen var Programmet för energieffektivisering, PFE, en naturlig fortsättning på deras redan befintliga arbete med energieffektivisering medan andra tyckte det var en bra möjlighet att komma igång på ett strukturerat sätt. Den skattelättnad som ges var även den en bidragande orsak till att gå med. Intressant är dock kommentarerna på hur viktig den var. Några beskriver den som att de får en liten skattebefrielse, medan något företag svarade att den var så stor att de inte kunde avstå den.

Efter att företagen anmält sig till PFE såg deras arbetsgång ut ungefär på samma sätt. Olikheterna berodde på hur lång de tidigare hade kommit i sitt energitänkande. Vissa hade sedan tidigare energiledningssystem och vissa hade redan utfört mindre energikartläggningar. Det företagen gjorde eller redan hade gjort var alltså att först kartlägga och analysera sin energiförbrukning. Efter det infördes ett standardiserat energiledningssystem som inom två år certifierades. I energiledningssystemet ingick bland annat en energipolicy, utbildning av personalen samt upprättande av handlingsplaner.



På frågan om företagen utfört alla ändringar själva går svaren isär. Vissa har gjort allt själva och vissa har tagit hjälp av utomstående. De utomstående har varit både energibolag som E.ON och Vattenfall, men även andra företag. Dessa har hjälpt till med energikartläggningarna och/eller installationerna av de effektiviserande utrustningarna.

Åtgärderna som utförts handlar i mångt och mycket om behovsanpassning. Exempelvis har frekvensstyrning av motorer införts, samt styrning av belysning och ventilation. Andra åtgärder som utförts är att ändra rutinerna hos personalen, till exempel att de stänger av maskiner vid raster och luncher. Åtgärder som har med automation eller styrsystem att göra var bland annat laststyrning och reglering av värme och ventilation. Ett företag hade lyckats halvera sin förbrukning med hjälp av effektiviseringar inom värme och ventilation.

Resultaten av åtgärderna som utförts beskrivs som godkända, antingen enligt energimyndighetens krav eller enligt företagen själva. Dock tror de flesta på ännu mer positiva besked längre fram i tiden. Ett företag säger att de sparar dubbelt så mycket på energieffektiviseringen jämfört med skattereduktionen. De flesta beskriver sina besparingar per ton, per volym eller per producerad vara. Detta för att de kanske inte alltid har sänkt sin förbrukning utan för att de istället kunnat öka sin produktion utan att energianvändningen ökat lika mycket.

Det som önskas av företagen är att deras processer ska kunna energieffektiviseras utan att det ska drabba stabiliteten i systemen. Helst av allt vore ett effektivare och stabilare system optimalt. Vissa av företagen hoppas på besparingar av elenergin från 4 procent ända upp till 14 procent.

Större parten av företagen är ense om att för att uppnå sina krav och mål måste fortsatt utbildning av personalen ske, allt för att öka deras energiförbrukningsmedvetenhet. Dessutom anser de att ständiga uppföljningar av arbetet måste ske.

## **7.4 Energibolagen**

De olika energibolagen har för att underlätta för företagen i PFE kommit fram med olika lösningar. Ofta handlar det om att hjälpa till med kartläggning och projektering av industriföretaget. Nedan presenteras vilka tjänster de tre största elproducenterna med elproduktion i Sverige erbjuder.

#### 7.4.1 E.ON

Energibolaget E.ON har framförallt två tjänster som de erbjuder till de företag som vill energieffektivisera. Den ena kallar de för *EnergiDirigent* och den andra kallar de *Energiloopen*.

##### **EnergiDirigent**

*EnergiDirigent* kan användas som en slags effektstyrningsutrustning, vilket gör att företaget kan använda el-abonnemanget maximalt utan att göra för stora påverkningar i produktionen. Det som utrustningen gör är att den läser av effektuttaget och ser till att den givna maxeffekten inte passeras. När den sedan märker att det finns en risk för en effekttopp styr den automatisk bort andra förbrukare för att plana ut användningen. Ett måste för att detta ska kunna ske är att förbrukarna kan stängas av eller styras utan att produktionen störs.

Andra saker *EnergiDirigent* kan göra är att mäta och logga maskinernas eller produktlinjernas energiförbrukning för att få en precis bild över flödet för en producerad enhet. Den kan även anpassa belysning, ventilation och uppstart av maskiner efter arbetarnas arbetstider, allt för att spara in på onödigt användande. Slutligen kan den även användas i övervakningssyfte, för att exempelvis kontrollera utsläppsmängder. [E.ON Sverige AB 2008-02-07a]

##### **Energiloopen**

Tjänsten *Energiloopen* kan ses som ett mindre program för energieffektivisering. I huvudsak går den ut på samma sak som PFE, nämligen att först gå igenom verksamheten för att få en bild av företagets energianvändning. Därefter skapas sedan en åtgärdslista, med givna pay off-tider, som sedan analyseras mer noggrant för att beslut ska kunna fattas. När dessa är fattade kan E.ON hjälpa till att genomföra dem, antingen med egna resurser eller genom sitt kontaktnät. Den slutliga uppföljningen handlar sedan om att kontrollera att allt som bestämts implementeras på ett korrekt sätt och inom den uppsatta tidsramen. [E.ON Sverige AB 2008-02-07b]

I punktlistan nedan ses företag, i PFE, som E.ON har hjälpt att energieffektivisera, vilka åtgärder de utfört samt vilka vinster företagen gjort. [E.ON Sverige AB 2008-02-07c]

- Martinsons Såg AB, använde både *EnergiDirigent* och *Energiloopen*. *EnergiDirigent* kopplades till omkring 20 styrpunkter. I första hand till torkfläktar och tryckluft som gick att reglera utan att produktionen eller kvalitén försämrades. Detta medför att el-abonnemanget sänks 300kW och besparar 100 000 kr

per år. För att ytterligare sänka de fasta kostnaderna användes en kartläggning med *Energiloopen*. Totalt kan kostnaderna sänkas med upp till 400 000 kr per år, 100 000 kr i skattereduktion samt 300 000 kr för de energisparande åtgärderna.

- Norra Skogsägarna, tog hjälp av E.ON för att få en kartläggning av möjliga energieffektiviserande åtgärder.
- SCA Timber AB, använde sig av *EnergiDirigent* för att minska sina utgifter. Den installerades framförallt för att reglera ner virkestorkarna. Utfallet blev att el-abonnemanget sänktes 300kW och ger en 12 procentig sänkning av kostnaderna per år.

#### **7.4.2 Vattenfall**

Vattenfall säger sig hjälpa till med införandet av energiledningssystem, enligt PFE. De står till tjänst med energikartläggning av företaget, ger åtgärdsförslag samt hjälper till att genomdriva förslagen. Vattenfall själva säger sig ha "ett väl utvecklat koncept för energieffektivisering som genererat stora besparingar för våra kunder". [Vattenfall 2008-02-07]

Inom Vattenfall fanns det tidigare en del som hette Vattenfall Mega. Detta var en avdelning med så kallade energirådgivande konsulter. Det innebar att konsulterna åkte ut till företag och gjorde en kostnadsfri energianalys. Hittade de några områden att energieffektivisera på stod de även för den eventuella ombyggnaden eller tillämpningen som behövdes. Om deras förslag ledde till en investering erhöll Vattenfall hälften av energivinsten de första fem åren, medan om ingen investering gjordes så var arbetet med energianalysen gratis. Detta samarbete hade de bland annat med Holmen AB. [Schönning 2005]

Listan nedan visar några företag, i PFE, som Vattenfall har hjälpt att energieffektivisera samt vilka åtgärder de utfört. [Vattenfall AB 2007-02-08]

- Södra Cell AB, fick hjälp med inköp och projektledning av ny turbinanläggning. Detta för att erhålla egen elproduktion till företaget i Mönsterås.
- Billerud, assisterades med projektering, konstruktion och projektledning när de skulle komma fram till ett nytt kapacitetshöjande förbränningskoncept av barkeldad rosterpanna.
- Holmen Paper AB, använde sig av Vattenfall för att kartlägga energiförbrukningen på företaget.
- Höganäs AB, tog till en början hjälp av Vattenfall men köpte sedan loss några av deras förslag för att genomföra dem själva.

#### **7.4.2 Fortum**

Trots att Fortum är en av de tre största elproducenterna med elproduktion i Sverige har de ingen direkt hjälp till företag som vill energieffektivisera. Däremot har de mycket om energieffektivisering för privatpersoner och säger sig vara intresserade av denna rapport om energieffektivisering. Alltså kanske Fortum i framtiden kommer att arbeta med företag som kunder när det gäller energieffektivisering.

### **7.5 Performance Contracting, PFC**

Denna arbetsform bygger ungefär på den metod som Vattenfall Mega tillämpade tidigare. Nämligen att ett företag tar på sig att energieffektivisera hos ett energiförbrukande företag under en viss kontraktstid. Detta utan att påverka kvaliteten eller produktionen. PFC-företaget står för all projektering och all nyinvestering hos kunden. Utrustningen tillfaller sedan kunden efter det att kontraktstiden gått ut. Varje kontrakt är anpassat till kunden, men vanligen tillfaller vinsten från energieffektiviseringen PFC-företaget. [Lundberg 2008]

#### **7.5.1 Siemens Building Technologies**

Ett PFC-företag är Siemens Building Technologies. De har sedan hösten 2005, och sex år framåt, tagit på sig uppgiften att hjälpa Trelleborgskoncernens gummifabrik i Forsheda. 2006 genomfördes åtgärder för att energieffektivisera, och det har de gjort. Åtgärderna sparade 78 procent, vilket motsvarar cirka 7 GWh.

Den centrala delen av energieffektiviseringen är ett samlat styr- och övervakningssystem. Systemet ersätter 34 olika reglersystem för värme och ventilation. Genom att koppla in en vanlig dator kan även en snabb överblick över situationen på företaget fås. Dessutom larmar systemet via sms om något värde avviker alldeles för mycket, vilket gör det enklare att kontrollera utrustningen. En annan fördel är också att det nya systemet ger underhållslarm, vilket gör att utrustningens livslängd ökar och kostnader för stora reparationer minskar.

Trots att de flesta maskiner kapslats in, och på så vis skapat renare frånluft, sög fläktarna ut lika mycket luft. Inte ens nedreglering av fläktarna skedde då personalen gått hem för dagen. I dagsläget har de flesta luftflöden dock anpassats efter de krav på ventilation som verksamheten kräver. Vill sedan avdelningen öka ventilationen får de ansöka om att få det. Den förbättrade styrningen tros ha bidragit till mellan 30 och 50 procent av besparingen.

På fabriken har även en värmeväxlande åtgärd utförts. Tidigare blåste den varma frånluften bara ut i friska luften. Idag värmer den istället upp

tilluft med hjälp av luftvärmväxlare, som består av sju aluminiumbågar. Tidigare pumpades värmen ut i en å, men idag återvinns istället 1,5 GWh av värmen och återanvänds i värmesystemen. [Lundberg 2008]

### **7.5.2 TAC Energy Solutions**

TAC Energy Solutions är den del på TAC som arbetar med PFC. Företaget åtar sig hela ansvaret för att projektet genomförs enligt avtalat. Till en början går de igenom lokalerna och analyserar deras förutsättningar. Därefter ger de sedan råd om vilka förändring och/eller vilka investeringar som kan göras för att dra ner på energianvändningen. När åtgärdsförslagen är accepterade av båda parterna fortsätter TAC med att realisera åtgärderna. De tar hand om all praktisk installation av de energieffektiviserande produkterna och håller även i kontakten med underleverantörerna. Slutligen ser TAC även till att den personal som ska driva utrustningen är väl förberedd och utbildad för att klara av det. [TAC 2008-04-21]

Det ska även tilläggas att TAC erbjuder IT-lösningar för drift och underhåll av fastigheter. Dessa lösningar kombinerar olika system i en byggnad, exempelvis ventilation och belysning, så att de samverkar på ett optimalt sätt. Ett koncept för effektiva byggnader är Open Systems for Building IT. Detta system kan med hjälp av avancerad teknologi och öppna samverkande automationslösningar öka bland annat energibesparingarna och säkerheten i en byggnad. [TAC 2008-05-19]

## **7.6 Guiden för energieffektivisering**

Det slutgiltiga med detta examensarbete är en guide till företag som vill få tips om energieffektivisering. Namnet på guiden är ”Slösa inte energi på energieffektivisering”, och den kommer i ett nästa steg att skrivas på engelska för vidare publicering. Hela guiden utan dess bilagor kan läsas i bilaga IX. Bilagorna ligger istället som bilagor till denna rapport, men har samma numrering både i guiden och i rapporten.

I guiden finns det tips på åtgärder inom framförallt hjälpsystem, då denna del är den minst komplexa att ge generella tips på. För att ge förslag på åtgärder i produktionsprocessen bör stor insikt i verksamheten innehas. Samtidigt kan det vara känsligt att ge förslag på vad andra gjort, då det ofta innebär att företagshemligheter måste avslöjas.

## Kapitel 8

### Diskussion

I kapitel 7 diskuteras dagens energieffektivisering och vad svenska företag bör utföra för åtgärder för att tjäna pengar samtidigt som de värnar om miljön. Dessutom ges det förslag på förbättringar av Programmet för energieffektivisering.

Många gånger hoppar nog företag på trenden att bli ett grönt företag framför möjligheten att ”bara” värna om miljön. Anledningen till detta är troligen det låga elpris som vi i Sverige har. På grund av detta behöver inte svenska företag energieffektivisera för att ha en låg energikostnad inom företaget. Jämfört med andra delar i Europa behöver de inte bry sig speciellt mycket om energianvändningen för att kunna hålla konkurrenskraftiga priser på sina producerade varor. Trots att de brukar mer energi per producerad enhet kan deras energiutgift ändå vara lägre än ett annat europeiskt företag.

När marknaden för el är fri inom EU och den har nått ett slags jämviktspris mellan olika länder, producenter och konsumenter kommer troligtvis det svenska intresset för elpriset att ökas. Priserna spås då öka och variera mellan dag och natt, till skillnad från dagens sommar-vinter variation. Förhoppningsvis leder inte detta bara till att energiintensiva företag ändrar sin produktion till nattetid, utan istället att de ser över sitt energianvändande ännu mer.

Viktigt att tänka på vid energieffektivisering är att det klassiska uttrycket ”Många bäckar små blir till en stor å” faktiskt stämmer väl in på detta område. Det är inte alltid som det går att göra en stor åtgärd för att reducera energianvändningen avsevärt. Självklart ska energieffektiviseringsarbetet börja med att leta upp de stora energibovarna och försöka minska deras förbrukning. Många åtgärder kan dock vara lite mindre, men leda till stor förbättring i slutändan. Genom att till exempel släcka belysningen av ytor som inte används kan energiförbrukningen

minskas avsevärt jämfört med den lilla investering som krävs. Den minst kostsamma investeringen är ju att informera och ändra personalens rutiner för att stänga av energiförbrukare som inte används. Återbetalningstiden för denna åtgärd är i stort sett omedelbar.

Önskas dock en större säkerhet på att utrustning verkligen inte används i onödan bör automation användas. Med hjälp av mer eller mindre avancerade automationstillämpningar kan energidriften optimeras enormt mycket. Allt från det simplaste tiduret till det mest avancerade styrsystemet kan vara till nytta för att energiförbrukningen ska minska på företaget. Många gånger kan det krävas automation för att stänga av saker. Särskilt vid de platser där flera personer vistas. Är det endast en person i ett rum vid en maskin, vet den att det är dennes uppgift att stänga av alla energiförbrukare i det rummet. Skulle dock flera personer vistas i samma lokal uppstår ofta missförstånd och saker lämnas på. Många tänker att "Det gör han istället när han går" eller "Det kanske kommer någon senare som ska jobba på denna plats". Med automation undviks dock dessa mänskliga missuppfattningar.

För att minska ett företags effekttoppar bör möjligheten att laststyra produktionen, eller i alla fall hjälputrustningen, ses över. Genom att testa vilken utrustning som inte drabbas negativt av mindre stopp skulle olika apparater kunna växelskifas för att minska effekttopparna. Inom vissa sågverk har möjligheten att under korta perioder stoppa vissa torkar provats med positiva följder. Detta nytänkande har minskat deras utgifter på grund av sänkta abonnemangskostnader. Samma innovation inom detta område borde även finnas inom andra branscher.

Personligen anser jag att varje svenskt företag bör göra en energikartläggning. Det är bra för att förstå hur mycket energi som företaget använder och vad det är som förbrukar stora delar av energin. Genom att inse detta är det sedan lättare att vilja spara energi och försöka komma på åtgärder som kan vara energieffektiva. Detta kommer inte bara hjälpa det enskilda företaget att spara pengar. Miljön kommer att påverkas positivt på grund av minskade koldioxidutsläpp. Detta kan i sin tur leda till att Sverige klarar de EU-direktiv som finns angående hur mycket koldioxid som får släppas ut. En annan positiv sak som det kan leda till är att mer personer engagerar sig i att effektivisera produkter. Det ger ett större tekniskt intresse i Sverige, vilket kan leda till betydelsefulla tekniska innovationer. Även om intresset inriktar sig på energieffektivisering så kommer det att bildas ett teknologiskt överspill som kommer att påverka andra tekniska områden positivt.

Kanske även synsättet på ekonomi kontra teknik bör ändras. Många gånger tittar ekonomerna endast på vad utrustningen kostar i inköp och inte vilka förbättringar som sker på lång sikt. I vissa fall är det svårt att hålla en tillräckligt kort återbetalningstid. Därför borde livscykelkostnader, LCC, eller liknande beräkningar användas istället. För belysning kan det vara svårt att få en kort återbetalningstid, men istället innebär investeringen en stor kostnadsskillnad under en längre period.

En sak som borde förändras vad det gäller Programmet för energieffektivisering är dess gränser för vad ett energiintensivt företag är. Istället för en direkt gräns borde den vara mer glidande, och på så vis kanske även skattelättnaderna skulle kunna vara glidande. Problemet med dagens gränser är att företag som precis ligger på gränsen kan hamna under gränserna vid god energieffektivisering. Det kan göra att de tjänar mer på att låta en motor stå igång, för att ligga över gränsen och få skattereduktion, istället för att vara energieffektiva och värna om miljön. Därför borde klassningen av ett energiintensivt företag endast ske i början av programmet och vara exempelvis fem år. Det gör att företaget kan energieffektivisera hur mycket de vill utan att riskera att hamna under gränsen. Efter fem år kan sedan en ny klassning ske för att se om de fortfarande bör erhålla skattelättnader. Detta skulle medföra att företagen inte skulle känna sig begränsade i hur energieffektiva de får vara.

Något som kan anses märkligt är att energibolagen hjälper sina kunder att reducera sin energianvändning och minska sina effektabonnemang. Det borde ju göra att de minskar sina vinster. Frågan är om de egentligen förlorar så mycket på det. Om kunden minskar sin energianvändning per producerad enhet behöver det inte innebära att de minskar sin totala energianvändning. Snarare blir det nog i många fall den motsatta effekten. Företaget tycker att de sparar in på energi på grund av att de blivit mer effektiva, de väljer att producera större volymer och i slutändan har de istället ökat sin energiförbrukning. En annan vinst för elbolagen är att de anses vara ”gröna”, vilket kan locka ännu fler konsumenter till bolaget och på så vis ökar bolagets vinster ännu mer.

En viktig sak att tänka på när ekonomiska uträkningar ska utföras är att energipriset troligtvis kommer att öka. Detta gör att det kan löna sig än mer att investera i ny utrustning som kan minska driftkostnaderna även fast den kostar mycket i inköpspris.



## Kapitel 9

### Slutsatser och vidare arbete

Här presenteras de slutsatser som kommit fram under arbetets gång. Slutligen ges det även förslag på vilka möjligheter det finns att jobba vidare på detta arbete.

#### 9.1 Slutsatser

Detta arbete visar att energieffektivisering är ett dagsaktuellt och hett ämne. Många aktörer vill vara med och vinna fördel av det. EU sätter krav för att åstadkomma en bättre miljö i världen, vilket påverkar den svenska regeringen som i sin tur måste följa de krav som ställs. Stora och små företag vill rida på vågen både för att tjäna pengar och för att spara pengar.

Arbetet visar på att energibolagen engagerar sig på att energieffektivisera, trots att det är de som säljer energin. De hjälper industrier och andra företag att projektera och investera i energieffektiva lösningar. De ser även till att hjälpa dem med att sänka sina effektabonnemang. Det kanske inte värnar om miljön så mycket, men det är ändå en energikostnadsbesparing för konsumenten. Dessa åtgärder utför energibolagen trots att de minskar sina intäkter på grund av sänkta effektabonnemang och minskad energiförsäljning.

Att det finns flera aktörer på energieffektiviseringsmarknaden ses även på de erbjudanden som företag erbjuder. I resultatdelen presenteras så kallade Performance Contracting-företag. Deras sätt att arbeta visar både på konkurrens på marknaden samt att det finns enorma möjligheter att spara pengar med hjälp av energieffektivisering. Ingen erbjuder tjänster gratis om de inte tror att de kan vinna tillbaka någonting på det. Eftersom de tar betalt genom att erhålla vinsten som görs under kontraktperioden måste det finnas enorma potentialer att energieffektivisera inom svensk industri.

Slutsatserna från analysen av Programmet för energieffektivisering, PFE, är mestadels positiva. Det mest positiva med programmet är att det var ett startskott för flertalet företag, både för de som funderade på att effektivisera och de som inte hade en tanke på det. Något som bör tänkas på vid analys av företags energireducering är att inte bara jämföra deras totala energiminuskning. För att veta hur effektivt ett företag är bör deras förbrukningsminskning jämföras med den totala energin de använder. Det ger en mer rättvis bild över hur energieffektiva företag är.

En annan slutsats som kan göras från analysen av PFE är att det inte alltid är i själva produktionsprocessen som energieffektiviseringen måste göras. Eftersom även hjälpsystemen stod för hälften av effektiviseringen visar detta att även dessa har stor potential. Dessutom går det även enklare och snabbare att åtgärda i hjälpsystemen. Som en slutsats ska även nämnas att mycket av energieffektiviseringen handlar om att optimera och behovsstyra den utrustning som används. Detta för att den ofta är överdimensionerad eller används i onödan.

Guiden visar att det finns enormt många områden att effektivisera inom. Åtgärderna kan vara mer eller mindre avancerade, men i mångt och mycket handlar det om att ändra rutinerna hos personalen. Det är den mest enkla och mest kostnadseffektiva åtgärden som kan utföras. Genom att släcka och stänga av maskiner manuellt när de inte ska användas kostar ingenting och ger därmed en obefintlig återbetalningstid. Alltså kan en slutsats vara att små åtgärder kan inbringa stora besparingar.

En viktig sak som guiden också bevisar är att energieffektivisering inte bara innebär att en åtgärd utförs en gång. Energieffektivisering är ett kontinuerligt arbete som kräver återkommande uppföljningar. Ny teknik gör att produktmarknaden ständigt måste undersökas och utvärderas. Dessutom måste företagets egen utrustning och effektiviseringsåtgärder följas upp. Fungerar de som de ska? Är verkningsgraden fortfarande hög? Detta kan således vara den viktigaste slutsatsen med detta arbete, alltså att energieffektivisering är ett kontinuerligt arbete som aldrig tar slut. Låt det vara ett ledord för företaget!

## **9.2 Vidare arbete**

Eftersom det hela tiden kommer ny teknik inom energieffektivisering bör vidare arbete innebära att uppdatera guiden med nya tekniker som kommer ut på marknaden. Till exempel bör det följas upp hur det går med de nya diodlysrören.

På grund av att detta arbete i huvudsak koncentrerat sig på elanvändning finns det därför många andra energieffektiviserande områden att gå in på.

Alternativa energikällor kan analyseras, undersök vilka miljövänliga alternativ som finns istället för fossilt bränsle.

För att göra guiden mer kommersiellt användbar bör den översättas framförallt till engelska. Detta gör den mer användningsbar både nationellt och internationellt.

## Kapitel 10

### Källförteckning

#### Tidskrifter och dokument

ABB (2008-05-07), *Nya Lösningar för bättre elkvalitet*

Emotron (2006), *Optimera driften av pumpar*

Emotron (2007), *Skydda din process mot skador och stillestånd*

Energimyndigheten (2007a), *Två år med PFE – De första redovisade resultaten*, Id-nr: ET2007:10, Edita Västra Aros, Västerås

Energimyndigheten (2007b), *Vägledning för energieffektiv och god belysning*, Id-nr: ET2007:15, Princo Welins Tryckeri

Energimyndigheten (2005), *Modern belysningsteknik – sparar energi och pengar*, Id-nr: ET2005:16, Princo Welins Tryckeri

Energimyndigheten (2001), *Energieffektivisering i industrin – Bra för lönsamhet och miljö!*, Id-nr: ET1:2001, Alfa Print, Sundbyberg

Energimyndigheten (2006a), *Krav på fläktar*, Id-nr: ET2006:09, Tryckbolaget

Energimyndigheten (2006b), *Krav på pumpar*, Id-nr: ET2006:11, Tryckbolaget

Energimyndigheten (2006c), *Minska företagets energianvändning*, Id-nr: ET2006:34, Östertälje tryckeri

Energimyndigheten (2006d), *Fönsterrenovering med energiglas*, Id-nr: ET2006:27, Elanders, Östervåla

Energimyndigheten (2006e), *Krav på tryckluftssystem*, Id-nr: ET2006:12, Tryckbolaget

E.ON Sverige AB (2006), *Klimatbokslut 2006 – Insatser och investeringar i Sverige under 2006*, Hilanders

Eriksson, Peter – Persson, Bernt – Hällgren, Lars-Göran (2007),  
*Energikartläggning - Polarbröd*

I-Valo (2002), Industrial Lightning. *Industrial Luminaires*, s. 6

Lundberg, Fredrik (2008), Avtalet sparade 78 procent. *Ny Teknik Energi, nr 1:2008*, s. 10-11.

NENET (2007a), *Energikartläggning Polarbröd*

NENET (2007b), *Energianalys av garage A på LLT, Luleå Lokaltrafik, i Luleå*

Nihlén, Mats (2008), Lysrör ersätts av dioder. *ERA, nr 4*, s. 50-52.

Schneider Electric (2008), *Energy efficiency – Solutions book*

Schneider Electric (2007), *Variable speed drives Altivar 21 / Altivar 61 – The perfect balance between control and energy savings*

SMHI (2003), *Medvind – Aktuellt från SMHI nr 4*

Sparkraft (2002), *Energieffektivisering - sparar både pengar och miljö*, Boggi reklambyrå

OSRAM (2006), *Ljusstyrningssystem från OSRAM*, A&S Reklam AB

Palo, Theresa – Andersson, Johan (2007), *Energikartläggning - FINSNICKERI AB I RÅNEÅ*

PAROC (2005), *PAROC Låglutande tak*

Schönning, Gunilla (2005), Holmen ska bli energieffektivare. *Holmen Insikt nr 6 2005*, s. 4

## **Internet**

Electia AB (2008-04-15), *Save it easy*,  
<http://www.electia.se/Energibesparing.htm>

Energihandboken (2008-04-09a, uppdaterad 2008-10-11), *Radialfläktar*,  
<http://energihandbok.se/x/a/d/radialfl%c3%a4kt/Radialflakt.html>

Energihandboken (2008-04-09b, uppdaterad 2008-10-11), *Reglermetoder*,  
<http://energihandbok.se/x/a/i/10125/Reglermetoder-for-flaktsystem.html>

Energihandboken (2008-04-09c, uppdaterad 2007-04-16), *Axialfläktar*,  
<http://energihandbok.se/x/a/d/axialfl%c3%a4kt/Axialflaktar.html>

Energihandboken (2008-05-05a, uppdaterad 2007-03-17),  
*Tvåhastighetsmotorer*,  
<http://www.energihandbok.se/x/a/i/10032/Tvahastighetsmotorer.html>

Energihandboken (2008-05-05b, uppdaterad 2007-10-08),  
*Spänningsreglering för asynkronmotorer*,  
<http://www.energihandbok.se/x/a/i/10033/Spanningsreglering-for-asynkronmotorer.html>

Energihandboken (2008-05-05c, uppdaterad 2007-10-12),  
*Frekvensomformning i asynkronmotorer*,  
<http://www.energihandbok.se/x/a/i/10034/Frekvensomformning-i-asynkronmotorer.html>

Energihandboken (2008-05-05d, uppdaterad 2008-03-19), *Byte från T8 Lysrör med drossel till T5 lysrör med HF-don*,  
<http://www.energihandbok.se/x/a/i/10691/Goda-exempel---Byte-fran-T8-Lysror-med-drossel-till-T5-lysrer-med-HF-don.html>

Energihandboken (2008-05-12, uppdaterad 2007-10-29),  
*Värmeåtervinning från trådkylningsbad*,  
<http://energihandbok.se/x/a/i/10510/Goda-exempel---Varmeatervinning-fran-tradkylningsbad.html>

Energirådgivningen (2008-05-28), *Energi och Miljö*,  
[http://www.energiradgivningen.se/index.php?option=com\\_content&task=view&id=52&Itemid=30](http://www.energiradgivningen.se/index.php?option=com_content&task=view&id=52&Itemid=30)

E.ON Sverige AB (2008-02-07a), *EnergiDirigent*,  
<http://www.eon.se/templates/InformationPage.aspx?id=44114>

E.ON Sverige AB (2008-02-07b), *Energiloopen*,  
<http://www.eon.se/templates/InformationPage.aspx?id=43994>

E.ON Sverige AB (2008-02-07c), *Referenskunder*,  
<http://www.eon.se/templates/InformationPage.aspx?id=38464>

Extronic Elektronik AB (2008-04-16), *Akustiska detektorer*,  
<http://www.extronic.se/narvaro/akustisk-detektering.html>

Nokian Capacitors (2008-05-08), *Product guide to lowvoltageproducts*,  
<http://www.nokiancapacitors.com/lowvoltage.htm>

Schneider Electric (2008-06-23), [www.schneider-electric.se](http://www.schneider-electric.se)

SMHI (2008-04-25), *SMHI Prognosstyrning*,  
<http://www.smhi.se/cmp/jsp/polopoly.jsp?d=5574&a=29673&l=sv>

TAC (2008-04-21), *TAC Energy Solutions*,  
<http://www.tac.com/se/Navigate?node=1969>

Vattenfall AB (2008-02-07, uppdaterad 2008-02-04), *Energi*,  
[http://www.vattenfall.se/www/vf\\_se/vf\\_se/506695fxret/509135konsu/509531vxrme/index.jsp](http://www.vattenfall.se/www/vf_se/vf_se/506695fxret/509135konsu/509531vxrme/index.jsp)

Vattenfall AB (2007-02-08, uppdaterad 2007-10-30), *Referenser Energi*,  
[http://www.vattenfall.se/www/vf\\_se/vf\\_se/506695fxret/509135konsu/509531vxrme/564705refer/index.jsp](http://www.vattenfall.se/www/vf_se/vf_se/506695fxret/509135konsu/509531vxrme/564705refer/index.jsp)

Voltimum (2008-04-15, uppdaterad 2008-01-22), *Adaptrar för T5-lysrör till T8-armaturer*, <http://www.voltimum.se/news/2980//Adaptrar-f-r-T5-lysr-r-till-T8-armaturer.html>

### **Muntliga källor / Seminarier**

Persson, Göran (2008-02-07), Teknisk chef, Norra skogsägarna

TAC (2008-05-19), TAC seminarium

## Bilaga Ia

Exemplet i denna bilaga baseras på en 10 000 m<sup>2</sup> stor verkstadslokal belägen i Västmanland. Lokalen är uppdelad i fem stycken sektioner och som tidigare belystes av 200 stycken armaturer med äldre kvicksilverlampor. Den installerade effekten var 110 kW och belysningen var på 110 timmar i veckan.

Åtgärderna som utfördes var att nya armaturer med högttrycksnatriumlampor installerades, ett styrningssystem infördes och rörelsevakter sattes upp. Rörelsevakternas uppgift är att tända upp en grundbelysning om någon kliver in i en sektion innan eller efter produktionstiden. Den nya totala installerade effekten halverades till 55 kW och belysningens drifttid reducerades till 79,4 timmar i veckan.

Elpriset antas vara 0,154 kr/kWh

### Tidigare belysning:

Investeringskostnad 0 kr

Antal belysningstimmar 110 h/vecka  
Elförbrukning  $110 \times 110 = 12\,100$  kWh/vecka  
Energikostnad  $12\,100 \times 0,154 \times 52 = 97\,000$  kr/år

### Energieffektivare belysning:

Investeringskostnad 1 000 000 kr

Antal belysningstimmar 79,4 h/vecka  
Elförbrukning  $55 \times 79,4 = 4\,366$  kWh/vecka  
Energikostnad  $4\,366 \times 0,154 \times 52 = 35\,000$  kr/år

Minskad elförbrukning  $12\,100 - 4\,366 = 7\,734$  kWh/vecka  
Energibesparing  $7\,734 \times 0,154 \times 52 = 62\,000$  kr/år

Genom att investera i energieffektivare belysning, som fördubblade ljusstyrkan, samt smarta styrningssystem minskades antalet belysta timmar i veckan med cirka 30 procent. Detta medför en elkostnadsbesparing på 62 000 kr per år.

Dessutom innebär installationen en enorm minskning av underhållskostnaderna. Förut krävdes det att armaturerna årligen demonterades för att rengöra reflektorerna. På de nya armaturerna räcker det istället att bara vid behov torka av glasskivorna och möjligen byta



lamporna om det krävs. Två tidigare installerade högtrycknatriumlampor har varit i drift i 10 år utan att något byte av lampor krävts.

Rak återbetalning:

$\text{År} = \text{investering} / \text{överskott per år}$

De stora reduceringarna av underhållskostnader gör att återbetalningstiden blir ungefär 5 år.

Koldioxidutsläpp

1 kWh el = 1 kg CO<sub>2</sub>

1 MWh el = 1 ton CO<sub>2</sub>

Besparing av koldioxid per vecka:

12 100 kWh – 4 366 kWh = 7 734 kWh

7,734 MWh = 7,734 ton CO<sub>2</sub>

Investeringarna minskar därmed CO<sub>2</sub>-utsläppen med ungefär 7,7 ton i veckan. Sammanlagt reduceras därmed utsläppen med 402 ton per år.  
[Energimyndigheten 2001]

## Bilaga Ib

Uppgifterna i detta exempel är hämtade från Jernkontorets energihandbok. Tidigare belystes en 3750 m<sup>2</sup> stor verkstadslokal av T8-lysrör med drossel. Den totala installerade effekten var 56 kW och energiförbrukningen låg på 206 MWh per år. Belysningens drift och underhållskostnad var årligen cirka 45 000 kr.

En investering i nya armaturer med T5-lysrör gjordes, vilket bidrog till att den installerade effekten sjönk till 27 kW. Detta gjorde att energianvändningen minskade till 101 MWh per år. Dessutom reducerades de årliga drift och underhållskostnaderna med 26 000 kr.

$$\begin{aligned}LCC_{\text{totalt}}^* &= \text{investeringskostnad} + LCC_{\text{energikostnad}} + LCC_{\text{underhållskostnad}} \\LCC_{\text{energikostnad}} &= \text{årlig energikostnad} \times \text{nusummefaktor} \\LCC_{\text{underhållskostnad}} &= \text{årlig underhållskostnad} \times \text{nusummefaktor} \\ \text{Nusummefaktor} &= \frac{(1 - (1 + 0,01 \times r_k)^{-n})}{(0,01 \times r_k)}, \quad n = \text{ekonomisk livslängd (år)}, r_k = \text{kalkylräntan (i procent)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Elpriset antas vara } &0,4 \text{ kr/kWh, } n = 20 \text{ år, } r_k = 5 \% \\ \text{nusummefaktorn} &= \frac{(1 - (1 + 0,01 \times 5)^{-20})}{(0,01 \times 5)} = 12,46\end{aligned}$$

### Tidigare belysning:

Investeringskostnad	0 kr
Installerad effekt	56 kW
Energikostnad per år	206 000 × 0,4 = 82 400 kr
<u>Underhållskostnad per år</u>	<u>45 000 kr</u>
Årlig driftskostnad	127 400 kr

$$\begin{aligned}LCC_{\text{energikostnad}} &= 82\,400 \times 12,46 = 1\,026\,886 \text{ kr} \\LCC_{\text{underhållskostnad}} &= 45\,000 \times 12,46 = 560\,799 \text{ kr} \\LCC_{\text{totalt}} &= 0 + 1\,026\,886 + 560\,799 = 1\,587\,686 \text{ kr}\end{aligned}$$

### Energieffektivare belysning:

Investeringskostnad	51 000 kr
Installerad effekt	27 kW
Energikostnad per år	101 000 × 0,4 = 40 400 kr
<u>Underhållskostnad per år</u>	<u>19 000 kr</u>
Årlig driftskostnad	59 400 kr

\* I dessa LCC-beräkningar tas ingen hänsyn till avskrivning av utrustningen. Detta skulle dock kunna läggas till som en egen del, exempelvis  $LCC_{\text{avskrivning}} = \text{årlig avskrivning} \times \text{nusummefaktorn}$

$$\begin{aligned} LCC_{\text{energikostnad}} &= 40\,400 \times 12,46 = 503\,473 \text{ kr} \\ LCC_{\text{underhållskostnad}} &= 19\,000 \times 12,46 = 236\,782 \text{ kr} \\ LCC_{\text{totalt}} &= 51\,000 + 503\,473 + 236\,782 = 791\,255 \text{ kr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Årlig kostnadsminskning} &= 127\,400 - 59\,400 = 68\,000 \text{ kr} \\ LCC_{\text{kostnadsminskning}} &= 1\,587\,686 - 791\,255 = 796\,430 \text{ kr} \end{aligned}$$

Investeringen i nya armaturer med T5-lysrör behöll ljusstyrkan samt minskade den installerade effekten. Detta bidrog till en minskad energianvändning och lägre underhållskostnader, vilket innebär en elkostnadsbesparing på 68 000 kr per år. Dessutom motsvarar det en total reducering av LCC på 796 430 kr. Skulle energipriset vara högre eller om det skulle öka under den ekonomiska livslängden kommer vinsten att bli ännu större.

#### Rak återbetalning:

$$\begin{aligned} \text{År} &= \text{investering} / \text{överskott per år} \\ 51\,000 / 68\,000 &= 0,75 \text{ år} \Rightarrow 9 \text{ månader} \end{aligned}$$

#### Pay-off-metoden med kalkylränta

$$\text{År} = - \frac{\ln\left(1 - \frac{\text{investering}}{\text{överskott / år}} \times p\right)}{\ln(1 + p)}, \quad p = \text{kalkylränta i decimalform}$$

$$\text{År} = - \frac{\ln\left(1 - \frac{51\,000}{68\,000} \times 0,05\right)}{\ln(1 + 0,05)} = 0,78 \text{ år} \Rightarrow 9 \text{ månader}$$

Med rak återbetalning och med kalkylräntan inräknad blir återbetalningstiden under ett år, närmare bestämt 9 månader. Investeringen betalar alltså tillbaka sig på väldigt kort tid och genererar därmed snabbt en ”vinst” till företaget.

#### Koldioxidutsläpp

$$1 \text{ kWh el} = 1 \text{ kg CO}_2 \Rightarrow 1 \text{ MWh el} = 1 \text{ ton CO}_2$$

$$\begin{aligned} \text{Besparing av koldioxid per vecka:} \\ 206 \text{ MWh} - 105 \text{ MWh} &= 101 \text{ MWh} \\ 101 \text{ MWh} &= 101 \text{ ton CO}_2 \end{aligned}$$

Den nya belysningen minskar därmed CO<sub>2</sub>-utsläppen med 101 ton per år, vilket innebär en reduktion på 2 020 ton CO<sub>2</sub>-utsläpp under dess ekonomiska livslängd. [Energihandboken 2008-05-05]

## Bilaga II

Exemplet är baserat på en verkstadsindustris inköp av timers till de 20 aggregaten som styrde processventilationen. Från början användes enbart manuell manövrering för att stänga av och på ventileringen.

Elpriset antas vara 0,43 kr/kWh  
Fjärrvärmepriset antas vara 0,29 kr/kWh  
Kalkylräntan = 5 %

### Timerstyrning:

Investeringskostnad 90 000 kr

Minskad elförbrukning	280 000 kWh/år
Energibesparing per år	$280\,000 \times 0,43 = 120\,400$ kr
Minskad fjärrvärmeförbrukning	350 000 kWh/år
Minskad fjärrvärmekostnad	$350\,000 \times 0,29 = 101\,500$ kr

En installation av timers på de 20 aggregaten ger därmed en sammanlagd minskning på 221 900 kr. Skulle energipriset eller fjärrvärmepriset vara högre eller öka under den ekonomiska livslängden kommer vinsten att bli ännu större.

### Rak återbetalning:

$\text{År} = \text{investering} / \text{överskott per år}$

Endast med elenergibesparingarna:  
 $90\,000 / 120\,400 = 0,75$  år  $\Rightarrow$  9 månader

Med de sammanlagda besparingarna:  
 $90\,000 / 221\,900 = 0,4$  år  $\Rightarrow$  5 månader

### Pay-off-metoden med kalkylränta

$$\text{År} = -\frac{\ln\left(1 - \frac{\text{investering}}{\text{överskott / år}} \times p\right)}{\ln(1 + p)}, \quad p = \text{kalkylränta i decimalform}$$

Endast med elenergibesparingarna:

$$\text{År} = -\frac{\ln\left(1 - \frac{90\,000}{120\,400} \times 0,05\right)}{\ln(1 + 0,05)} = 0,8 \text{ år} \Rightarrow 9 \text{ månader}$$

Med de sammanlagda besparingarna:

$$\text{År} = -\frac{\ln\left(1 - \frac{90\,000}{221\,900} \times 0,05\right)}{\ln(1 + 0,05)} = 0,4 \text{ år} \Rightarrow 5 \text{ månader}$$

Därmed är återbetalningstiden ungefär 9 månader med endast elenergieffektiviseringarna och cirka 5 månader med sammanlagda besparingar, oavsett om kalkylräntan inkluderas eller ej. Återbetalningstiden alltså i båda fallen under 36 månader, vilket gör att investeringen enligt PFE ska göras inom dess programtid.

#### Koldioxidutsläpp

1 kWh el = 1 kg CO<sub>2</sub>

1 MWh el = 1 ton CO<sub>2</sub>

Årlig besparing av koldioxid på grund av elenergieffektiviseringen:

280 MWh = 280 ton CO<sub>2</sub>

Detta gör att en investering i ett antal timers kommer att reducera utsläppet av CO<sub>2</sub> med 280 ton per år. Samtidigt kommer även minskningen av fjärrvärmeförbrukning att innebära mindre påverkan på miljön. [Energimyndigheten 2001]

## Bilaga III

Detta exempel är hämtat från när Wargöns Bruk analyserade olika regleringsmetoder för sin avgasfläkt. Den befintliga fläkten reglerades sedan tidigare med ledskenereglering. Nedan jämförs den befintliga installationen med varvtalsreglering.

$$\begin{aligned}LCC_{\text{totalt}}^* &= \text{investeringskostnad} + LCC_{\text{energikostnad}} + LCC_{\text{underhållskostnad}} \\LCC_{\text{energikostnad}} &= \text{årlig energikostnad} \times \text{nusummeffaktor} \\LCC_{\text{underhållskostnad}} &= \text{årlig underhållskostnad} \times \text{nusummeffaktor} \\ \text{Nusummeffaktor} &= \frac{(1 - (1 + 0,01 \times r_k)^{-n})}{(0,01 \times r_k)}, \quad n = \text{ekonomisk livslängd (år)}, r_k = \text{kalkylräntan (i procent)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Elpriset antas vara } &0,4 \text{ kr/kWh, } n = 10 \text{ år, } r_k = 5 \% \\ \Rightarrow \text{ nusummeffaktorn} &= \frac{(1 - (1 + 0,01 \times 5)^{-10})}{(0,01 \times 5)} = 7,72\end{aligned}$$

### Befintlig installation (ledskenereglering):

Investeringskostnad 0 kr

Energikostnad per år 823 000 × 0,4 = 329 200 kr

Underhållskostnad per år 8 000 kr

Årlig driftskostnad 337 200 kr

$$LCC_{\text{energikostnad}} = 329\,200 \times 7,72 = 2\,541\,424 \text{ kr}$$

$$LCC_{\text{underhållskostnad}} = 8\,000 \times 7,72 = 61\,760 \text{ kr}$$

$$LCC_{\text{totalt}} = 0 + 2\,541\,424 + 61\,760 = 2\,603\,184 \text{ kr}$$

### Varvtalsstyrning:

Investeringskostnad 192 000 kr

Energikostnad per år 411 000 × 0,4 = 164 400 kr

Underhållskostnad per år 10 000 kr

Årlig driftskostnad 174 400 kr

$$LCC_{\text{energikostnad}} = 164\,400 \times 7,72 = 1\,269\,168 \text{ kr}$$

$$LCC_{\text{underhållskostnad}} = 10\,000 \times 7,72 = 77\,200 \text{ kr}$$

$$LCC_{\text{totalt}} = 192\,000 + 1\,269\,168 + 77\,200 = 1\,538\,368 \text{ kr}$$

$$\text{Årlig kostnadsminskning} = 337\,200 - 174\,400 = 162\,800 \text{ kr}$$

$$LCC_{\text{kostnadsminskning}} = 2\,603\,184 - 1\,538\,368 = 1\,064\,816 \text{ kr}$$

---

\* I dessa LCC-beräkningar tas ingen hänsyn till avskrivning av utrustningen. Detta skulle dock kunna läggas till som en egen del, exempelvis  $LCC_{\text{avskrivning}} = \text{årlig avskrivning} \times \text{nusummeffaktorn}$

Alltså innebär en investering i en frekvensomriktare en årlig minskning på 162 800 kr, vilket motsvarar en total LCC-minskning på 1 064 816 kr. Skulle energipriset vara högre eller öka under den ekonomiska livslängden kommer vinsten att bli ännu större.

#### Rak återbetalning:

$\text{År} = \text{investering} / \text{överskott per år}$

$192\,000 / 162\,800 = 1,18 \text{ år} \Rightarrow 14 \text{ månader}$

#### Pay-off-metoden med kalkylränta

$$\text{År} = - \frac{\ln\left(1 - \frac{\text{investering}}{\text{överskott / år}} \times p\right)}{\ln(1 + p)}, \quad p = \text{kalkylränta i decimalform}$$

$$\text{År} = - \frac{\ln\left(1 - \frac{192\,000}{162\,800} \times 0,05\right)}{\ln(1 + 0,05)} = 1,25 \text{ år} \Rightarrow 15 \text{ månader}$$

Återbetalningstiden är därmed 14 månader för rak återbetalning och 15 månader om kalkylräntan inkluderas. Alltså är återbetalningstiden i båda fallen under 36 månader, vilket gör att investeringen enligt PFE ska göras inom dess programtid.

#### Koldioxidutsläpp

1 kWh el = 1 kg CO<sub>2</sub>

1 MWh el = 1 ton CO<sub>2</sub>

Årlig besparing av koldioxid:

823 MWh – 411 MWh = 412 MWh

412 MWh = 412 ton CO<sub>2</sub>

Därmed kommer investeringen i en frekvensomriktare att minska CO<sub>2</sub>-utsläppen med 412 ton CO<sub>2</sub> per år, vilket innebär en reduktion på 4 120 ton CO<sub>2</sub>-utsläpp under dess ekonomiska livslängd. [Energimyndigheten 2006a]



## Bilaga IV

Exemplet nedan är baserat på en 130kW-pump som vanligen flödesvarieras med en reglerventil. Flödet är ungefär 1 600 m<sup>3</sup>/h och tryckhöjden 22 mvp. Hälften av tiden är dock behovet av flöde på 1 200 m<sup>3</sup>/h. Vid strypning innebär detta ett en minskning av motoreffekten till 115 kW. Nedan jämförs den befintliga installationen med varvtalsreglering.

$$LCC_{\text{totalt}}^* = \text{investeringskostnad} + LCC_{\text{energikostnad}} + LCC_{\text{underhållskostnad}}$$

$$LCC_{\text{energikostnad}} = \text{årlig energikostnad} \times \text{nusummefaktor}$$

$$LCC_{\text{underhållskostnad}} = \text{årlig underhållskostnad} \times \text{nusummefaktor}$$

$$\text{Nusummefaktor} = \frac{(1 - (1 + 0,01 \times r_k)^{-n})}{(0,01 \times r_k)}, \quad n = \text{ekonomisk livslängd (år)}, r_k = \text{kalkylräntan (i procent)}$$

Elpriset antas vara 0,4 kr/kWh, n = 10 år, r<sub>k</sub> = 10 %

$$\Rightarrow \text{nusummefaktorn} = \frac{(1 - (1 + 0,01 \times 10)^{-10})}{(0,01 \times 10)} = 6,14$$

### Befintlig installation (strypreglering):

$$\text{Elanvändning/år: } 4300 \text{ h} \times 130 \text{ kW} + 4300 \text{ h} \times 115 \text{ kW} = 1\,053\,500 \text{ kWh}$$

Investeringskostnad	0 kr
Energikostnad per år	1 053 500 × 0,4 = 421 400 kr
Underhållskostnad per år	5 000 kr
Årlig driftskostnad	426 400 kr

$$LCC_{\text{energikostnad}} = 426\,400 \times 6,14 = 2\,618\,096 \text{ kr}$$

$$LCC_{\text{underhållskostnad}} = 5\,000 \times 6,14 = 30\,700 \text{ kr}$$

$$LCC_{\text{totalt}} = 0 + 2\,618\,096 + 30\,700 = 2\,648\,796 \text{ kr}$$

### Varvtalsstyrning:

$$\text{Elanvändning/år: } 4300 \text{ h} \times 130 \text{ kW} + 4300 \text{ h} \times 63 \text{ kW} = 829\,000 \text{ kWh}$$

Investeringskostnad	120 000 kr
Energikostnad per år	829 000 × 0,4 = 331 960 kr
Underhållskostnad per år	8 000 kr
Årlig driftskostnad	339 960 kr

$$LCC_{\text{energikostnad}} = 331\,960 \times 6,14 = 2\,038\,234 \text{ kr}$$

$$LCC_{\text{underhållskostnad}} = 8\,000 \times 6,14 = 49\,120 \text{ kr}$$

\* I dessa LCC-beräkningar tas ingen hänsyn till avskrivning av utrustningen. Detta skulle dock kunna läggas till som en egen del, exempelvis  $LCC_{\text{avskrivning}} = \text{årlig avskrivning} \times \text{nusummefaktorn}$

$$LCC_{\text{totalt}} = 120\,000 + 2\,038\,234 + 49\,120 = 2\,207\,354 \text{ kr}$$

$$\text{Årlig kostnadsminskning} = 426\,400 - 339\,960 = 86\,440 \text{ kr}$$

$$LCC_{\text{kostnadsminskning}} = 2\,648\,796 - 2\,207\,354 = 441\,442 \text{ kr}$$

Ett inköp av en frekvensomriktare ger alltså en årlig reducering på 86 440 kr, vilket motsvarar en total LCC-minskning på 441 442 kr. Är energipriset högre eller om det skulle öka under den ekonomiska livslängden kommer vinsten att bli ännu större.

#### Rak återbetalning:

$$\text{År} = \text{investering} / \text{överskott per år}$$

$$120\,000 / 86\,440 = 1,39 \text{ år} \Rightarrow 17 \text{ månader}$$

#### Pay-off-metoden med kalkylränta

$$\text{År} = - \frac{\ln\left(1 - \frac{\text{investering}}{\text{överskott / år}} \times p\right)}{\ln(1 + p)}, \quad p = \text{kalkylränta i decimalform}$$

$$\text{År} = - \frac{\ln\left(1 - \frac{120\,000}{86\,440} \times 0,1\right)}{\ln(1 + 0,10)} = 1,57 \text{ år} \Rightarrow 19 \text{ månader}$$

Detta ger då att den raka återbetalningstiden är 17 månader och 19 månader om kalkylräntan inkluderas. Återbetalningstiden är i båda fallen mindre än 36 månader, vilket gör att investeringen enligt PFE ska utföras inom dess programtid.

#### Koldioxidutsläpp

$$1 \text{ kWh el} = 1 \text{ kg CO}_2 \Rightarrow 1 \text{ MWh el} = 1 \text{ ton CO}_2$$

Årlig besparing av koldioxid:

$$1\,053\,500 \text{ kWh} - 829\,900 \text{ kWh} = 223\,600 \text{ kWh}$$

$$223\,600 \text{ kWh} = 223\,600 \text{ kg CO}_2 \approx 224 \text{ ton CO}_2$$

En investering i en frekvensomriktare minskar CO<sub>2</sub>-utsläppen med ungefär 224 ton CO<sub>2</sub> per år, vilket innebär att frekvensomriktaren ger upphov till en reducering av 2 236 ton CO<sub>2</sub>-utsläpp under dess ekonomiska livslängd. [Energimyndigheten 2006b]

## Bilaga V

Uppgifterna i denna bilaga är hämtade från Jernkontorets energihandbok, som i sin tur fått informationen från Fagersta Stainless AB.

Trådringar bereds först i en hall, som tidigare var ouppvärmad. Sedan läggs de i elektriska ugnar där de värms till 400 grader. Därefter kyls de i ett 70 grader varmt vattenbad. Stiger temperaturen över 70 grader används kylvatten för att sänka temperaturen på vattnet. Förutom detta används tryckluft för att röra runt vattnet i badet.

Den åtgärd som nu är utförd är att ett värmeåtervinningssystem har installerats. I systemet finns en värmeväxlare som använder badets varmvatten för att värma ventilationsluften i närliggande lokaler. Även beredningslokalen värms upp av detta system. Detta gör att trådarna förvärms till 20 grader innan de placeras i ugnarna. Det slutna systemet gör även att tryckluften inte längre behövs för att röra om vattnet i badet, då det pumpas till och från värmeväxlaren.

Elpriset antas vara 0,4 kr/kWh, kalkylräntan = 5 %

### Värmeåtervinning:

Investeringskostnad	300 000 kr
Minskad elförbrukning (värmeåtervinning)	200 000 kWh
Energibesparing	$200\ 000 \times 0,4 = 80\ 000$ kr
Minskad elförbrukning (förvärmning)	100 000 kWh
Energibesparing	$100\ 000 \times 0,4 = 40\ 000$ kr
Minskad elförbrukning (slopad tryckluft)	49 000 kWh
<u>Energibesparing</u>	<u><math>49\ 000 \times 0,4 = 19\ 600</math> kr</u>
Sammanlagd kostnadsbesparing	139 600 kr

Investeringen och installationen av ett värmeåtervinningssystem minskade alltså energiförbrukningen med 349 MWh per år, vilket motsvarar en årlig besparing på 139 600 kr. Med ett högre elpris än 0,4 kr/kWh blir dessutom besparingarna ännu större. Det ska även poängteras att beredningslokalen numera är uppvärmd trots besparingarna.

### Rak återbetalning:

$\text{År} = \text{investering} / \text{överskott per år}$

$300\ 000 / 139\ 600 = 2,15$  år  $\Rightarrow$  26 månader

### Pay-off-metoden med kalkylränta

$$\text{År} = -\frac{\ln\left(1 - \frac{\text{investering}}{\text{överskott / år}} \times p\right)}{\ln(1 + p)}, \quad p = \text{kalkylränta i decimalform}$$

$$\text{År} = -\frac{\ln\left(1 - \frac{300\,000}{139\,600} \times 0,05\right)}{\ln(1 + 0,05)} = 2,33 \text{ år} \Rightarrow 28 \text{ månader}$$

Tiden det tar för investeringen att betala tillbaka sig själv är 26 månader för rak återbetalning och 28 månader om kalkylräntan inkluderas. I bägge fallen är återbetalningstiden inom det som anses vara en kort period.

### Koldioxidutsläpp

1 kWh el = 1 kg CO<sub>2</sub>

1 MWh el = 1 ton CO<sub>2</sub>

Årlig besparing av koldioxid:

349 MWh = 349 ton CO<sub>2</sub>

Systemet för värmeåtervinning bidrar således till en minskning av CO<sub>2</sub>-utsläppen med ungefär 349 ton CO<sub>2</sub> per år. [Energihandboken 2008-05-12]

## Bilaga VI

Exemplet är hämtat från PAROC. Uträkningarna baserar sig på ett låglutande industritak i Stockholm som tilläggsisolerats med 15 cm stenull. Taket är från början isolerat med 50 mm stenull på ett plåtdäck.

Sist i denna bilaga finns även två tabeller där delar av dessa uträkningar utförts på andra befintliga taklösningar, en där 15 cm tilläggsisolering monterats och en där 30 cm monterats. Detta för att ge mer exempel på hur mycket energi det går att spara genom tilläggsisolering.

$$E = U \times A \times G_t$$

$$\text{Kostnad} = E \times \text{Elpris}$$

$$E = \text{antal Wh per år, [Wh/år]}$$

$$U = \text{värmegenomgångskoefficient, [W/m}^2 \text{ °C]}$$

$$A = \text{materialytans area, [m}^2\text{]}$$

$$G_t = \text{gradtimmar, [°Ch]} - \text{enligt PAROC } 105\,000 \text{ °Ch}$$

$$U = 1/R_{\text{tot}}$$

$$R_{\text{tot}} = 0,17 + R_{\text{skikt}_1} + R_{\text{skikt}_2} + R_{\text{skikt}_3} + \dots$$

$$R_{\text{skikt}} = \delta/\lambda$$

$$\delta = \text{tilläggsisoleringens tjocklek, [m]}$$

$$\lambda = \text{värmekonduktivitet för isoleringen, [W/m °C]}$$

$$LCC_{\text{totalt}}^* = \text{investeringskostnad} + LCC_{\text{energikostnad}} + LCC_{\text{underhållskostnad}}$$

$$LCC_{\text{energikostnad}} = \text{årlig energikostnad} \times \text{nusummefaktor}$$

$$LCC_{\text{underhållskostnad}} = \text{årlig underhållskostnad} \times \text{nusummefaktor}$$

$$\text{Nusummefaktor} = \frac{1 - (1 + 0,01 \times r_k)^{-n}}{0,01 \times r_k}, \quad n = \text{ekonomisk livslängd (år)}, r_k = \text{kalkylräntan (i procent)}$$

$$\text{Elpriset antas vara } 0,4 \text{ kr/kWh, } n = 30 \text{ år, } r_k = 5 \%$$

$$\Rightarrow \text{nusummefaktorn} = \frac{1 - (1 + 0,01 \times 5)^{-30}}{0,01 \times 5} = 15,37$$

### Utan tilläggsisolering

$$E = 0,6 \times 105\,000 = 63,0 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$$

$$\text{Kostnad} = 63 \times 0,4 = 25,2 \text{ kr/m}^2 \text{ år}$$

---

\* I dessa LCC-beräkningar tas ingen hänsyn till avskrivning av utrustningen. Detta skulle dock kunna läggas till som en egen del, exempelvis  $LCC_{\text{avskrivning}} = \text{årlig avskrivning} \times \text{nusummefaktorn}$

$$\begin{aligned}LCC_{\text{energikostnad}} &= 25,2 \times 15,37 = 387,4 \text{ kr/m}^2 \\LCC_{\text{underhållskostnad}} &= 0 \\LCC_{\text{totalt}} &= 0 + 387,4 = 387,4 \text{ kr/m}^2\end{aligned}$$

### Med tilläggsisolering

Investeringskostnad: 100 kr/m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}R_{\text{nytt skikt}} &= 0,15/0,038 = 3,95 \\R_{\text{tot}} &= (1/0,6) + (3,95) = 5,61 \\U &= 1/5,61 = 0,18\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}E &= 0,18 \times 105\,000 = 18,7 \text{ kWh/m}^2 \text{ år} \\Kostnad &= 18,7 \times 0,4 = 7,5 \text{ kr/m}^2 \text{ år}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}LCC_{\text{energikostnad}} &= 7,5 \times 15,37 = 115,0 \text{ kr/m}^2 \\LCC_{\text{underhållskostnad}} &= 0 \\LCC_{\text{totalt}} &= 100 + 115,0 = 215,0 \text{ kr/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Årlig kostnadsminskning} &= 25,2 - 7,5 = 17,7 \text{ kr/m}^2 \text{ år} \\LCC_{\text{kostnadsminskning}} &= 387,4 - 215,0 = 172,4 \text{ kr/m}^2\end{aligned}$$

En tilläggsisolering av industrins tak medför alltså en årlig besparing på 17,7 kr/m<sup>2</sup>, vilket motsvarar en total LCC-reducering på 172,4 kr/m<sup>2</sup>. Vid ett högre energipris för uppvärmning blir vinsten dessutom större. [PAROC 2005]

### Rak återbetalning:

$$\begin{aligned}\text{År} &= \text{investering} / \text{överskott per år} \\100/17,7 &= 5,6 \text{ år}\end{aligned}$$

### Pay-off-metoden med kalkylränta

$$\text{År} = -\frac{\ln\left(1 - \frac{\text{investering}}{\text{överskott / år}} \times p\right)}{\ln(1 + p)}, \quad p = \text{kalkylränta i decimalform}$$

$$\text{År} = -\frac{\ln\left(1 - \frac{100}{17,7} \times 0,05\right)}{\ln(1 + 0,05)} = 6,8 \text{ år}$$

Den raka återbetalningen ligger på 5,6 år, med ett energipris på 40 öre kWh, och inkluderas kalkylräntan ökar tiden något. Återbetalningstiden

kan anses vara på gränsen till ok, men ska ändå renoveringar utföras på taket bör även en tilläggsisolering utföras.

#### Koldioxidutsläpp

1 kWh el = 1 kg CO<sub>2</sub>

1 MWh el = 1 ton CO<sub>2</sub>

Årlig besparing av koldioxid:

$63 - 18,7 = 44,3 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$

44,3 kWh = 44,3 kg CO<sub>2</sub> per kvadratmeter

Tilläggsisoleringen medför därmed en minskning av CO<sub>2</sub>-utsläppen med ungefär 44,3 kg CO<sub>2</sub> per kvadratmeter och år. Med ett tak på 1000 m<sup>2</sup> innebär det en reduktion på 44,3 ton CO<sub>2</sub>-utsläpp.

I tabellen nedan visas vilka besparingar som kan göras vid en tilläggsisolering med 15 cm stenull. Denna isolering minskar U-värdet med 0,20 till 0,80 W/m<sup>2</sup> °C. [PAROC 2005]

Taklösning	U-värde	Energibesparing per m <sup>2</sup> , kWh	Kostnadsbesparing per m <sup>2</sup> , kr
100 mm gasbetong 500, papp	1	83,8	33,5
150 mm gasbetong 500, papp	0,8	63,8	25,5
200 mm gasbetong 500, papp	0,6	44,3	17,7
160 mm betong, 40 mm isolering, papp	0,8	63,8	25,5
plåt/trä, 50 mm isolering, papp	0,6	44,3	17,7
plåt/trä, 70 mm isolering, papp	0,5	34,8	13,9
plåt/trä, 100 mm isolering, papp	0,4	25,7	10,3
plåt/trä, 120 mm isolering, papp	0,35	21,3	8,5

Tabell 1, visar vilka besparingar som görs vid en tilläggsisolering av 15 cm stenull.

Tabell 2 visas de reduceringar som kan göras vid en tilläggsisolering av 30 cm stenull. Isolering gör att U-värdet minskar med mellan 0,26 och 0,89 W/m<sup>2</sup> °C. [PAROC 2005]

Taklösning	U-värde	Energibesparing per m <sup>2</sup> , kWh	Kostnadsbesparing per m <sup>2</sup> , kr
100 mm gasbetong 500, papp	1	93,2	37,3
150 mm gasbetong 500, papp	0,8	72,5	29,0
200 mm gasbetong 500, papp	0,6	52,0	20,8
160 mm betong, 40 mm isolering, papp	0,8	72,5	29,0
plåt/trä, 50 mm isolering, papp	0,6	52,0	20,8
plåt/trä, 70 mm isolering, papp	0,5	41,9	16,8
plåt/trä, 100 mm isolering, papp	0,4	31,9	12,8
plåt/trä, 120 mm isolering, papp	0,35	27,0	10,8

Tabell 2, visar vilka besparingar som görs vid en tilläggsisolering av 30 cm stenull.



## Bilaga VII

I en central är strömmen uppmätt till 400 A (400 V). Belastningen antas vara fördelad med 50 % på motorer, 20 % på belysningen och 30 % på elvärmen.

I = Ström, [A]

U = Spänning, [V]

S = Skenbar effekt, [VA]

P = Aktiv effekt, [W]

Q = Reaktiv effekt, [VAr]

$\cos \varphi$  = effektfaktorn

$\varphi_1$  = fasvinkel utan kompensering

$\varphi_2$  = fasvinkel med kompensering

$$S = \sqrt{3} \times I \times U$$

$$P = S \times \cos \varphi$$

$$Q = P \times \text{faktorn}$$

$$\text{faktorn} = \tan \varphi_1 - \tan \varphi_2$$

$$\varphi = \arccos(\text{effektfaktorn}) = \cos^{-1}(\text{effektfaktorn})$$

### Reaktivt effektbehov hos motorlasten

$$\cos \varphi = 0,7$$

$$S = \sqrt{3} \times (400 \times 0,5) \times 400 = 138\,564 \text{ VA}$$

$$P = 138\,564 \times 0,7 = 96\,995 \text{ W}$$

$$\text{faktorn} = \tan(\cos^{-1}(0,7)) - \tan(\cos^{-1}(0,97)) = 0,77$$

$$\Rightarrow Q = 96\,995 \times 0,77 = 74\,686 \text{ VAr}$$

### Reaktivt effektbehov hos de okompenserade lysrören

$$\cos \varphi = 0,5$$

$$S = \sqrt{3} \times (400 \times 0,2) \times 400 = 55\,426 \text{ VA}$$

$$P = 55\,426 \times 0,5 = 27\,713 \text{ W}$$

$$\text{faktorn} = \tan(\cos^{-1}(0,5)) - \tan(\cos^{-1}(1,0)) = 1,73$$

$$\Rightarrow Q = 27\,713 \times 1,73 = 47\,943 \text{ VAr}$$

### Reaktivt effektbehov hos elvärmelasten

$$\cos \varphi = 1,0$$

Eftersom effektfaktorn är 1 hos elvärme och annan resistiv last krävs ingen reaktiv effekt.

### Sammanlagt behov av reaktiv effekt

$$74\,686 + 47\,943 = 122\,629 \text{ VAr}$$

Genom att leta bland Nokian Capacitors produkter visar det sig att det finns ett kondensatorbatteri på 125 kVAr/400 V som är automatiskt reglerat. Detta motsvarar kraven och bör därför väljas. [Nokian Capacitors 2008-05-08]

## Bilaga VIII

### Undersökning angående energieffektivisering

Varför anmälde ni er till Programmet för energieffektivisering?

Beskriv hur er arbetsgång har varit.

Har ni utfört alla ändringar själva eller har ni tagit hjälp av andra företag (exempelvis E.ON eller Vattenfall)? Beskriv vad dessa har hjälpt er med.

Har ni utfört några åtgärder ännu? Inom vilka områden har de utförts? Beskriv gärna åtgärderna.

Har åtgärderna haft någon koppling till automation och/eller styrsystem? Kan ni beskriva dessa ändringar i korta drag (har ni tidigare dokumenterat detta tar jag gärna emot dessa dokument)?

Har ni haft tankar på att energieffektivisera inom dessa delar? Beskriv i så fall dessa tankar och varför de inte utfördes.

Har ni märkt några resultat av era utförda åtgärder? Vilka?

Är resultaten godkända eller hoppas/tror ni att de går att förbättra?

Vad är önskvärda mål för er? Vad är önskvärda mål med förbättringarna?

Hur skulle dessa mål kunna uppnås?

Tack för att Ni tog er tid att svara på denna enkät.

Mvh  
Gustav Gustavsson

## **Bilaga IX**

# Slösa inte energi på energieffektivisering



Av: Gustav Gustavsson



# Innehållsförteckning

<b>Inledning</b> .....	3
<b>Var ska man börja?</b> .....	4
<b>Personalen</b> .....	5
<b>Belysning</b> .....	6
Se över armaturernas placering .....	6
Dela upp lokalen .....	7
Tidsstyrning .....	7
Närvarostyrning .....	7
Användning av dimrar .....	8
Användning av dagsljus .....	9
Byta till T5-lysrör .....	9
Ljuskällor med filter .....	9
Kombinera styrningen .....	10
Ny teknik .....	10
<b>Ventilation</b> .....	11
Reglering .....	11
Processventilering .....	11
Styrsystem .....	12
Värmeåtervinning .....	13
<b>Fläktar</b> .....	14
Radialfläkt .....	14
Varvtalsreglering .....	14
Spjällreglering .....	15
Ledskenereglering .....	15
Axialfläkt .....	16
Axialfläktar med skovelreglering .....	16
Start/stopp-reglering .....	16
<b>Pumpar</b> .....	17
Varvtalsreglering .....	17
Strypreglering .....	18
Start/stopp-reglering .....	18
<b>Maskiner/elmotorer</b> .....	19
Eff1 .....	19
Dimensionera korrekt .....	19
Strypreglering .....	19
Varvtalsreglering .....	20

Mjukstart/Mjukstopp .....	21
Axeffektvakt .....	22
Reaktiv effekt .....	22
<b>Värme och kyla .....</b>	<b>23</b>
Sänkt temperatur .....	23
Yttre påverkan .....	23
Värmeåtervinning .....	23
Styrsystem .....	24
Prognosstyrning .....	25
Värmeförluster .....	25
<b>Tryckluft .....</b>	<b>28</b>
Läckage .....	28
Alternativ utrustning .....	29
Värmeåtervinning .....	30
<b>Tomgångskörning .....</b>	<b>31</b>
<b>Underhåll och renovering .....</b>	<b>32</b>
<b>Faskompensering .....</b>	<b>34</b>
Reaktiv effekt .....	34
Synkronmotorer .....	34
Kompensering .....	35
Effektfaktorsreglering .....	35
Fördelar .....	36
Övertonsfilter .....	36
<b>Laststyrning .....</b>	<b>37</b>
<b>Hur mäter man? .....</b>	<b>39</b>
Momentan mätning .....	39
Kontinuerlig mätning .....	39
<b>Ekonomi .....</b>	<b>41</b>
<b>Referenser .....</b>	<b>43</b>
<b>Bilaga Ia .....</b>	<b>68 i rapportdelen</b>
<b>Bilaga Ib .....</b>	<b>70 i rapportdelen</b>
<b>Bilaga II .....</b>	<b>73 i rapportdelen</b>
<b>Bilaga III .....</b>	<b>75 i rapportdelen</b>
<b>Bilaga IV .....</b>	<b>77 i rapportdelen</b>
<b>Bilaga V .....</b>	<b>79 i rapportdelen</b>
<b>Bilaga VI .....</b>	<b>81 i rapportdelen</b>
<b>Bilaga VII .....</b>	<b>85 i rapportdelen</b>

## Inledning

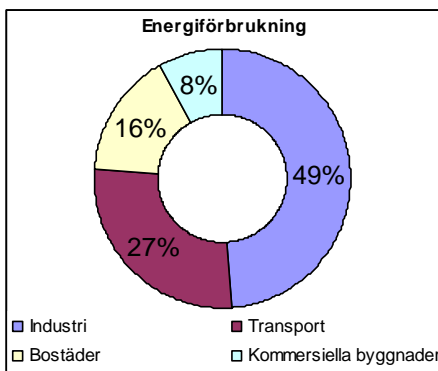
I samband med dagens oro för växthuseffekten försöker de flesta instanser, företag och personer bli mer energieffektiva och på så vis minska utsläppen av växthusgaser. Detta kan ske genom införande av en energiskatt hos energiintensiva industriföretag, genom att byta till mer energieffektiva motorer eller genom att helt enkelt komma ihåg att släcka lampan efter sig när man lämnar ett rum. Värt att tänka på är att även den minsta insatsen som sparar energi kan vara till enormt stor nytta i längden! Därför ska denna guide ta upp åtgärder som gör att företag snabbt och enkelt, men även med något längre återbetalningstid, kan minska sin energiförbrukning, minska sina energikostnader och på så vis även värna om miljön.



Bilden till höger visar hur växthuseffekten påverkar jordens klimat. Växthusgaserna samlas i atmosfären och fångar därmed in solens värme, vilket i sin tur gör planeten

Figur 1, en bildlig förklaring av hur växthuseffekten fungerar.

Tellus bebodig. Dock innebär de stora mängder koldioxidutsläpp som människan bidrar med att den naturliga växthuseffekten påskyndas. Denna globala temperaturökning leder bland annat till att glaciärer och inlandsisen smälter, vilket medför att vattennivån höjs och landmassor översvämmas.



Figur 2, visar hur energiförbrukningen är fördelad.

Var finns det då potential att spara energi? Som det ses i figuren till vänster står industrin för 49% av energiförbrukningen, enligt Schneider Electric. Därför bör denna sektor vara en naturlig början att energieffektivisera inom. På industrier går det att effektivisera inom allt från själva processen och dess hjälpsystem till hur byggnaden ser ut. Guiden kommer att ge Er tips och idéer på olika åtgärder som kan utföras. Förhoppningsvis kommer den därför att hjälpa Er industri med att bli ett gott föredöme för hur ett företag kan arbeta energieffektivt samtidigt som det har en stabil produktion med god lönsamhet. Samtidigt

kan den stimulera personalens energitänkande och på så vis ge en dubbel effekt genom att de tillämpar vissa åtgärder även i hemmet.

*Lycka till och tack för att Ni värnar om miljön!*  
Gustav Gustavsson

## Var ska man börja?

Kartlägg energiförbrukningen! Hur mycket energi förbrukas? Var och till vad används energin? Hur ser den förväntade energiförbrukningen ut på kort respektive lång sikt?

För att kunna energieffektivisera är det nödvändigt att man känner till företagets energianvändning. Därför bör arbetet starta med att identifiera energiförbrukningen i företaget genom kontroll av utrustningsmärkning och i datablad, men än viktigare är att mätningar på utrustningen utförs. Mätningarna gör det möjligt att se vilken utrustning som inte är nog effektiv. Dessa mätningar kan sedan jämföras med ny mer effektiv utrustning för att få en bättre förståelse om var det går att effektivisera. Viktigt att tänka på är att driftkostnaden oftast står för en mycket större kostnad än vad själva inköpet gör.

När dessa första kontroller av företaget är gjorda bör även en så kallad nattvandring genomföras. Det innebär att man går runt på företaget en kväll eller helg då inget arbete utförs. Detta för att enkelt kunna uppmärksamma den onödiga förbrukningen på företaget. saker som bör kollas upp under en nattvandring är:

- Om belysning är tänd
- Om ventilationen används i onödan
- Om kompressorer är igång (ex. tryckluft, kylkompressorer)
- Om motorer körs eller står i tomgångs/stand by-läge
- Om pumpar eller fläktar är på eller i stand by-läge
- Vilken temperatur som hålls i lokalen
- Om datorer eller annan utrustning står på eller i stand by-läge
- Om dörrar, fönster och portar är stängda

För att få bättre vetskap om tomgångsförbrukningen bör i första hand mätningar utföras på all utrustning, eller i alla fall de som anses ha störst tomgångsförbrukning. För att få information om hur mätningarna ska gå till kan vidare läsning ske i kapitlet ”Hur mäter man?”. Önskas sedan kompletterande uppgifter kan en förfrågan skickas till energileverantören för att få förbrukningssiffrorna under en dag då produktionen står stilla, exempelvis julafton eller midsommarafton.

Nu när energiförbrukningen är kartlagd gäller det att värdera de energieffektiviserande åtgärderna. Var kan mest energi sparas till lägst investeringskostnad? Det direkta svaret på den frågan är: Hos den/de energiförbrukare som inte används kan energi sparas genom att stänga av



den. Görs det manuellt kostar det inget, men med tidsstyrning eller mer avancerad automation blir återbetalningstiden lite längre.

I resterande del av denna guide kommer det ges en del exempel på åtgärder som kan utföras för att energieffektivisera på ett företag. Några av dem är nästintill kostnadsfria medan andra har en lite längre återbetalningstid. Förhoppningsvis finns det någon eller helst några åtgärder som kan hjälpa Ert företag att bli mer energieffektivt.

## Personalen

En viktig sak som inte får glömmas bort när ett företag ska energieffektivisera är att informera och engagera personalen. I en energikartlägningsrapport påstås det att enbart en engagerad personal kan leda till en 20-procentig reduktion av den totala energianvändningen. [Palo, Andersson 2007]

Personalens förståelse för vad förändringarna innebär ökas genom att ständigt visa dem resultat på de åtgärder som utförts. Ett alternativ är att sätta upp en eller flera displayer som kontinuerligt visar hur mycket energi som förbrukas. För att få en förståelse för hur mycket som sparas kan förbrukningen jämföras med samma tidpunkt då inte energieffektiviseringen hade påbörjats. Dessutom måste de som arbetar vid den nya effektivare utrustningen informeras väl för att den ska förbli mer effektiv än den förra.

För att få personalen mer engagerad kan de uppmanas att lämna in förslag på energieffektiviserande åtgärder. Tas något förslag i bruk kan eventuellt personen som gav förslaget premieras. Förslagsvis kan dessutom personalen engageras genom en energibesparingstävling, där företaget delas upp i olika sektioner och vinnarna erhåller en bonus.

En av de viktigaste sakerna som all personal på ett företag måste komma ihåg är att energieffektivisering inte är en engångsföreteelse. Det kommer alltid att komma ut produkter som är mer energieffektiva. Därför bör produktmarknaden ofta undersökas för att se om det finns något nytt som kan vara användbart. Framförallt måste företagets egna utrustning och effektiviseringsåtgärder kontinuerligt kontrolleras. Är verkningsgraden tillräcklig? Är allt optimalt inställt? Är någonting uttjänt?

Kom därför ihåg att energieffektivisering är ett kontinuerligt arbete som aldrig tar slut. Låt det vara ett ledord för företaget!

## Belysning

Något som företagen oftast inte tänker på är att belysningen i deras lokaler står för cirka 30 procent av elkonsumtionen. Enligt Energimyndighetens häfte, *Modern belysningsteknik*, kan modern teknologi dock reducera energianvändningen i äldre anläggningar med 50 procent eller mer. Dessutom står det att installation av närvarostyrning i flera fall kan sänka förbrukningen med mellan 20 och 80 procent. I bilaga Ia visas ett exempel där en investering av modern teknik bidrar till en 30 procentig minskning av energiförbrukning, samt en avsevärt minskad underhållskostnad.

**Modern teknik kan minska energianvändningen med 50% eller mer**

För att beräkna belysningens energianvändning multipliceras den installerade effekten med drifttiden. Den installerade effekten fås genom att addera all effekt på alla lamporna i lokalen. Dessutom måste även hänsyn tas till effektförlusterna. I lysrör och andra så kallade urladdningslampor medför driftdonet en förlust på ungefär 25 procent, medan det för elektriska driftdon, HF-don, medför en förlust på 10 procent.

### Elkostnad vid drift

$$\text{Lysrör: } 1,25 \times \text{installerad effekt} \times \text{drifttid} \times \text{energipris} = \text{elkostnad} \quad (1)$$

$$\text{HF-don: } 1,10 \times \text{installerad effekt} \times \text{drifttid} \times \text{energipris} = \text{elkostnad} \quad (2)$$

Utöver denna kostnad tillkommer även en underhållskostnad på 25 procent.

Energibesparing inom området belysning handlar i stort sett om att ha det tätt så lite som möjligt. Enklaste och billigaste sättet att spara energi är alltid släcka områden där det inte vistas någon. Utöver detta sätt finns det ett otal metoder att spara ner på belysningen. Vidare kommer det att presenteras både enkla och mer avancerade åtgärder med såväl korta som långa återbetalningsperioder.

### **Se över armaturernas placering**

Att se över placeringarna av armaturerna i lokalen är bra på många sätt. Trasiga eller uttjänta lampor uppmärksammas, det läggs märke till dåligt placerade armaturer, men framförallt kan genomgången ge upphov till idéer för effektivare användning av belysningen. Kanske kan armaturerna minskas i antal genom att sänka ner dem ifrån taket eller genom att ta bort dem som sitter gömda bakom annan utrustning. Minskning av antalet armaturer ger en positiv påverkan på energianvändningen och på så vis även på CO<sub>2</sub>-utsläppen.

Att fundera på är även om det verkligen krävs den allmänbelysning som finns i lokalen idag. På vissa platser kanske den allmänna belysningen kan minskas och istället kan punktbelysning införas. För att uppnå samma ljusstyrka på den specifika platsen kräver nämligen inte punktbelysning lika mycket effekt som en högt sittande allmänbelysning.

### **Dela upp lokalen**

Att dela upp stora lokaler i sektioner kan vara en bra början för att energieffektivisera belysningen. På detta sätt slipper hela lokalen tändas när endast en liten del av den används. Delas en 1000 m<sup>2</sup> stor lokal upp i fyra lika stora sektioner och tre av dem får stå släckta halva dygnet tjänar företaget över 40 000 kr om året. Det medför även att CO<sub>2</sub>-utsläppen minskar med 82 ton per år. Med en större lokal eller högre elpris ökar vinsten. Någon som även ska tas hänsyn till är livslängden på belysningen. När vissa delar av den är tänd en kortare tid kommer det att innebära att tidsintervallet mellan reparationer och lampbyten kommer att bli längre, vilket innebär att kostnaderna för detta minskas per år.

### **Tidsstyrning**

En enkel metod att reglera belysningen mellan av och på är genom att koppla in timers. Dessa kan vara effektiva att använda då närvaron i lokalen mestadels är densamma. Detta gör att de inte behövs justeras in mer än en eller ett par gånger innan de fungerar optimalt. Metoden kan med fördel tillämpas tillsammans med den tidigare nämnda åtgärden, vilket innebär att olika timrar sätts till olika sektioner i lokalen. Fördelen med denna metod är att belysningen inte glöms på i onödan. Besvärligheter kan dock uppstå om övertidsarbete krävs. Därför bör manuella strömbrytare finnas tillgängliga. Dessa kan dessutom vara tidsstyrda, vilket innebär att belysningen släcks en viss tid efter att den tänts. Alternativt kan även ett intelligent styrsystem installeras för att reglera tidsstyrningen vid övertidsarbete. Besparingen blir densamma som fallet ovan, fast med en större sannolikhet eftersom belysningen aldrig kommer att glömmas på.

### **Närvarostyrning**

Som tidigare nämnts kan närvarostyrning innebära en minskning av energianvändningen med mellan 20 och 80 procent, beroende på hur mycket lokalen används. Självklart sparas det mer energi i en lokal som sällan används jämfört med en där personalen ofta vistas. Är en lokal tänd 24 timmar varje dag, men endast används 12 timmar, finns det en besparingsmöjlighet på 50 procent med hjälp av närvarostyrning. I bilaga Ia presenteras ett exempel där närvarostyrning kortade ner antalet belysningstimmar med 30 procent i veckan.



Figur 3, bild på ett tidur från Schneider Electric. Med tiduret kan ett omprogrammerbart veckoprogram skapas.



Figur 4, bild på Schneider Electric's tidur för IP44 montage.



Figur 5, bild på Schneider Electric's takmonterade närvarodetektor Argus 360. Bevakar ett område på 360 grader.

Att använda närvarostyrning för att reglera belysningen i en lokal kan ske på olika vis. Antingen genom detektorer som känner av värmestrålningsförändringar, genom akustisk detektering eller genom att helt enkelt tända vid rörelse. Detta är ett effektivt sätt att slippa tända lampor i onödan. Viktigt är dock att informera personalen var belysningen är och inte är närvarostyrd. Annars kanske icke närvarostyrda utrymmen aldrig släcks i tron om att området ska släckas av sig självt.



Detektering genom värmestrålningsförändringar är bra att använda i lokaler där det inte finns ständiga temperaturskillnader, till exempel på grund av smältugnar eller maskiner som blir varma. Rörelsedetektorer används med fördel inte i utrymmen där maskiner står och vibrerar eller rör sig på annat vis. Den akustiska detektorn känner av lågfrekventa ljud, från dörrar som öppnas, och högfrekventa ljud, det mänskliga talets s-ljud, vilket gör att den inte bör finnas i utrymmen som kontinuerligt har dessa ljud.

**Närvarostyrning kan minska energianvändningen med upp till 80%**

### Användning av dimrar

Med hjälp av dimrar kan effektstyrkan hos belysningen sänkas och på så vis även energikostnaderna. Genom att minska styrkan på belysningen, istället för att stänga av den helt, så slits inte glimtändarna ut lika fort och utbytet eller reparationen av armaturer eller lysrör behöver inte ske lika ofta. Detta ger alltså en minskad kostnad för färre inköp av lysrör och för färre utbetalningar till dem som ska byta eller reparera belysningen.



Figur 7, bild på en dimmer från Schneider Electric.

Med nivåstyrning i sam användning med närvarostyrning finns det en potential att reducera energikostnaderna. Vid detekterad närvaro kan belysningen vara tänd på 80-100 procent av maxeffekten, medan då lokalen är tom kan ljusstyrkan automatiskt vridas ner till 1-3 procent. Har lokalen varit tom en längre tid kan den släckas ner helt för att slippa tomgångskostnader. Detta sliter som sagt mindre på armaturerna och lysrören, då de slipper förvärmas samtidigt som det slipper bli helt mörkt inne i lokalen, vilket ibland kan upplevas obehagligt eller kan vara en säkerhetsrisk om någon till exempel står på en stege och arbetar utanför detektorns område.

Dimrad belysning används även effektivt tillsammans med dagsljussensorer. Sensorerna känner av ljusstyrkan i lokalen och styrmekniken gör sedan att en konstant ljusstyrka hålls i lokalen. Mer om detta i nästföljande avsnitt.

### **Användning av dagsljus**

Enligt OSRAM kan dagsljusreglering spara upp till 60 procent av energiförbrukningen. Systemet kopplas till dimbara ljuskällor så att en konstant ljusstyrka hålls i lokalen. Kommer det in mycket solljus genom fönstren sänks effekten på belysningen i lokalen och tvärtom vid litet ljusinsläpp.

### **Byta till T5-lysrör**

En åtgärd med något längre återbetalningstid är att byta ut gamla lysrör mot nya mer energieffektiva T5-lysrör. För att möjliggöra detta byte krävs det antingen att nya HF-don monteras eller att en konverteringssats installeras i de gamla armaturerna. Viktigt att tänka på är dock att CE-märkningen upphör att gälla på den ursprungliga armaturen när konverteringssatsen är monterad.

Fördelarna med T5-lysrör är bland annat att de är energieffektiva, har lågt kvicksilverinnehåll, ljuset är flimmerfritt samt att livslängden för dem är längre än konventionella lysrör. En fördel med HF-don är dessutom att don-förlusten endast ligger på 10 procent, jämfört med 25 procent för ett traditionellt don. För att spara än mer energi bör även T5-lysrören kopplas med ovanstående tekniker, som närvarostyrning och dimmerstyrning.

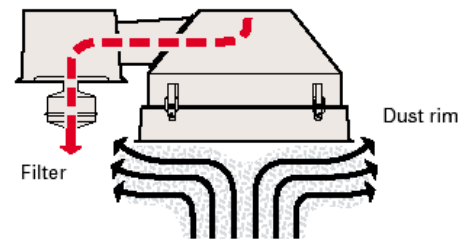
Ett byte från äldre T8-lysrör med drossel till nya högfrekventa armaturer med T5-lysrör gjordes i en verkstadslokal på 3750 m<sup>2</sup>. Detta medförde en reduktion av den totala installerade effekten från 56 kW till 27 kW, men trots detta är belysningen lika god. Investeringen medförde en halvering av elkostnaderna samt att underhållskostnaderna minskade från 45 000 kr per år till 19 000 kr per år. Investeringen kostade 51 000 kr och hade en återbetalningstid på cirka ett år. Noggrannare uträkningar hittas i bilaga Ib.

### **Ljuskällor med filter**

Ofta installeras en högre belysningseffekt än vad som behövs. Anledningen till detta är för att ljusstyrkan ska vara bra nog trots att det kommit smuts på reflektorerna eller på frontglaset. Denna överdimensionering kan dock undvikas med hjälp av I-Valo Oy:s teknik för industriarmaturer. Deras armaturer använder nämligen en patenterad filterteknik som gör att dammet inte fastnar på eller i armaturen.

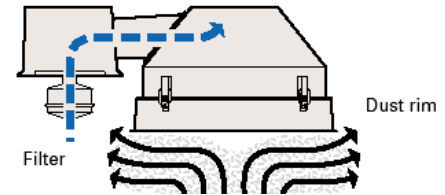
När lampan är påslagen värms luften inuti armaturen, vilket medför att den varma luften strömmar ut genom filtret som torkas och rengörs på samma

gång. När lampan är avstängd strömmar istället den smutsiga luften genom filtret och in i armaturen. Detta gör att smutsen fastnar i filtret istället för på reflektorerna. Vid båda tillfällena gör luftkudden under glaset att smutsen och dammpartiklarna leds bort från frontglaset.



Figur 8, en bild på hur dammet transporteras bort när lampan är påslagen.

Tekniken medför därmed besparingar på grund av att armaturerna inte behöver rengöras lika ofta och för att belysningen inte behöver överdimensioneras. Att belysningen inte behöver överdimensioneras innebär således att den installerade effekten blir lägre, vilket i sin tur medför att energianvändningen minskar.



Figur 9, bild på hur smutsen transporteras bort när lampan är avstängd.

### Kombinera styrningen

När styranordningar ändå används för att reglera belysningen bör de även samköras med exempelvis allmänventilationen. Detta gör att företaget blir mer energieffektivt, men framförallt minskas återbetalningstiden för styranordningen avsevärt. Mer om detta i avsnittet om ventilation.

### Ny teknik

Eftersom Australien och EU snart kommer att förbjuda traditionella glödlampor forskas det mycket inom detta område. Få har dock intresserat sig för alternativ lysrörsteknik. Ett svenskt företag har dock engagerat sig och tagit fram energisnåla diodlysrör. De nya diodlysrören kan ersätta befintliga lysrör utan att armaturen behöver bytas eller att några omkopplingar behöver ske. Armaturer med skruvsockel är det enda undantaget. Nackdelen med lysrören är att de kostar något mer än lågenergilampor, men istället håller de mycket längre. Den beräknade livslängden är på 100 000 timmar. Andra fördelar med diodlysrören är att de är kvicksilverfria, vilket är bra för miljön, samt att de nästan inte alstrar någon värme. Det går till och med att ta på dem utan att bränna sig. Återbetalningstiden för nödbelysningen sägs vara 1,7 år och efter det görs en vinst i ungefär tio år. År 2008 kommer första leveransen att ske.

Nästa steg i utvecklingen är så kallade nanodiodlysrör. Dessa kommer att ge ännu bättre luxvärden än diodlysrören, som har likvärdiga luxvärden som traditionella lysrör. Dessa lysrör utvecklar TD Light Sweden AB tillsammans med Lundaföretaget Qunano. Nanoteknologin gör det möjligt för dem att trycka in flera tusentals lysdioder på ett kiselchip. Detta ger samma mängd ljus som en glödlampa fast med en tiondel så liten strömåtgång. De första prototyperna ska gå ut till kund redan i år, 2008.

## Ventilation

Många gånger är dagens ventilationssystem överdimensionerade, vilket gör att det finns en stor potential att energieffektivisera just inom detta område. Genom att behovsstyra ventilationen går det att minska användningen avsevärt. Enligt Energimyndighetens häfte, *Krav på fläktar*, innebär en 20 procentig reducering av luftflödet, med hjälp av varvtalsreglering, att eleffektbehovet halveras. Minskas det dock 50 procent bidrar det till en eleffektreducering på cirka 80 procent. I figur 13 under avsnittet fläktar visas detta mer lättöverskådligt. Onödigt ventilation drar dessutom med sig behövd värme/kyla och därmed påverkas företagets kostnader på två sätt, både genom onödiga ventilationskostnader och genom onödiga uppvärmnings- eller nedkylningskostnader.

Viktigt att tänka på när olika ventilationssystem installeras är deras inverkan på varandra. Ibland kan nämligen olika ventilationsprinciper motverka varandra och på så vis öka energianvändningen i onödan.

### Reglering

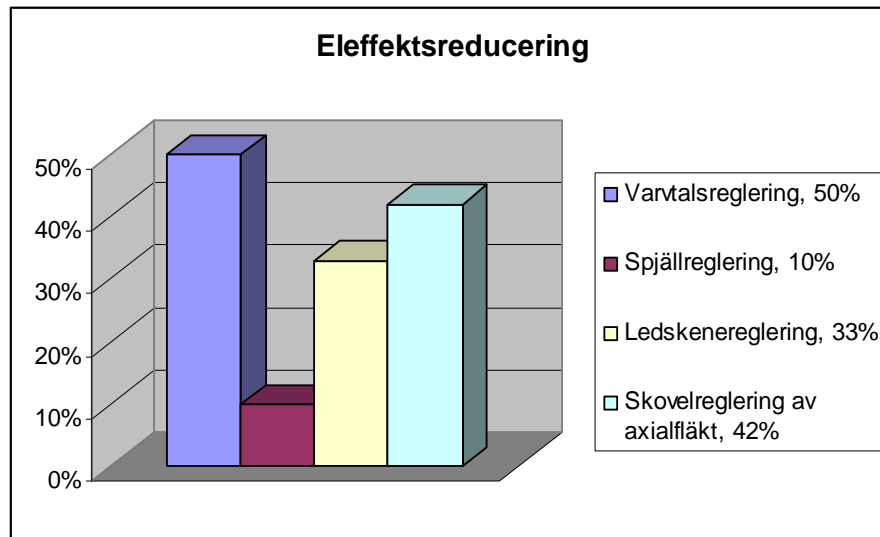
Att reglera framförallt allmänventilationen kan ske på olika sätt. Fyra exempel på reglering är varvtalsreglering, spjällreglering, ledskenereglering samt skovelvinkelreglering av axialfläktar. I figur 10 nedan visas hur mycket en 20 procentig minskning av luftflödet ger eleffektmässigt.

För mer utförlig läsning om olika regleringsmetoder hänvisas till avsnittet om fläktar. Under rubriken start/stop-reglering ges det även ett verkligt exempel på hur enkelt ett företag kan spara 100 000 kr per år genom att reglera sin ventilation med tre tider.

### Processventilering

Processventilering ska skiljas från allmänventilering, men kan ibland behövas för att minska behovet av allmänventilation i lokaler med föroreningar. Processventilering är nämligen en sorts ventilering som endast ska ske punktvis och helst inga längre tider. Därför är det en god idé att installera timers för att stänga av ventilationen en viss tid efter användningen samt när arbetsdagen är slut. Denna ventilationstyp drar inte endast energi utan suger även med sig varmluft, vilket följande exempel påvisar.

I en verkstadsbyggnad infördes det timers för sammanlagt 90 000 kr på 20 stycken aggregat. Detta minskade energiförbrukningen med 280 MWh per år, vilket innebar en reducering av elkostnaderna med 120 000 kr per år och minskat utsläpp av CO<sub>2</sub> med 280 ton per år. En sidoeffekt var även att



Figur 10, visar eleffektsreduceringen hos fyra olika reglervarianter då luftflödet minskats med 20 procent.

fjärrvärmeförbrukningen sänktes med 350 MWh per år, detta på grund av att behövlig värme inte längre drogs med ventilationen ut i onödan. Alltså gjordes en ytterligare besparing på 100 000 kr per år. De sammanlagda besparingarna gjorde att investeringen var återbetald på 5 månader. Utförligare beräkningar hittas i bilaga II.

### Styrsystem

För att optimera användningen av allmänventilationen bör den kopplas ihop med belysningens styrssystem, om det finns något. Att koppla samman givarna med både ventilation och belysning ger ingen direkt merkostnad, utan istället ger det bara möjligheter till besparingar.

Styrningen bör vara behovsanpassad för att vara så energieffektiv som möjligt. När personer inte vistas i en lokal eller sektion kan ventilationen gå ner i ett sparläge, alternativt stängas av helt. Detekteras sedan en person av någon givare tänds belysningen och ventilationen går automatiskt in i komfortläge. En ytterligare givare som kan installeras för att öka komforten är sensorer som känner av koldioxidhalten i luften. Detta gör att luften alltid är tillräckligt syresatt och att ventilationsflödet anpassas efter antalet syreförbrukare som finns i lokalen.

Ett annat system som allmänventilationen kan kopplas ihop med är säkerhetssystemet. När larmet inte är på kan ändå fönster- och dörmagneter nyttjas. De kan till exempel indikera när ett fönster eller en dörr står öppen. Då vet ventilationens styrssystem det och ventilationen slipper därmed gå för fullt i onödan.



## **Värmeåtervinning**

Ur energisynpunkt är det förstås bra om värmen i den förorenade ventilationsluften går att återvinna. Detta är möjligt med hjälp av olika typer av värmeväxlare och även genom en frånluftsvärmepump. Ett krav för att återvinningen ska fungera med hjälp av värmeväxlare är dock att både till- och frånluft är styrd. Detta system kallas FTX-system, vilket står för frånluft (F), tilluft (T) och värmeväxlare (X). Viktigt att tänka på är även att filtren är rätt anpassade. Detta för att värmeväxlarytorna inte ska få beläggningar, vilket medför försämrad genomströmningsmöjlighet och därmed minskad värmeåtervinningskapacitet.

Idag finns det värmeväxlare med verkningsgrad på omkring 90 procent. Värmeväxlaren behöver inte bara värma upp tilluften i lokalerna utan kan även användas för att värma vatten, exempelvis tappvatten eller vatten till radiatorerna.

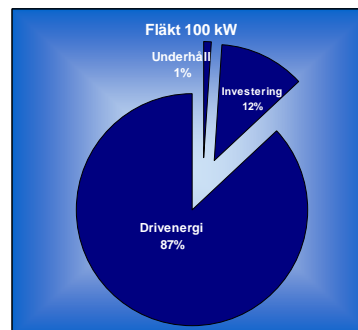
Frånluftsvärmepumpar är den enklaste och billigaste sortens värmepump. Principen är densamma som FTX-system, nämligen att värmen som ventileras ut från lokalerna återanvänds till värmesystemet. Även denna metod kan användas för att värma tilluft och vatten.

Genom att återvinna den varma frånluften finns det inte bara möjligheter att värma företagets egna lokaler. Skulle det återvinnas mer än vad som förbrukas finns det även möjligheten att sälja värmeenergin till något närliggande energibolag. Försäljningspriset bör åtminstone vara i närheten av biobränslepriset, vilket innebär ungefär 150 kr per MWh.

Något som normalt sett är att föredra är värmeåtervinning i torkanläggningar, exempelvis kammartorkar, vilket gör att deras effektivitet och verkningsgrad för torkprocessen ökar betydligt.

## Fläktar

I Sverige använder enligt Energimyndighetens häfte, *Krav på fläktar*, industrin ungefär 7 TWh el årligen för att driva olika sorters fläktmotorer. Fläktar kan användas i flera olika syften, som exempelvis ventilation, kylning av anläggning eller borttransportering av processgaser. Den största kostnaden för en fläkt är inte investeringskostnaden utan energikostnaden för driften. Därför ska detta avsnitt beskriva olika sätt att reglera fläktar. I bilaga III finns även räkneexempel som jämför olika fläktingeringar.



Figur 11, kostnadsfördelningarna för en 100 kW-fläkt under en 10-årig livscykel.

### Radialfläkt

Radialfläktar kallas även centrifugalfläktar därför att den utnyttjar centrifugalkraften för att skapa tryck- och hastighetsförändringar. Fläktens konstruktion är att den har ett hjul som roterar i en snäckformad kapsel. Luftflödet kommer in i fläkten axiellt och med hjälp av centrifugalkraften strömmar den sedan ut radiellt. För att reglera flödet kan varvtalsreglering, spjällreglering eller ledskenereglering tillämpas. Dessa metoder förklaras mer nedan.

### Varvtalsreglering

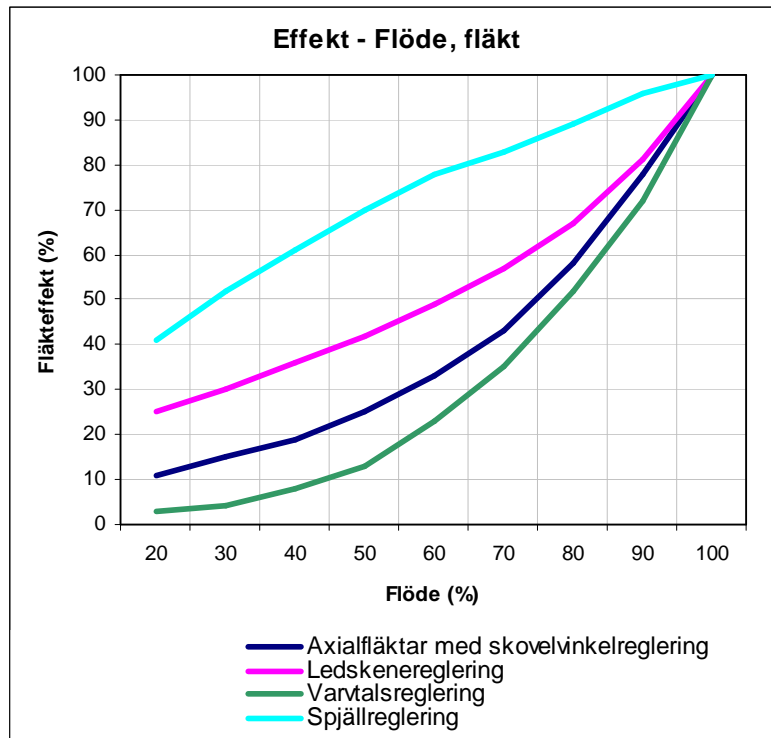
Att hela tiden varvtalsreglera luftflödet efter det specifika behovet är det mest energieffektiva tillvägagångssättet att styra en fläkt. För att åstadkomma detta kan olika givare känna av den specifika reglerparametern och ge en styrsignal till en elektrisk frekvensomriktare. Viktigt att ha i åtanke är konsekvenserna av nätstörningarna som frekvensomriktaren kan orsaka. Dessa nätstörningar uppstår på grund av bristande EMC – elektromagnetisk kompatibilitet, men kan dock filtreras bort med hjälp av EMC-filter. Därför är till exempel Schneider Electric's industripassade frekvensomvandlare standardutrustade med EMC-filter som klarar klass A, vilket innebär att de emitterar väldigt lite ledningsbunden och strålad störning.



Figur 12, bild på Schneider Electric's frekvensomvandlare Altivar 21. Produkten är särskilt lämpad för fläktar för 230V 3-fas och 400V 3-fas upp till 75Kw.

**Investering, frekvensomvandlare: 192 kkr**  
**Besparing: 163 kkr/år**  
**Minskat utsläpp: 412 ton koldioxid/år**  
**Återbetalningstid: 14 månader**    *Se bilaga III*

I bilaga III jämförs en varvtalsreglerad fläkt med en ledskenereglerad. Här visas det att företaget sparar 162 800 kr om året, vid ett elpris på 0,4 kr/kWh, genom



Figur 13, visar det relativa effektbehovet för fläktar som regleras med hjälp av olika metoder.

att investera i en frekvensomriktare för 192 000 kr. Den raka återbetalningstiden blir då 14 månader och med en kalkylränta på 5 procent blir återbetalningstiden 15 månader, vilket är en kort och lönsam återbetalningstid. Dessutom bidrar det till en reducering av CO<sub>2</sub>-utsläppen med 412 ton per år.

Figur 13 visar hur mycket effektbehovet minskar hos en fläkt när flödet genom den reduceras. Den gröna kurvan visar hur effektivt det är att varvtalsreglera en fläkt, exempelvis gör en 20 procentig reduktion av flödet att effektbehovet halveras och dessutom medför en halvering av flödet att fläktteffekten reduceras med 80 procent.

### Spjällreglering

Den enklaste och billigaste metoden att installera för att reglera ett fläktsystem är stryp- eller spjällreglering. Dock är denna metod energimässigt en av de sämre och kan under en längre tid visa sig vara allt för kostsam. Regleringsmetoden innebär att fläkten går för fullt och att endast motståndet i kanalen varierar för att minska eller öka flödet.

### Ledskenerreglering

Ledskenerreglering innebär att flödet styrs med hjälp av ställbara ledskenor som placeras i fläktinloppet. Dessa skenor gör så att luftflödet roterar i

samma riktning som fläkthjulet, vilket i sin tur gör så att volymflödet minskar. Fördelen gentemot spjällreglering är att denna metod ger mindre förluster, trots att ledskenereglering orsakar en viss strypning av luftflödet.

### **Axialfläkt**

Axialfläktar, vilka även benämns som propellerfläktar, använder skovlar som sitter i radiell riktning på en roterande axel. Konstruktionen består av ett hjul som roterar i en cylindrisk kapsel, där luftflödet sedan försar igenom fläkten axiellt. Denna sortens fläkt utvecklar mindre effekt än radialfläktar, men är bra för att förflytta stora luftvolymmer mot låg resistans. För att reglera axialfläktar kan skovelvinkelreglering användas, vilket beskrivs här efter.

### **Axialfläktar med skovelreglering**

Genom att reglera skovelvinkeln i en axialfläkt kan luftflödet ifrån fläkten varieras med en hög verkningsgrad. För att reglera skovelvinkeln finns det två metoder:

- Att skovlarna endast regleras när fläkten är stillastående. Denna metod går även att kombinera med varvtalsreglering.
- Att skovlarna kan regleras under drift. Denna metod bör dock ej regleras med varvtalsstyrning.

Då installationskostnaderna är höga för skovelreglering bör den endast användas vid stora volymflöden, ungefär 10-15m<sup>3</sup>/s.

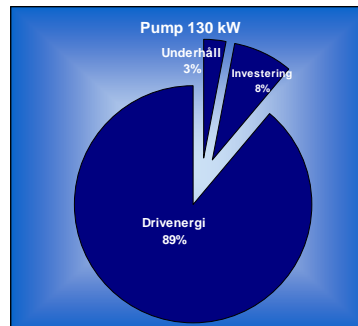
### **Start/stopp-reglering**

Genom att använda start/stopp-reglering kan fläktens luftflöde enkelt varieras. Det innebär med andra ord att fläkten antingen går för fullt eller står stilla. Manövreringen kan ske manuellt eller till exempel genom att installera en timer som slår från fläkten vid en specifik tidpunkt eller efter en viss tid. Besparingen blir därmed den tid som fläkten står stilla.

Tre fläktar som styrde ventilationen i en produktionsanläggning kördes dygnet runt alla dagar. För att begränsa fläktarnas drifttid investerades det i tre tidur för 20 000 kr, inklusive installation. Verksamheten bedrivs i tvåskift under måndag till fredag, och tiduren optimerades därefter. Investeringen innebär att driften av fläktarna har minskat med 180 MWh per år, vilket då motsvarade 54 000 kr per år. I dagsläget hade dock investeringen medfört en större besparing eftersom dagens elpris är högre än de 0,3 kr/kWh som företaget hade år 2001. Dessutom har lokalens värmeförluster sänkts med 166 MWh per år, vilket innebär ungefär 45 000 kr per år. Sammantaget ger det en besparing på cirka 100 000 kr per år och en minskning av CO<sub>2</sub>-utsläpp med minst 180 ton per år, beroende på vilken metod som används för att värma lokalerna. De tre tidurens raka återbetalningstid blir ungefär 2 månader.

## Pumpar

Varje industriföretag i Sverige använder sig av pumpar, till exempel för avloppspumpning eller kylning av utrustning. Pumpdriften i svensk industri ligger enligt Energimyndighetens häfte, *Krav på pumpar*, årligen på ungefär 10TWh, vilket är cirka 18 % av den el industrin använder. Högsta kostnaden för en pump är varken investerings- eller underhållskostnaden, utan är istället energikostnaden för att driva den. På grund av detta kommer följande del beskriva olika sätt att reglera pumpar. I bilaga IV finns även räkneexempel som jämför olika pumpregleringar.



Figur 14, kostnadsfördelningarna för en 130 kW-pump under en 10-årig livscykel.

### Varvtalsreglering

Med hjälp av varvtalsreglering kan pumpen styras så att det önskade flödet uppnås precis. Denna regleringsmetod är den som ger minst energiförluster, dessutom innebär lägre varvtal att underhållskostnaderna minskar för pumpsystemet. Dock finns det en del saker som måste beaktas. Minskas varvtalet ändras flödet i pumpen proportionellt mot

varvtalet, tryckhöjden med varvtalet i kvadrat och effektbehovet med varvtalet i kubik. Detta gäller dock endast i cirkulationssystem, alltså system utan statisk höjd. Två andra saker som måste tas hänsyn till är hur mycket energiförluster som uppstår i varvtalreglerutrustningen samt att frekvensomriktaren kan orsaka nätstörningar. Nätstörningarna uppstår som tidigare nämnts på grund av bristande EMC – elektromagnetisk kompatibilitet. För att undvika dessa nätstörningar används därför EMC-filter. I Schneider Electric's sortiment av industrianpassade frekvensomvandlare är EMC-filter av klass A med som standard. Klass A innebär att de emitterar väldigt lite ledningsbunden och strålad störning.

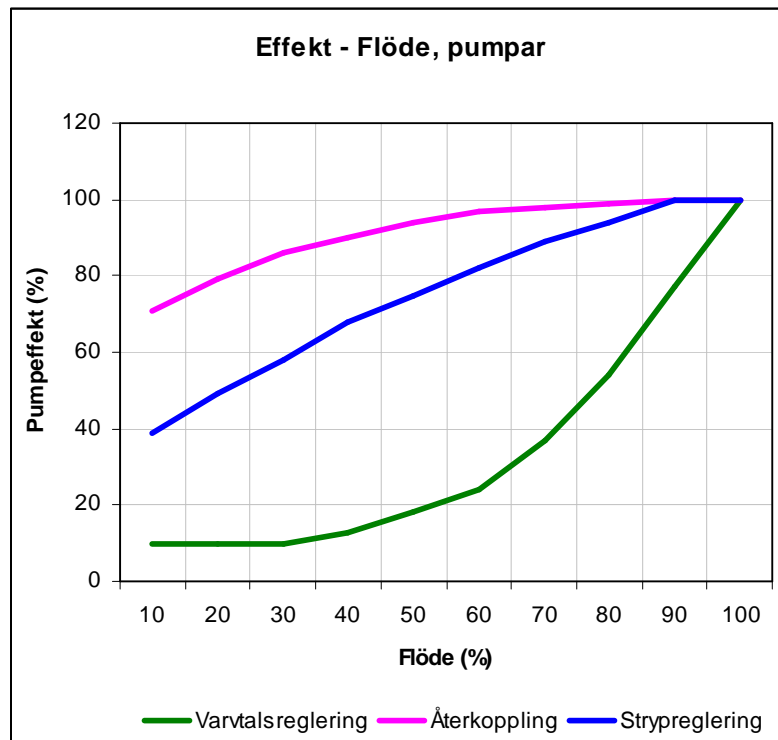


Figur 15, bild på Schneider Electric's frekvensomvandlare Altivar 61. Produkten är anpassad för pumpar och fläktar mellan 0,37 och 800 kW samt nätspänningar 230V, 380/480V och 500/690VAC.

I bilaga IV jämförs energianvändningen hos en 130 kW-pump om den styrs med varvtalsreglering eller om den styrs med strypreglering. Resultatet blir att vid en investering i en frekvensomriktare på 120 000 kr, och ett elpris på 0,4 kr/kWh, kommer de årliga energikostnaderna reduceras med över 86 000 kr. Detta innebär att den raka återbetalningstiden blir 14 månader, med kalkylränta på 5 procent inräknad blir

återbetalningstiden 15 månader. Bägge dessa återbetalningstider är korta och lönsamma. Dessutom minskar CO<sub>2</sub>-utsläppen med 224 ton per år.

Figur 16 visar hur mycket effektivare en varvtalsreglerad pump är jämfört med en strypreglerad eller en som bara använder återkoppling. Något som också bör observeras är hur mycket effektbehovet minskar när flödet minskas med hjälp av varvtalsreglering. Till exempel visar figuren att en 20 procentig reducering av flödet halverar effektbehovet, och att en halvering av flödet genererar i en 80 procentig minskning av pumpeffekten.



Figur 16, visar effektbehovet hos pumpar som regleras på olika sätt.

### **Strypreglering**

För att variera volymflödet i ett pumpsystem som drivs av en motor med konstant varvtal kan en reglerventil användas. Flödet minskas genom att strypa pumpens utlopp, vilket i sin tur gör att pumpen jobbar på lägre kapacitet. Effektbehovet minskar då, men istället produceras värme. Detta gör att energiförlusterna kan bli nästan ekvivalenta med den energi som behövs för att uppnå önskat volymflöde. Metoden är enkel men ger som sagt energiförluster.

### **Start/stopp-reglering**

Ett enkelt sätt att reglera en pumps volymflöde är genom att tillämpa start/stopp-reglering, vilket innebär att pumpen antingen går för fullt eller

så står den stilla. Detta kan ske manuellt eller exempelvis genom att införa en timer som stänger av pumpen efter en viss tid eller vid vissa tidpunkter. Besparingen blir helt enkelt den tid som pumpen står stilla.

## Maskiner/elmotorer

Enligt Energimyndigheten står elmotorer för 60-70 procent av elenergianvändningen inom svensk industri. Detta medför att möjligheterna till att effektivisera är mer än goda. Det viktigaste är att ha rätt motor till den specifika kapaciteten som krävs. Förutom detta är det även av stor vikt att motorn är energieffektiv.

### Eff1

Är motorn eff1-klassad innebär det att den tillhör den högsta energieffektivitetsklassen. För övrigt finns det även klasserna eff2 och eff3. Denna klassificering gäller för tillfället 2- och 4-poliga 3 fas asynkronmotorer, 50 Hz, 400V med en nominell effekt på mellan 1 och 90 kW. Sättet att klassa elmotorerna har tagits fram av EU och branschorganisationen CEMEP. Dessa har även gjort en databas med energieffektiva elmotorer och deras tillverkare, EuroDEEM<sup>1</sup>.

### Dimensionera korrekt

Många gånger kan det löna sig att mäta vilken eleffekt som egentligen behövs och jämföra den med den installerade effekten. På ett sovringverk i Kiruna genomfördes mätningar av eleffekten under drift. Den installerade effekten var 900 kW och bestod av två motorer á 450 kW, medan effektuttaget endast var 370 kW. Detta gjorde att de kunde montera ner en av de två motorerna med dess tillhörande växellåda. Samma sak utfördes även på sju andra ställen, vilket resulterade i en årlig besparing på 1 000 000 kr samt en minskad reaktiv effekt. Återbetalningen för mätningarna och demonteringen blev ungefär 0,3 år.

### Styreglering

Styreglering var tidigare en mycket vanlig metod för att reglera pumpar och fläktar. Regleringen innebär att motorn arbetar konstant med en hög effekt och att flödet sedan stryps ner till önskad effekt. Detta medför direkta effektförluster, som i sin tur leder till energiförluster. En enkel regleringsvariant som kostar i längden. I bilaga IV jämförs en styreglerad pumppmotor med en som varvtalsregleras genom frekvensomformning.

---

<sup>1</sup> <http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/eurodeem/index.htm>

## Varvtalsreglering

Genom att variera en elmotors varvtal efter dess behov kan mycket elenergi besparas. Varvtalsregleringen kan ske på olika vis, bland annat genom tvåhastighetsmotorer, spänningsreglering och frekvensomformning.

Att variera varvtalet med en tvåhastighetsmotor innebär att en motor har möjligheten att omkopplas mellan två olika drivhastigheter. Detta kallas även för polomkoppling och finns i ett antal olika varvtalsförhållanden. Kostnaden för en tvåhastighetsmotor är något större än för en enhastighetsmotor, men den minskade elförbrukningen gör att investeringen betalar tillbaka sig inom en kort period. Dock är verkningsgraden för en tvåhastighetsmotor något lägre.

Spänningsreglering av asynkronmotorer innebär att matningsspänningen varieras. Eftersom momentet för motorn är proportionellt mot matningsspänningen i kvadrat medför en ökning av spänningen en ökning av varvtalet. Tyvärr innebär denna metod förhållandevis stora förluster, vilket gör att spänningsreglering av motorer med en effekt på mer än 10 kW inte är särskilt lämplig. Regleringen alstrar mycket värme i rotorn som därmed kräver någon slags kylning.

I stället för att reglera asynkronmotorer med spänningsreglering kan de regleras genom frekvensomformning. Detta innebär att frekvensen för matningsspänningen varieras. Nackdelen med denna variant är att investeringssumman är något högre än i de andra fallen, då den kräver avancerad elektronisk utrustning. Dock betalar denna investering tillbaka sig genom minskade underhållskostnader samt sänkta energikostnader. Därför anses denna metod

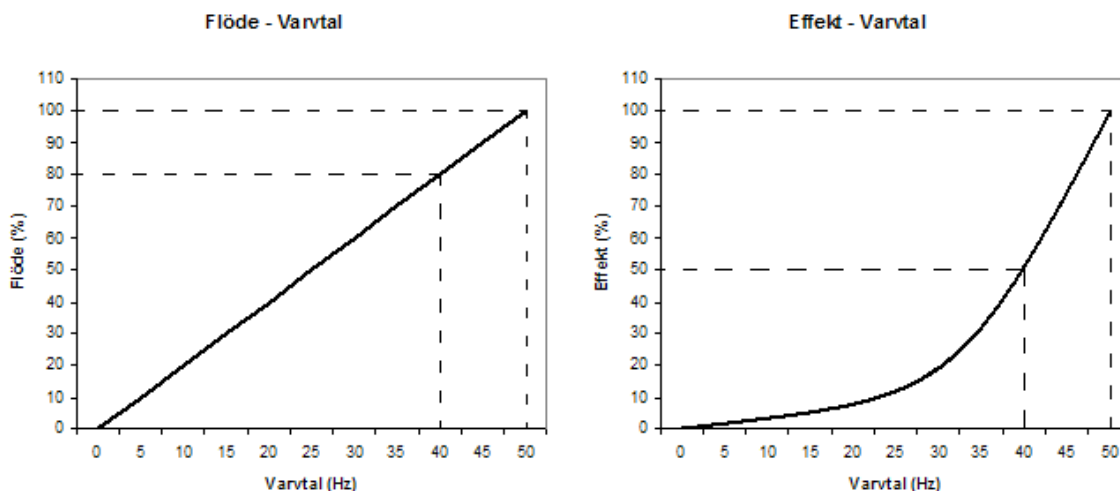
vara den mest gynnsamma regleringsmetoden. Enligt Schneider Electric kan en frekvensomformare reducera elkostnaderna med mellan 15 och 50 procent. Återbetalningstiden för deras frekvensomformare är normalt sett kort och brukar ligga på mellan 9 och 24 månader. Ett exempel på hur fördelaktig frekvensomformning kan vara som regleringsmetod visas i bilaga IV.



Figur 17, bild på Schneider Electrics frekvensomvandlare Altivar 31. Användningsbar för asynkronmotorer mellan 0,18 och 15 kW.



Den utrustning som är mest lönsam att varvtalsreglera är den med kvadratisk moment, exempelvis fläktar och pumpar, där momentbehovet är proportionellt mot strömmen i kvadrat. I figur 18 visas hur mycket effektbehovet förändras, och hur lite flödet reduceras, då varvtalet sänks. Den visar till exempel att en 20 procentig reduktion av varvtalet halverar effektbehovet samtidigt som flödet endast minskar med 20 procent.



Figur 18, visar hur mycket effektbehovet minskar och hur lite flödet påverkas när varvtalet sänks.

Vid användning av frekvensomvandlare bör EMC-filter, enligt tidigare resonemang, användas för att motverka störningar i nätet. Därför är Schneider Electric's industrianpassade frekvensomvandlare utrustade med EMC-filter redan från början.

### Mjukstart/Mjukstopp

Att starta en motor med direktstart sliter hårt på kopplingar, växellådor och lager i den utrustning motorn driver samtidigt som det påfrestar elnätet. Vid direktstart bildas nämligen en hög startström som oftast orsakar en spänningsdipp. Detta gör att motorer oftast inte stängs av trots att de inte används, ett vanligt exempel är transportband.



Figur 19, bild på Schneider Electric serie Altistart 01. Serien är till för mjukstart av asynkromotorer och föreslås till pumpar, fläktanläggningar, kompressorer, mindre transportband och liknande saker.

För att undvika detta slitage och strömspikar bör mjukstart och mjukstopp införas. Apparaten kopplas in vid elmatningen till motorn. När motorn startas drar den så mycket ström den kan. Skulle det vara mer än vad elnätet kan leverera just då sänks spänningen under en viss tid. Vid en mjukstart rampas alltså motorns spänning upp och gör att ström och moment uppför sig på samma sätt. Vid start och stopp av pumpar kan mjukstart och mjukstopp vara effektivt för att undvika snabba

tryckförändringar, som ofta kan leda till skador på ventiler och ledningar.

En utrustning för mjuka start och stopp ökar alltså motorers livslängd och minskar deras underhållskostnader. Dessutom hjälper utrustningen till att hålla nere de höga startströmmarna, vilket gör att mindre säkringar kan användas och på så vis sänks även abonnemangskostnaderna. Ett reningsverk som installerade en mjukstartare fick den återbetald på mindre än ett år på grund av dessa kostnadsminskningar.

### **Axeffektvakt**

Genom att direkt uppmärksamma över- eller underlast kan skador och oplanerade stopp undvikas. Dessa tidiga varningar innebär att fel snabbt kan åtgärdas eller förebyggas, vilket i sin tur leder till ökad driftsäkerhet samt att stora underhållsutgifter kan undvikas.

När ett litet fel sker i processen uppmärksammas detta av axeffektvakten som direkt varnar eller stoppar processen, allt för att undvika skador och slitage. För att räkna ut axeffekten mäts ineffekten hos motorn och från den subtraheras effektförlusten i motorn. Detta värde jämförs sedan med de gränsvärden som användaren ställt in. Ligger värdet utanför det givna området larmas användaren eller stoppas möjligen processen.

Axeffektvakten sparar därmed in på energi genom att hålla en hög verkningsgrad hos motorerna. Samtidigt sänks företagets kostnader för underhåll av motorerna och minskat antal produktionsstopp bidrar till att vinsten inom företaget kan öka.

### **Reaktiv effekt**

För att driva en elmotor krävs det både aktiv och reaktiv effekt. Den reaktiva effekten krävs för att magnetisera motorn. Annars är inte den reaktiva effekten särskilt önskvärd, varken för elbolagen eller för konsumenterna. För konsumenterna kan ett överuttag nämligen leda till straffavgifter. För att slippa dessa överuttag och straffavgifter går det istället att producera egen reaktiv effekt så att industrins behov tillförses. Mer om hur detta kan ske och mer om reaktiv effekt finns under avsnittet faskompensering.

## Värme och kyla

Ett vanligt problem inom området värme och kyla är att det regleras fel. Många gånger värms och kyls en lokal samtidigt. Problemet grundar sig oftast i att ventilationen som ska kyla anläggningen går kontinuerligt året runt, oavsett om det behövs värme eller kyla i lokalen. Detta medför så klart att onödig energi används och därmed släpps koldioxid ut i atmosfären till ingen nytta alls. För övrigt bör det nämnas att värme och kyla till stora delar hör ihop med ventilation, därför bör även det avsnittet läsas.

Två viktiga saker att tänka på är:

- Att sänka värmen då det är för varmt, istället för att kyla mera.
- Att sänka effekten på kylanläggningen då det är för kallt, istället för att öka värmen.

### Sänkt temperatur

Något som alltid nämns när det gäller att spara energi är att rumstemperaturen bör sänkas. Ska detta ske bör den sänkas lite i taget för att personalen långsamt ska vänja sig vid klimatet. Bara genom att sänka temperaturen en grad påverkas årsförbrukningen med ett par procent. Dessutom bör uppvärmningen ställas in efter de arbetstider som råder i lokalen. När det inte jobbar någon i en lokal kan den sänkas med cirka fyra grader. Viktigt att tänka på är dock att stänga dörrarna till de rum eller lokaler som har kallare temperatur. På så vis kyls de inte ner de utrymmen där folk arbetar.

### Yttre påverkan

Tänk på var tilluftsdonen är placerade eller ska placeras. Sitter de uppe på taket eller södersidan värms tilluften upp under dagen och ger därmed ingen sval luft. Placeras de på norrsidan blir tilluften istället sval. Detta kan både vara för- och nackdelar beroende på vad den specifika anläggningen är i behov av.

För att effektivisera nedkylningen av lokalen sommartid, eller vid annat kylbehov, bör den ske under nattetid då luften är svalare ute än inne. Denna åtgärd kan göra att lokalen inte behöver kylas under dagen, förhoppningsvis inte lika mycket i alla fall. Viktigt är i detta fall att värmesystemet inte motverkar nattkylningen.

### Värmeåtervinning

Att återvinna värme istället för att bara släppa ut den i atmosfären kan låta som en självklar sak, men är tyvärr inte alltid det. Genom att ta vara på värmen i olika media kan stora mängder energi ofta sparas. Den varma

Luften i lokalerna kan filtreras och återvinnas genom FTX-system eller frånluftsvärmepumpar, vilket beskrivs mer i avsnittet ventilation. Värt att tänka på är också att det finns möjligheten att sälja spillvärmen. Antingen kan närliggande industrier eller energibolag köpa den gröna värmeenergin.

Självklart bör även vatten återvinnas för att ge värme åt antingen tappvatten eller ventilationen. Detta kan ske genom exempelvis värmeväxling eller med hjälp av en värmepump. Många gånger pumpas vatten runt i ett system för att kyla ner en process. Slutligen pumpas det många gånger ut i havet, i en damm eller något liknande för att sedan pumpas in i kylsystemet igen. Istället bör överskottet av värme återvinnas så gott det går, i exempelvis ett fjärrvärmesystem, innan det pumpas ut i havet. Anledningarna är bland annat att spara energi och att minska uppvärmningen av havsvattnet. Pumpas det ut i en damm kan en värmepump installeras för att använda värmen till att värma tilluften i byggnaden.

I bilaga V visas ett exempel på vad värmeåtervinning kan medföra. Genom att återvinna värmen i vattenbadet genom värmeväxlare sparar företaget 349 MWh per år. Med ett elpris på 0,4 kr/kWh blir det en reduktion av de årliga elkostnaderna på ungefär 140 000 kr. Dessutom bidrar även värmeåtervinningen till ett minskat koldioxidutsläpp på 349 ton per år.

### **Styrsystem**

Anläggningen som ska styra temperaturen i lokalerna bör anslutas till belysningens och allmänventilationens styrsystem. Detta gör att tomma lokaler inte värms upp i onödan och befintliga detektorer används till fullo. Enligt tidigare kan temperaturen sänkas med fyra grader då ingen vistas i lokalen. Dessutom kan värmeanläggningen automatiskt starta en stund innan arbetspersonalen börjar jobba för att uppnå en behaglig temperatur.

Värmeanläggningen kan med fördel även anslutas till säkerhetssystemet. Det gör att när fönster eller dörrar står öppna så detekterar deras respektive magneter detta. Istället för att starta larmet ger det en indikation till värmesystemet, som i sin tur sänker temperaturen och ventilationen. På detta vis släpps ingen onödig värme ut.

Något som även bör tas hänsyn till när det gäller uppvärmning av byggnaden är solens påverkan. Därför bör markiser och jalousier kopplas till ett styrsystem. Behöver lokalen värmas upp kan solen få stråla fritt in genom fönstren och miljövänligt öka temperaturen. Skulle det däremot vara för varmt i lokalen täcks fönstren automatiskt och hindrar därmed

solstrålarna från att värma lokalen. På så vis sparas energi genom att utrymmet slipper kylas ned.

Ett företag som kan tillgodose alla dessa krav på ett intelligent styrsystem är T.A.C. Deras anpassningsbara mjukvarulösningar tillsammans med deras specifika hårdvaruprodukter gör det enkelt att kontrollera, analysera och styra byggnadens dagliga förbrukning. Detta ger en helhetslösning som gör att byggnadens värmesystem, ventilation, belysning, larm etc. samverkar till en energisnål och behaglig innemiljö.

### **Prognosstyrning**

Prognosstyrning är även ett sätt att spara energi. Denna metod ska göra att inomhustemperaturen hålls oförändrad. Varje timme tar systemet hänsyn till byggnadens värmelagringsförmåga samt det rådande ytterklimatet. På så vis ska övertemperaturer i byggnaden undvikas. Metoden tar tillvara solenergi och lokalernas interna värme, samtidigt som den vid blåsig väder kompenserar mot nedkylning.

Enligt SMHI ska tekniken ge en årlig besparing på 10 kr per kvadratmeter, samt en minskad energiförbrukning på upp till 20 kWh per kvadratmeter och år. Det innebär ett minskat CO<sub>2</sub>-utsläpp på 20 kg per kvadratmeter om lokalen har elburen värme. Metoden är inte bara bra ur miljösynpunkt utan gör även klimatet jämnt och behagligt för personalen, oavsett om det är kall eller varmt ute.

**Reglera inomhustemperaturen med hänsyn till vädret utomhus och spara upp till 10kr/kvadratmeter**

I nr 4 av SMHI:s tidskrift *Medvind* berättar en användare av prognossystemet att de tjänade 12 000 kr under oktober månad jämfört med tidigare då de inte hade det. Enligt användaren var återbetalningstiden för installationen av systemet mindre än ett år. En annan fördel han berättar om är att stora delar av servicen sker via Internet, vilket innebär att inga större kostnader behöver läggas på reparationer.

### **Värmeförluster**

I en byggnad försvinner det ut en hel del av den värme som tillförs lokalen. Därför bör hela byggnadens skal ses om. Är tak och väggar tillräckligt isolerade? Behövs det tätas någonstans?

För att beräkna energiförlusterna i byggnaden kan formeln nedan användas:

$$E = U \times A \times G_t \quad (3)$$

$$\text{Kostnad} = E \times \text{Elpris} \quad (4)$$

E = antal Wh per år, [Wh/år]

U = värmegenomgångskoefficient, [W/m<sup>2</sup> °C]

A = materialytans area, [m<sup>2</sup>]

Gt = gradtimmar, [°Ch]

För att beräkna U-värdet hos ett material eller vad det blir tillsammans med ett isolerande material kan dessa formler brukas:

$$U = 1/R_{\text{tot}} \quad (5)$$

$$R_{\text{tot}} = 0,17 + R_{\text{skikt}_1} + R_{\text{skikt}_2} + R_{\text{skikt}_3} + \dots \quad (6)$$

$$R_{\text{skikt}} = \delta/\lambda \quad (7)$$

$\delta$  = tilläggsisoleringens tjocklek, [m]

$\lambda$  = värmekonduktivitet för isoleringen, [W/m °C]

Med hjälp av tilläggsisolering minskar inte bara värmeförlusterna, utan det gör även att kylbehovet under sommaren minskar. Framförallt finns det stora besparingsmöjligheter genom att tilläggsisolera taket i en byggnad. Enligt fysikens lagar stiger värmen upp mot taket och ut genom det om det inte är bra isolerat.

I bilaga VI presenteras ett exempel där ett industritak i Stockholm tilläggsisoleras enligt PAROC:s anvisningar. I tabell 1 nedan visas hur stor energi- och kostnadsbesparing som kan åstadkommas med hjälp av tilläggsisolering.

Tacklösning	Energibesparing per m <sup>2</sup> , kWh		Kostnadsbesparing per m <sup>2</sup> , kr	
	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm
100 mm gasbetong 500, papp	83,8	93,2	33,5	37,3
150 mm gasbetong 500, papp	63,8	72,5	25,5	29,0
200 mm gasbetong 500, papp	44,3	52,0	17,7	20,8
160 mm betong, 40 mm isolering, papp	63,8	72,5	25,5	29,0
plåt/trä, 50 mm isolering, papp	44,3	52,0	17,7	20,8
plåt/trä, 70 mm isolering, papp	34,8	41,9	13,9	16,8
plåt/trä, 100 mm isolering, papp	25,7	31,9	10,3	12,8
plåt/trä, 120 mm isolering, papp	21,3	27,0	8,5	10,8

Tabell 1, visar hur mycket energi och pengar som sparas vid tilläggsisolering med 15 cm eller 30 cm stenull.

Med 15 cm stenullsisolering går det att spara mellan 21,3 och 83,8 kWh per kvadratmeter och år, vilket motsvarar 8,5 och 33,5 kr vid ett energipris på 0,4 kr/kWh. Används istället 30 cm stenullsisolering är besparingspotentialen mellan 27 och 93,2 kWh per kvadratmeter och år, som motsvarar 10,8 respektive 37,3 kr om energipriset antas vara 0,4 kr/kWh. Således innebär det att de årliga CO<sub>2</sub>-utsläppen kan minska med upp till 93,2 kg per kvadratmeter vid tilläggsisolering.

Ofta brukar väggarna i en byggnad vara bättre isolerade, men är de inte det bör även beräkningar på dessa utföras. Samma sak gäller även grunden som byggnaden står på. Tilläggsisolering är dock ofta en investering med något längre återbetalningsperiod, men bör finnas med i åtanke om det ändå ska ske andra renoveringar på väggar, tak eller grund.

Fönstren är för det mesta de delar i klimatskalet som har sämst isoleringsförmåga. Därför bör företaget räkna på vad en investering i energieffektivare fönster skulle innebära. Vanliga 2-glasfönster orsakar så kallat kallras, vilket kan upplevas som drag från fönstret. Med energiglas elimineras kallras och gör att inomhusklimatet känns behagligare. Detta gör att inomhusklimatet ofta upplevs behagligare och värmen kan kanske även sänkas en grad. För att räkna energiförlusterna används formlerna i början av avsnittet om värmeförluster.

För att minska värmeförlusterna behöver inte de gamla fönstren bytas ut helt utan kan istället renoveras. Det kan ske på olika vis, exempelvis kan energiglas monteras på utsidan eller insidan av det gamla fönstret. Ett vanligt kopplat 2-glasfönster har ett U-värde på 2,8. Enligt rapporten *Fönsterrenovering med energiglas* som Energimyndigheten skrivit kan dock en renovering minska U-värdet till mellan 1,9 och 1,3. Alltså kan värmeförlusterna halveras genom en renovering, eller även ännu mer genom ett utbyte mot energiglasfönster. Viktigt att se till för att uppnå bästa resultat är att tätningen mellan vägg och karm samt karm och båge är korrekt utförd.

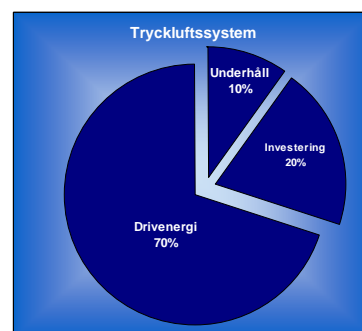
Andra ställen där det gärna smiter ut värme är genom dörrar och framförallt portar. Portarna kan vara energibovar både när de är stängda och öppna. Dåligt isolerade portar och springor i exempelvis vikportar gör att värmen kan smita ut. Det stora problemet är dock portar som står öppna onödigt länge. Med dagens teknik, som manövrerar portarna snabbare och säkrare, kan öppningstiderna minskas och därmed släpps mindre värme ut. I en energianalys utförd av NENET beräknas en installation av fotoceller för 58 000 kr reducera portarnas energiförluster med 59 000 kWh/år. Med ett energipris på 0,4 kr/kWh innebär det en besparing på 23 600 kr/år och att installationen är återbetald efter mindre än 2,5 år.

För att minska förlusterna när portarna är öppna kan luftridåer placeras framför dem, vädertätningar monteras och/eller plastremсор hängas upp vid öppningen. En luftridå är en slags osynlig vägg, bestående av strömmande luft, som gör att kall luft inte kommer in i en varm lokal eller tvärtom. Viktigt är dock att den har rätt storlek, så att den täcker hela porten, samt att den är rätt riktad, så att den kalla luften inte blåses in i lokalen. Vädertätning innebär att lastbryggan sluter sig runt lastbilens öppning och på så vis minimeras värmeläckaget. Denna teknik är kostnadseffektiv vid mycket av- och pålastning till lastbilar. Tekniken med plastremсор innebär att dessa hängs upp i portöppningen för att fysiskt stoppa värmen från att lämna lokalen.

Genom att isolera varma och kalla källor kan värmepåverkan minskas i en industri. Varma källor, som ugnar eller maskiner, bör isoleras för att inte värma upp lokalen i onödan. Istället bör möjligheten att ta vara på värmen undersökas. Kan de varma källorna kapslas in finns det även potential att återvinna värmen. Antingen direkt genom ventilationen, genom att värmeväxla den till något annat medium eller genom att sälja den till exempelvis en närliggande industri eller till ett bostadsområde. Isolering av kalla källor medför istället att uppvärmningsbehovet i en lokal inte behöver vara så stort. När det finns kylrum eller något liknande bör teknikerna med luftridåer och plastremсор tillämpas. Alltför att stänga ute kylan från de lokaler som ska ha en behaglig arbetstemperatur.

## Tryckluft

Enligt Energimyndighetens häfte, *Krav på tryckluftssystem*, använder industrin i Sverige idag 3 procent av den sammanlagda elenergin till tryckluftssystem, vilket innebär ungefär 1,7 TWh om året. Den största kostnaden för en kompressor är energikostnaden, som ligger på ungefär 70 procent av den sammanlagda kostnaden, medan investeringen står för drygt 20 procent och underhållet endast för 10 procent. Därför är det viktigt att kontrollera om den befintliga utrustningen är energieffektiv eller om en ny kompressor skulle kunna förbruka mindre.



Figur 20, kostnadsfördelningarna för ett tryckluftssystem under en 15-årig livscykel.

### Läckage

Enligt Energimyndighetens skrift, *Krav på tryckluftssystem*, finns det med stor sannolikhet läckage i alla tryckluftssystem. Under ordinarie drifttid är det inte ovanligt med ett läckage på mellan 20 och 50 procent. För att hitta läckagen bör sökandet börja i närheten av förbrukaren, där de flesta läckagen befinner sig.



Tabell 2 ger exempel på vilka stora förluster som små hål kan åstadkomma. Uppgifterna är delvis hämtade från samma skrift som ovan, nämligen *Krav på tryckluftssystem*. Läckageflödet gäller vid 7 bar, samt luftproduktion 8760 timmar om året. Effektbehovet baseras på 0,1 kWh/m<sup>3</sup> och energikostnaden antas vara 0,4 kr/kWh.

Hålets diameter, mm	Läckageflöde, m <sup>3</sup> /min	Effektbehov, kompressor, kW	Årlig energikostnad, kr
1	0,06	0,4	1 402
5	1,5	10	35 040
10	6	40	140 160
20	25	150	525 600

Tabell 2, visar förlusterna som vissa läckage orsakar. Gäller vid ett tryck på 7 bar och luftproduktion på 8760 timmar om året. Effektbehovet baseras på 0,1 kWh/m<sup>3</sup> och energipriset antas vara 0,4 kr/kWh.

Genom att installera mätutrustning vid olika delar i tryckluftssystemet får alla på företaget en bättre förståelse för hur mycket tryckluft som används och vad det kostar. Denna metod gör det även enklare att räkna ut om det finns läckage i systemet och hur stort det är i så fall. Detta genom att jämföra det faktiska luftflödet med hur mycket utrustningen egentligen kräver.

För att sedan undvika läckage bör:

- Slangar, kopplingar och armaturer kontinuerligt undersöks och vid behov tätas.
- Långa slangar undvikas i största möjliga mån på grund av läckagerisk och tryckfall. Största tryckfallet uppstår i serviser, tryckluftsarmaturer, slangar, kopplingar samt slangsocklar.
- Möjligheten att sänka trycket undersöks, ty lägre tryck medför mindre läckage.
- Tiden som distributionsnätet är trycksatt undersöks, då den ofta kan kortas ner och därmed undvika onödigt läckage.
- Avstängningsventiler alltid användas vid uttagen.
- Stamnätet och distributionsnätet bör inte, utan ska vara helsvetsat för att undvika läckage.
- Självklart andra alternativ än tryckluft utvärderas.

### Alternativ utrustning

På grund av tryckluftsverktygens dåliga verkningsgrad bör alternativa verktyg undersökas. Istället för tryckluftsdrivna handverktyg, exempelvis mutterdragare och bormaskiner, bör möjligheten att använda eldrivna

verktyg undersökas. Dessa har mycket bättre verkningsgrad och är därmed mer energieffektiva. De eldrivna handverktygen delas in i tre kategorier, universalverktyg, trefasmaskiner och högfrekvensmaskiner.

Universalmaskinerna kräver endast anslutning till det vanliga 230 V-nätet, vilket gör dem smidiga att ansluta och förflytta. Det negativa med dessa verktyg är dock deras vikt jämfört med den effekt de ger, samt att de har en varvtalsminskning vid belastning.

Trefasmaskinernas positiva del är att trefasmotorn är driftsäker och tålig mot överbelastning. Nackdelen med dem är dock att på grund av motorns konstanta varvtal, på 3000 rpm, måste mekaniska växlar användas för att reglera varvtalet. Detta gör att även denna sorts handverktyg får en tämligen hög vikt jämfört med dess effekt.

Högfrekvensverktygen är de handverktyg som är mest likvärda med tryckluftsmaskinerna. Detta eftersom de är ungefär lika lätthanterliga, samtidigt som de inte väger avsevärt mycket mer. En del av högfrekvensverktygen kräver ett eget eldistributionsnät för att det specifika varvtalet ska kunna uppnås. Idag finns det dock även mutterdragare som har egna omformare och på så vis kan dessa anslutas direkt till 230 V-nätet. Verktygen ger ändå en hög effekt trots att de inte väger så mycket, och med hjälp av styrelektronik kan åtdragningsförloppet varieras väldigt precist.

Om tryckluft måste användas för renblåsning bör vissa speciella munstycken användas. Dessa speciella munstycken är utformade så att de ska dra med sig munstyckets omgivande luft, allt för att minska luftanvändningen.

### **Värmeåtervinning**

När luften komprimeras i kompressorn bildas även energi i form av värme. Energimängden är lika stor som den energi som tillförs kompressorns drivmotor. Stora delar, enligt Energimyndigheten cirka 60-90 procent, av denna energimängd går generellt sett att återvinna med hjälp av värmeväxlare och på så vis ökar kompressorns verkningsgrad.

Återvinningen kan vara luftburen eller vattenburen. Den luftburna metoden är enkel, billig och återbetalar sig oftast fort. Den varma luften som bildas leds direkt från kompressorns luftutlopp och ut i resterande delar av byggnaden genom ett kanalsystem, alternativt går den först till en värmesänka.

Den vattenburna återvinningen kan exempelvis användas för att förvärma returvattnet i ett värmesystem, återvärma vatten i ett fjärrvärmesystem eller värma processvattnet. Både luftkylda och vattenkylda kompressorer kan användas för vattenburna återvinningssystem. Med luftkylda kompressorer seriekopplas två värmeväxlare, en kylvätska/luft och en kylvätska/vatten, och med vattenkylda kan kylvattnet direkt användas till uppvärmning.

## Tomgångskörning

När utrustning går på tomgång sänks energianvändningen avsevärt. Trots detta blir den totala energianvändningen hög på grund av den långa tiden som tomgångskörningen i många fall pågår. Enligt ett häfte från Sparkraft, *Energieffektivisering - sparar både pengar och miljö*, används 1,4 TWh per år till tomgångskörning - alltså nästan lika mycket energi går åt till tomgångskörning som det går åt till tryckluftssystem per år. För att ta reda på tomgångsförbrukningen kan det som tidigare nämnts utföras egna mätningar på de enskilda maskinerna. Detta gör att de stora tomgångsförbrukarna upptäcks och den totala tomgångsförbrukningen kan adderas ihop. För att få tips om hur mätningarna ska utföras hänvisas vidare läsning till avsnittet "Hur mäter man?". Behövs det ändå kompletterande information kan en förfrågan skickas till energileverantören. Detta kan ge en bild av den totala energianvändningen är under en dag då produktionen står stilla, exempelvis julafton eller midsommarafton.

Tänk på att det mesta har tomgångskörning. Belysning, ventilation och värmeaggregat som används i onödan är en viss tomgångskörning. Pumpar, fläktar och maskiner som står i stand-by eller är på fast ingen produktion sker är en annan. I början av guiden presenteras förslag på vad som kan göras för att minska på dessa onödiga tomgångskörningar.

En stearinfabrik i Oskarshamn lyckades spara 240 000 kr per år genom att tidsstyra sina pumpar samt stänga av kompressorer över helgerna. Investeringen kostade 150 000 kr och var återbetald inom ett år. [Sparkraft 2002]

All utrustning som går att stänga av bör stängas av då den inte används. Finns möjligheten kan alla eller de med högst tomgångsförbrukning testas för att se om de går att stänga av och på utan att något går förlorat. Skulle en energikrävande maskin inte klara att stängas av och på, på grund av att inställningar går förlorade, bör det undersökas om det går att uppdatera mjukvaran eller om något annat kan komplettera maskinen. Denna komplettering kan möjligen vara en extern hårddisk som lagrar alla

inställningar och all nödvändig data som maskinen kräver för att starta och arbeta optimalt.

I de fall då utrustningen tar lång tid att starta upp bör de startas automatiskt en viss tid innan de ska börja användas. Detta kan exempelvis kopplas till värmesystemet som även det bör startas en viss tid innan personalen anländer. Något som är viktigt när flera maskiner ska startas är att de inte startas samtidigt, vilket skulle ge stora effekttoppar som kan göra att effektgränsen överskrids. Överskrids denna gräns kommer elbolaget kräva företaget på en straffavgift.

Eftersom åtgärden att stänga av en maskin oftast kan utföras manuellt kommer det inte krävas några utgifter för att spara in på tomgångsförbrukningen. Däremot kanske personalen bör informeras om vilken utrustning som ska stängas av eller lämnas igång. För att vara på den säkra sidan att maskinerna blir avstängda kan automatiska brytare kopplas in. Dessa kan vara anslutna till ett centralt styrsystem som stänger av och på exempelvis ventilation och maskinerna. Alternativt kan separata tidur anslutas direkt till maskinen. Viktigt är dock att maskinen inte stoppas mitt under produktionen och förstör den blivande produkten. Därför kan den först varna före avstängning, så att personalen har möjligheten att förlänga tiden innan den stängs av.

## Underhåll och reovering

Många slarvar idag med sin befintliga utrustning. Genom att reovera och framförallt underhålla sin befintliga utrustning kan verkningsgraden hållas hög, livslängden öka och onödiga stopp av produktionen kan undvikas. Om mindre underhållsåtgärder utförs med korta intervall kan det bidra till att stora reoveringar, och i värsta fall nyinvesteringar kan förhindras. Det kan vara enkla åtgärder som att rengöra filter och kanaler, torka av reflektorer eller täta läckage. Finns inte kompetensen inom det egna företaget går det att hyra in annan personal som är specialiserad på industriellt drift- och underhållsarbete.

För pumpar som står still eller drivs med lågt varvtal finns det risk för att slam fastnar, och på så vis försämras verkningsgraden. Med hjälp av tidur eller annan automation bör därför pumpen gå för fullt en viss tid för att rensa pumpen och återge dess mer effektiva verkningsgrad. Detta gör att pumpens livslängd och tiden mellan underhållen ökar, samt att pengar kan sparas genom att den höga verkningsgraden blir långvarig.

Underhåll av belysningen innebär inte bara att byta lampor eller lysrör. Oftast försämras ljusstyrkan i belysningen på grund av att reflektorerna

eller ljuskällorna har blivit smutsiga. Många gånger innebär en industrilokal dammig och besvärlig miljö, vilket alltså bidrar till att belysningen mer frekvent måste rengöras. I bilaga Ia står det om ett företag som årligen fick demontera sina armaturer för att rengöra dem. För att undvika detta problem har I-Valo Oy tagit fram industriarmaturer som på ett patenterat sätt gör att smutsen inte fastnar på eller i armaturen. Detta gör att de inte behövs rengöras lika ofta och att ljusstyrkan hålls på en önskvärd nivå längre. Mer information om tekniken hittas under rubriken "Ljuskällor med filter".



Figur 21, bild på en industriarmatur från I-Valo Oy. Till vänster ses filtret som rengör armaturen.

Under rubriken läckage i avsnittet om tryckluft går det att läsa om hur kostsamma små hål i ett tryckluftssystem kan vara. Där finns även tips om var läckagen kan hittas.

En industri i Norrland märkte vid mätningar att deras pumpars kapacitet hade minskat avsevärt. Den tuffa miljön hade nämligen slitit hårt på pumparna. Genom att belägga insidan av dem med keramiskt kompositmaterial gavs en slät yta som medförde att pumparna blev minst lika bra som nya. Några uttjänta delar byttes även ut mot nya. Renoveringen kostade omkring 1,5 miljoner kronor och ledde till en 8 000 MWh stor reduktion av energianvändningen per år. För industrin innebär det en årlig kostnadsminskning på ungefär 2 miljoner kronor per år, samt ett reducerat utsläpp av koldioxid på 8 000 ton per år. Investeringen betalade dessutom tillbaka sig inom ett år.

Något som dock alltid måste övervägas är om reparationen är den självklara åtgärden. Ibland kan det vara mer energi- och kostnadseffektivt att investera i en ny produkt. Till exempel kan det istället vara bättre att investera i en ny såkallad eff1-motor än att låta omlinda en motor, då omlindningen kan göra att motorn tappar effektivitet. Ta därför in offerter från olika leverantörer för att jämföra vad det skulle kosta att nyinvestera kontra att renovera utrustningen.

## Faskompensering

För att skapa det magnetfält som krävs för att exempelvis elmotorer ska fungera behövs reaktiv effekt. I övrigt är denna effekt inte önskvärd, då den minskar distributionsnätets överföringsförmåga och ibland kan innebära att överruttagsavgifter behöver betalas till elbolagen. Kontrollera med elleverantören om det betalas extra för reaktiv effekt eller hur mycket reaktiv effekt som får tas ut.

### Reaktiv effekt

Motorer består av spolar – induktanser - som konsumerar reaktiv effekt, medan lysrör innehåller kondensatorer – kapacitanser – som genererar reaktiv effekt. Okompenserad reaktiv effekt ger ingen energiförlust i lasten, men ökar strömmen i överföringen. Detta skapar förluster som blir till förlustenergi i ledningarna.

Ett mått på hur stor den reaktiva effekten är jämfört med den aktiva beskrivs genom effektfaktorn,  $\cos \varphi$ . Är denna faktor ett innebär det att den induktiva lasten och den kapacitiva lasten tar ut varandra, alltså är den totala effekten den nyttiga effekt som används. Att  $\cos \varphi$  är lika med ett innebär således att ström och spänning ligger i fas. När reaktiv effekt förbrukas ändras förhållandet mellan ström och spänning. Är lasten induktiv kommer strömmen släpa efter spänningen i fas, medan en kapacitiv last gör att strömmen hamnar före spänningen. Ju större reaktiv effekt desto mindre är effektfaktorn, vilket i praktiken innebär att fasförhållandet mellan ström och spänning är stort. För att kompensera mot detta används exempelvis kondensatorer. De producerar nämligen den reaktiva effekt som krävs för att magnetisera en motor.

### Synkronmotorer

Traditionellt sett har roterande motorer, mestadels generatorer, använts för att skapa den reaktiva effekten. Den har sedan överförts via eldistributionsnätet till förbrukaren. I allmänhet har stora motorer inom industrin varit synkronmotorer, vilka själva genererar den reaktiva effekten de behöver. Genom att förse dessa motorer med övermagnetiseringsmöjligheter kan den reaktiva effekten även distribueras till andra behövande utrustningar.

Dock ska det poängteras att denna metod inte anses vara speciellt kostnadseffektiv för att skapa reaktiv effekt, varken genom att köpa in nya synkronmaskiner eller genom att använda redan befintliga. Anledningarna är bland annat kostnaderna för utbyggnaden av distributionsnätet samt förlusterna vid överföringen. Huvudorsaken är dock den att det blivit mindre kostsamt att investera i och driva kondensatorer.

## Kompensering

Kondensatorer är ett av de enklaste och minst kostsamma hjälpmedlen för att skapa reaktiv effekt. För att förse en motor med den reaktiva effekten som den behöver kan det räcka med att placera en kondensator vid motorn. Antingen kopplas den till motorns uttag eller till motorstarterns uttag. Denna kompenseringmetod är lämplig på stora maskiner.



Figur 22, bild på ett mellanspanningskondensatorbatteri från Schneider Electric.

Centralkompensering är att föredra om avsikten är att minska det reaktiva effektuttaget från nätet, och på så vis undvika överuttagsavgifter. Däremot anses gruppkompensering vara bättre än centralkompensering om tillräckligt stora enheter kan utnyttjas.

När växlingarna i den reaktiva effekten är stora under en väldigt kort tid och några enskilda perioder bör ej vanlig reglering användas. Detta för att den är för långsam. Istället ska en statisk VAR kompensator, SVC, användas. Metoden lämpar sig för exempelvis ljusbågsugnar. Enligt företaget Nokian Capacitors är återbetalningstiden mellan ett och två år för en SVC. En enklare kondensator med tyristorstyrning passar bra för att snabbt kompensera mot den reaktiva effekten i svetsaggregat. Tekniken innebär att den vanliga kontaktorn ersätts av tyristorstyrning samt att regleringen använder sig av tyristorns styrningsautomatik. Bägge dessa metoder kompenserar även mot de spänningsväxlingar som bildas.

## Effektfaktorsreglering

Om inte en kondensatorenhet täcker kompenseringens behovet bör ett kondensatorbatteri användas. Det är nämligen uppbyggt av flera parallellkopplade kondensatormoduler. Kopplas dessutom en effekregulator in till kondensatorbatteriet kan detta styras automatiskt. Om effektfaktorn sjunker under en viss gräns, bestämd av exempelvis företaget, kopplar automatiken in eller ur tillräckligt antal kondensatorsteg för att uppnå en god kompensering. Krävs det större batterier än vad som finns bör kompenseringen delas upp på fler batterier med gemensam styrning och separat matning. I bilaga VII visas ett exempel på hur storleken på ett kondensatorbatteri räknas ut.

Enligt Schneider Electrics häfte om energieffektivisering, *Energy efficiency – Solutions book*, investerade ett företag i Portugal cirka en miljon euro i 5

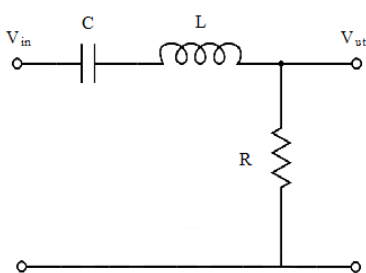
stycken mellanspännings kondensatorbatterier. Kostnadsbesparingen blev dock så stor som tolv miljoner euro om året, vilket alltså ger en återbetalningstid på en månad. Samma skrift skriver om ett franskt företag som investerade i tio stycken kondensatorbatterier och på så vis sänkte energikonsumtionen med 9 procent. Återbetalningstiden för detta projekt var två år, vilket anses som en kort återbetalningstid.

### Fördelar

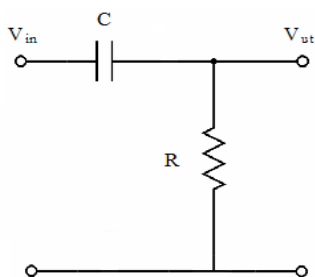
Genom att kompensera den reaktiva effekten ges det således väldigt många fördelar. Nedan listas några av dem.

- Minskade energiförluster
- Minskade kostnader på grund av minskade eller uteblivna överuttagsutgifter
- Minskad belastning av kablar och andra elektroniska komponenter
- Ökad livslängd hos utrustningen
- Minskade underhållskostnader
- Kapacitet i ledningsnätet frigörs, lasten optimeras samt stabiliteten ökar

Metoden är ett bra sätt att spara in på energikostnaderna utan att behöva stänga av någonting, och den behöver heller inte påverka produktionen.



Figur 23, bandpassfilter.



Figur 24, första ordningens högpasfilter

### Övertonsfilter

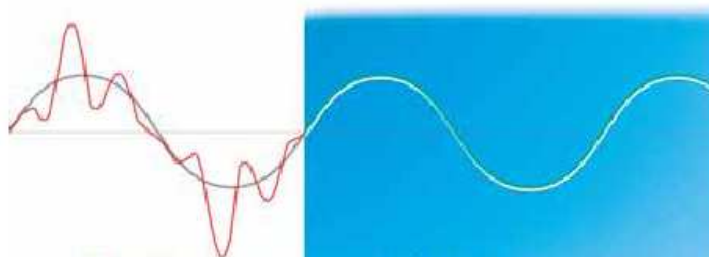
Vid faskompensering måste alltid hänsyn tas till övertoner. Dessa finns både inom industrinät och distributionsnät. Övertoner bidrar till många slags problem, bland annat till förluster i maskiner, överbelastning av kablar, resonansproblem och höga strömmar i nollledare. Det vanligaste sättet för att lösa problemet är att koppla in övertonsfilter. Filtren ökar dessutom livslängden på övrig utrustning och förutom detta minskas även uttag av reaktiv effekt genom faskompensering.

De filtervarianter som finns delas in i två kategorier, passiva och aktiva filter. De passiva tillverkas av passiva komponenter och innefattar normalt bandpassfilter och högpasfilter. Ett bandpassfilter består av en kondensator i serie med en spole, enligt figur 23. Ett bandpassfilter gör är att det släpper igenom de frekvenser som ligger mellan två bestämda värden och dämpar ut resterande frekvenser. Ett första



ordningens högpasfilter består av en kondensator och ett motstånd enligt figur 24. Högpasfilter släpper igenom höga frekvenser och dämpar de som är under den specifika gränsen.

Med aktiva filter konstrueras de redan befintliga övertonerna med samma frekvens och amplitud för att sedan köras in i motfas. På så vis elimineras de skadliga övertonerna i nätet. Ett aktivt filter kan vara uppbyggd på följande vis. Den viktigaste komponenten är den digitala kontrollenhet som mäter de övertoner som finns på nätet. Denna enhet styr även IGBT transistorer som i sin tur genererar övertoner som ligger i motfas. I varje fas, tre stycken, används en strömtransformator för att kontinuerligt mäta den kvarvarande överströmmen. Detta gör att överströmmarna minimeras i varje fas.



Figur 25, en bild som visar hur en signal med skadliga övertoner filtreras till en ren signal.

Det energieffektiva med övertonfilter är således att de inte sliter ut utrustningen och att de reducerar den reaktiva effekten. Det senare gör att risken för att behöva få några debiteringar från elbolagen för överuttag minskar.

## Laststyrning

En metod som inte har som huvudsyfte att dra ner på energianvändningen utan istället syftar till att kapa effekttoppar kallas laststyrning. Idag finns det flera företag som säljer denna regleringstjänst, både stora svenska energibolag och andra mindre företag. E.ON säger sig ha över 400 kunder som använder sig av deras metod för laststyrning.

Systemen kan förklaras som "övervakningssystem" som mäter och övervakar effektanvändningen för att kunna reglera den så att ens effektabonnemang används optimalt. De förbrukare som kopplas till systemet kan inte vara

**Minskas det genomsnittliga  
effektuttaget med 30kW  
reduceras elkostnaderna  
med 100 000 kr/år**

känsliga mot mindre stopp eller nedregleringar. När en effekttopp närmar sig styr systemet nämligen automatiskt bort förbrukare för att plana ut den totala effektkurvan. På så vis behöver inte gränsen för effektuttag överskridas och inga extra straffavgifter behöver betalas till energibolaget. Systemet gör det även möjligt för företaget att sänka sina effektabonnemang gentemot tidigare. Skulle företaget sedan minska sitt genomsnittliga effektuttag med 30kW bidrar detta enligt Energimyndigheten till en minskning av elkostnader med 100 000 kr/år.

Effektstyrningen kan alltså jämna ut den totala effektförbrukningen, till exempel kan den se till att starta upp företagets utrustning vid olika tidpunkter för att hålla nere effekttopparna. Metoden bidrar därmed till ett jämnare och mer balanserat nät.

Ett gjuteri i Älmhult investerade 120 000 kr i ett system för laststyrning. Detta gjorde att den abonnerade effekten kunde reduceras från 4800 kW till 3900 kW, vilket gav en årlig elkostnadsbesparing på 360 000 kr. Systemet betalade alltså av sig på 4 månader.

För att enkelt hålla koll på elförbrukningen sparas även värdena i en databas. Detta gör att den ansvarige enkelt kan skapa tabeller eller diagram för att få en god översyn på förbrukningen, antingen för enskild förbrukare eller för den totala konsumtionen.

## Hur mäter man?

För att veta hur mycket som förbrukas eller hur mycket en energieffektiviserande åtgärd sparar är det viktigt att mäta rätt. Dessutom är det viktigt att följa upp åtgärder som utförts för att inte förlora effektiviteten. Utan övervaknings- och underhållsprogram kan nämligen upp till 8 procent förloras per år.

### Momentan mätning

Genom att använda en multimeter tillsammans med strömtång och spänningsanslutning kan bland annat ström, spänning, effekt och  $\cos \varphi$  mätas. Dessa mätningar ger de aktuella värdena hos förbrukarna, vilka bör loggas i en databas för att underlätta uppföljningsarbetet.

Ska en fas mätas kopplas strömtången runt lastströmmen ( $I_L$ ) i fasen samtidigt som spänningsanslutningarna fästs mellan jord och fasspänningen ( $U_F$ ). Detta ger:

$$P_{1F} = U_F \times I_L \times \cos \varphi, \text{ där } \cos \varphi \text{ är effektfaktorn} \quad (8)$$

Olika metoder kan användas för att räkna ut effekten hos tre faser. Är strömmen densamma i alla faserna kan effekten i en fas,  $P_F$ , multipliceras med 3. Det vill säga att  $P = 3 \times P_{1F}$ . Ett annat alternativ är att mäta alla tre faserna var för sig enligt formel (8) och sedan addera samman dem. Det tredje alternativet är att koppla strömtången runt en fas och spänningsanslutningarna till varsin av de andra två faserna. Detta ger:

$$P_{3F} = \sqrt{3} \times U_H \times I_L \times \cos \varphi, \text{ där } \cos \varphi \text{ är effektfaktorn} \quad (9)$$

och  $U_H$  är huvudspänningen

### Kontinuerlig mätning

Med kontinuerlig mätning blir det enklare att få en tydlig bild över företagets elkvalité och varje förbrukares energianvändning. För att kontinuerligt utföra mätningar finns det till exempel strömtänger med loggningsmöjligheter. Att föredra är dock fasta mätinstrument, som exempelvis Schneider Electric's PowerLogicsystem. Med detta system kan bland annat ström, spänning, aktiv- och reaktiveffekt, frekvens och effektfaktorn mätas.

Möjligheterna med detta system är stora. Genom att koppla mätinstrument till varje förbrukare fås en precis bild över företagets förbrukning. Mätresultaten kan ses i realtid på displayer vid förbrukarna, men de kan även övervakas via Internet av någon person utanför industrilokalen.

Denna möjlighet gör det snabbt och smidigt att kontrollera all utrustnings verkningsgrad och förbrukning utan att behöva ta sig in i något trångt utrymme eller i någon besvärlig miljö.

Genom att använda mätningarna tillsammans med Microsoft Excel kan diagram och plotter visas i både realtid och i efterhand. Denna loggningsmöjlighet gör det enkelt att se olika trender i förbrukningen och att jämföra förbrukningen innan och efter en åtgärd

utförts. Stopp på grund av uttjänt utrustning går även att undvika genom att kontinuerligt kontrollera mätresultaten. Avviker till exempel ventilationens resultat kan det innebära att filter behöver rensas eller att fläkten behöver justeras. Detta uppmärksammas då i tid och kan korrigeras utan att någon utrustning behöver gå sönder helt.

Fördelen med denna kontinuerliga övervakning är även att den kan larma vid fel, eller koppla bort den felande faktorn. Om till exempel tomgångseffekten är för hög eller om effektuttaget närmar sig sin maxgräns kan lågt prioriterade förbrukare automatiskt kopplas bort. Detta gör att energikostnaderna och energiförbrukningen hålls nere. Går det inte att koppla bort någon förbrukare vid högt effektuttag kan det istället kopplas in backup-generatorer för att inte maxgränsen ska överstigas. Mätningarna gör det även lättare att bestämma abonnemangsgrensarna för hur mycket aktiv- och reaktiv effekt som bör användas.



Figur 26, bild på Schneider Electric's kombinationsinstrument PowerLogic. Modellen är från PM800 serien.

## Ekonomi

Självklart handlar energieffektivisering mycket om just ekonomi. Man vill ha svar på frågor som: Hur mycket tjänas in per år? Vad kommer investeringen att kosta? Hur lång tid tar det innan investeringen har betalt tillbaka sig själv? Med anledning av dessa frågor kommer detta avsnitt att ta upp en del ekonomiska termer som kan förekomma i guiden.

- *Avskrivning*, sker under investeringens ekonomiska livslängd och är ett belopp som motsvarar den årliga värdeminskningen. Vanligen tillämpas linjär avskrivning, vilket innebär att de årliga belopp som skrivs av är lika stora.

$$\text{Årlig linjär avskrivning} = \text{Investeringskostnad} / \text{Ekonomisk livslängd}$$

- *Driftskostnad*, sammanlagda kostnaden av underhållskostnaden och energikostnaden.

$$\text{Driftskostnad} = \text{Energi kostnad} + \text{Underhållskostnad}$$

- *Ekonomisk livslängd*, tiden då investeringen är lönsam. Denna kan skilja mellan olika produkter.

- *Energi kostnad*, kostnaden för den energi som används.

$$\text{Energi kostnad} = \text{kWh} \times \text{kr/kWh}$$

- *Inflation*, innebär en ökning av den allmänna prisnivån. Prisökningarna kan exempelvis bero på att produktionen av varor blir dyrare på grund av höjda råvarupriser, eller också på grund av att efterfrågan är större än utbudet av varor. Riksbankens inflationsmål ligger vanligtvis runt två procent per år.

- *Investeringskostnad*, den direkta kostnad som investeringen innebär.

- *Kalkylränta*, den räntesats som uttrycker räntekravet på investeringen. Ger möjligheten att kunna jämföra värdet av betalningar som är skilda i tid. Nominell kalkylränta används där in- och utbetalningarna avser löpande priser, medan den reala kalkylräntan bör användas då uträkningarna avser fasta priser – utan påverkan av inflation. Lämpligen används realräntan som kalkylränta, vilket gör att kalkylräntan med tillräcklig noggrannhet kan räknas ut genom att subtrahera inflationstakten från bankräntan.

- *LCC, livscykelkostnaden*, är den totala kostnaden för en investering under dess ekonomiska livslängd. Denna metod använder alla

kostnader under utrustningens livslängd och räknar om dem till dagens penningvärde, vilket gör att olika investeringsförslag kan jämföras rättvist.

$$LCC_{totalt} = investeringskostnad + LCC_{energikostnad} + LCC_{underhållskostnad}$$

$$LCC_{energikostnad} = \text{årlig energikostnad} \times \text{nusummefaktor}$$

$$LCC_{underhållskostnad} = \text{årlig underhållskostnad} \times \text{nusummefaktor}$$

- *Nominell ränta*, tar inte hänsyn till inflation. Den ränta som erbjuds av till exempel banker.
- *Nusummefaktor*, används för att räkna ut nuvärdet av en investering.  

$$\text{Nusummefaktor} = \frac{1 - (1 + 0,01 \times r_k)^{-n}}{0,01 \times r_k}$$
, n = ekonomisk livslängd (år),  $r_k$  = kalkylräntan (i procent)
- *Nuvärde*, ett sätt att uttrycka framtida betalningar i nuvarande värde. Gör det möjligt att jämföra betalningar vid olika framtida betalningar med varandra.
- *Pay-off-metoden med kalkylränta*, ett sätt att beräkna återbetalningstiden med kalkylräntan inräknad. Något mer avancerad att använda, men ger en bättre bild av investeringens kostnader då den tar hänsyn till kalkylräntan.

$$\text{År} = - \frac{\ln\left(1 - \frac{\text{investering}}{\text{överskott / år}} \times p\right)}{\ln(1 + p)}, p = \text{kalkylränta i decimalform}$$

- *Rak återbetalningstid, pay-off-metoden*, en metod som visar hur lång tid det tar för vinsten att betala investeringen. Fördelen med denna metod är att den är väldigt enkel att använda. Dock finns det vissa nackdelar med den, exempelvis att den inte tar hänsyn till kapitalkostnaden eller de besparingar som görs efter det att utrustningen är återbetald.

$$\text{År} = \text{investering} / \text{överskott per år}$$

- *Realränta*, den ränta som tar hänsyn till prisutvecklingen. En enkel metod för att räkna ut realräntan är alltså att subtrahera inflationen från den nominella räntan. Detta gör att realräntan oftast är mindre än den nominella räntan.

$$\text{Realräntan} = \text{Nominell ränta} - \text{Inflation}$$

- *Underhållskostnad*, kostnaderna för att reparera och hålla investeringen i fullt användbart skick under dess livslängd.

## Referenser

Nedan listas de referenser som använts för att skriva denna rapport. Den andra referensen är den källa som de flesta exemplen i texten hämtats från.

Energihandboken (2008-05-05, uppdaterad 2008-03-19), *Byte från T8 Lysrör med drossel till T5 lysrör med HF-don*, <http://www.energihandbok.se/x/a/i/10691/Goda-exempel---Byte-fran-T8-Lysror-med-drossel-till-T5-lysrör-med-HF-don.html>

Energihandboken (2008-05-12, uppdaterad 2007-10-29), *Värmeåtervinning från trådkylningsbad*, <http://energihandbok.se/x/a/i/10510/Goda-exempel---Varmeatervinning-fran-tradkylningsbad.html>

Energimyndigheten (2001), *Energieffektivisering i industrin – Bra för lönsamhet och miljö!*, Id-nr: ET1:2001, Alfa Print, Sundbyberg

Energimyndigheten (2005), *Modern belysningsteknik – sparar energi och pengar*, Id-nr: ET2005:16, Princo Welins Tryckeri

Energimyndigheten (2006a), *Krav på fläktar*, Id-nr: ET2006:09, Tryckbolaget

Energimyndigheten (2006b), *Krav på pumpar*, Id-nr: ET2006:11, Tryckbolaget

Energimyndigheten (2006c), *Minska företagets energianvändning*, Id-nr: ET2006:34, Östertälje tryckeri

Energimyndigheten (2006d), *Fönsterrenovering med energiglas*, Id-nr: ET2006:27, Elanders, Östervåla

Energimyndigheten (2006e), *Krav på tryckluftssystem*, Id-nr: ET2006:12, Tryckbolaget

NENET (2007), *Energianalys av garage A på LLT, Luleå Lokaltrafik, i Luleå*

Nokian Capacitors (2008-05-08), *Product guide to lowvoltageproducts*, <http://www.nokiancapacitors.com/lowvoltage.htm>

OSRAM (2006), *Ljusstyrningssystem från OSRAM*, A&S Reklam AB

Palo, Theresa – Andersson, Johan (2007), *Energikartläggning - FINSNICKERI AB I RÅNEÅ*

PAROC (2005), *PAROC Låglutande tak*

Schneider Electric (2008), *Energy efficiency – Solutions book*

SMHI (2003), *Medvind – Aktuellt från SMHI nr 4*

Sparkraft (2002), *Energieffektivisering - sparar både pengar och miljö*, Boggi reklambyrå