

Metodik för systemorienterad uppföljning av elanvändning på sjukhus

Malin Baltzar

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet, 2011
Rapport TVIT--11/5022



Lunds Universitet

Lunds Universitet, med nio fakulteter samt ett antal forskningscentra och specialhögskolor, är Skandinaviens största enhet för forskning och högre utbildning. Huvuddelen av universitetet ligger i Lund, som har 100 400 invånare. En del forsknings- och utbildningsinstitutioner är dock belägna i Malmö, Helsingborg och Ljungbyhed. Lunds Universitet grundades 1666 och har idag totalt 6 000 anställda och 41 000 studerande som deltar i ett 90-tal utbildningsprogram och ca 1000 fristående kurser erbjudna av 88 institutioner.

Avdelningen för installationsteknik

Avdelningen för Installationsteknik tillhör institutionen för Bygg- och miljöteknologi på Lunds Tekniska Högskola, som utgör den tekniska fakulteten vid Lunds Universitet. Installationsteknik omfattar installationernas funktion vid påverkan av människor, verksamhet, byggnad och klimat. Forskningen har en systemanalytisk och metodutvecklande inriktning med syfte att utforma energieffektiva och funktionssäkra installationssystem och byggnader som ger bra inneklimat.

Nuvarande forskning innefattar bl a utveckling av metoder för utveckling av beräkningsmetoder för godtyckliga flödessystem, konvertering av direktelvärmda hus till alternativa värmesystem, vädring och ventilation i skolor, system för brandsäkerhet, alternativa sätt att förhindra rökspredning vid brand, installationernas belastning på yttre miljön, att betrakta byggnad och installationer som ett byggnadstekniskt system, analysera och beräkna inneklimatet i olika typer av byggnader, effekter av brukarnas beteende för energianvändning, reglering av golvvärmesystem, bestämning av luftflöden i byggnader med hjälp av spårgasmetod. Vi utvecklar även användbara projekteringsverktyg för energi och inomhusklimat, system för individuell energimätning i flerbostadshus samt olika analysverktyg för optimering av ventilationsanläggningar hos industrin.

Metodik för systemorienterad uppföljning av elanvändning på sjukhus

Malin Baltzar

© Malin Baltzar
ISRN LUTVDG/TVIT--11/5022--SE(111)

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
22100 LUND

SAMMANFATTNING

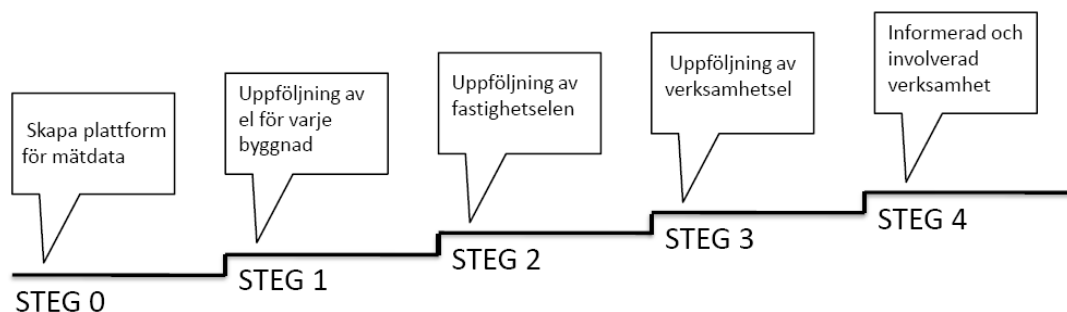
Det här examensarbetet är framtaget i samarbete med FVB för att skapa en metodik för förbättrad eluppföljning. Syftet med studien har varit att undersöka disaggregerad eluppföljning och vilka effekter det kan ha på energieffektivisering och energihushållning. Studien har till största delen bestått av en litteraturstudie men det har även förekommit samtal med energiexperter och ett platsbesök på Danderyds sjukhus. Som ett resultat av studien skapades en handbok som kan hjälpa en fastighetsägare att skapa en mer disaggregerad, uppdelad, eluppföljning.

Enligt nya klimat och energimål ska 20 % av energianvändningen inom EU minskas genom energieffektivisering till år 2020. Detta kan genomföras bland annat genom att investera i ny teknik eller genom att förändra användarbeteendet. Enbart 15 % av de lönsamma energibesparande åtgärderna som det finns potential för idag genomförs. IMD, ”Individuell Mätning och Debitering”, kan ge besparingar i lokaler på mellan 5-10 % och direkt återkoppling av elanvändningen via display kan ge besparingar på 5-10 %. Totala besparingspotentialen i kommersiella byggnader är enligt Europeiska Kommissionen 30 %. Med disaggregerad eluppföljning kan förändringar i användningen synliggöras och åtgärder prioriteras på de ställen där användningen är för hög. I ett försök med bättre eluppföljning med hjälp av mätutrustning sparades 18 % el redan första året.

Enligt en studie över 159 stycken vårdinrättningar i Sverige är den genomsnittliga energianvändningen 218 kWh/(m²·år) och elanvändningen 88,6 kWh/(m²·år). Ventilation och belysning är de installationer som förbrukar mest el och står för 36,7 % respektive 23,8 % av totala elanvändningen. 24,3 kWh/(m²·år) kan enligt samma studie sparas enbart genom att optimera belysning och ventilation.

För att skapa ett disaggregerat system finns i dagsläget tre olika metoder, att installera mätutrustning, använda en mobil mätutrustning eller göra en schablonbaserad utredning. En kombination av dem kan krävas för att lösa alla delflöden i ett system. Valet mellan fast och mobil utrustning kan till viss del avgöras beroende på antalet mätpunkter. Elpriset och den förväntade elbesparingen är det som har störst inverkan på om investeringen av mätutrustningen är lönsam och där ett 50 % lägre elpris resulterade i att investeringen inte längre var lönsam. Enligt två olika studier över elprisets utveckling framöver spås elpriset istället en uppgång och scenariot att elpriset skulle sjunka med 50 % antas mindre troligt.

Handboken är uppbyggd som en trappa med fyra steg där varje steg innebär en ytterligare uppdelning av elsystemet. Slutmålet är att kunna se i detalj hur mycket el som används och var det används. Både fast mätutrustning, mobil mätutrustning och schablonmetoden används i metoden som handboken beskriver. Handboken riktar sig främst till en fastighetsägare och även om boken är utformad för sjukhus gäller den även för andra större byggnader.



ABSTRACT

This thesis is developed in collaboration with FVB to create a method for improved electricity monitoring. The purpose of this study was to examine disaggregated electricity monitoring and its impact on energy efficiency and energy savings. The study has mainly consisted of a literature review but there have also been discussions with energy experts and a site visit at Danderyd Hospital. As a result of the study a handbook, that can help a property owner to acquire a more disaggregated monitoring system, was created.

According to the current climate and energy targets, a 20 % reduction of energy use shall be achieved by the year 2020 by improved energy efficiency. This can be achieved by investing in new technology or by changing consumer behavior. Today, only 15 % of the profitable energy savings actions are being implemented.

IMD, "Individual metering and billing", can provide energy savings in buildings of between 5-10 % and "Direct Feedback" can provide savings of 5-10 %. The potential of energy savings in commercial buildings is 30 %. With disaggregated monitoring changes in electricity use are visualized and actions can take place where best needed. A disaggregated monitoring system implemented in a spa hotel cut electricity use with 18 % the first year.

In a study, covering 159 hospitals and nursing homes in Sweden, the average energy use was 218 kWh/(m²·year) and the electricity use was 88,6 kWh/(m²·year). Ventilation and lightning where the installations that consumed the most energy in the buildings, accounting for 36,7 % and 23,8 % of the total consumption. The same study expresses that 24,3 kWh/(m²·year) can be saved only by optimizing the lighting and ventilation.

To create a more disaggregated system for a large building there are three different methods that can be used; installation of metering equipment, using mobile monitoring equipment or performing standard calculations. A combination of them may be required to solve all flow paths in the system. The price of electricity and the expected electricity saving are the two parameters that have greatest impact on the profit of the investment. A decrease by 50 % on the electricity price makes the investment non profitable. Two studies, focusing on future trends in the energy market, predict that the electricity price stays on current level or with a slightly increase. A decrease by 50 % therefore seems unlikely.

The handbook is a step-by-step guide where each of the four steps aims to improve the monitoring system. The ultimate goal is to see in detail how much electricity that is consumed and where. Metering equipment, mobile monitoring equipment and standard calculations are used in the handbook. The handbook is addressed primarily to a property owner and although the book is designed for hospitals, it applies equally to other large buildings.

FÖRORD

Företaget FVB Sverige AB, tidigare Fjärrvärmebyrån, har i samband med deras arbete med energideklarationer ofta upplevt att uppföljningen av energianvändningen är bristfällig. Detta innebär svårigheter när de sedan ska rekommendera förbättringsåtgärder. Det här examensarbetet är framtaget i samarbete med FVB för att skapa en metodik för en förbättrad eluppföljning. Jag vill därmed tacka FVB för möjligheten att få skriva detta examensarbete och speciellt min handledare på FVB, Per Skoglund, som har varit ett stort stöd och gett mig många goda råd och hjälp i arbetet. Jag vill även tacka för att jag fått en arbetsplats tilldelad mig på deras kontor i Stockholm och för att ha fått chansen att umgås med trevliga kollegor.

I studien har jag besökt Danderyds Sjukhus och vill därmed rikta ett stort tack till Christer Lindoff på Locum som gjorde det möjligt för mig att besöka sjukhuset och för att ha bistått mig med information om byggnaderna. Tack även till Olle Wedmalm och Jörgen Ristare från Dalkia som visade mig runt i sjukhusets lokaler.

Sist vill jag tacka Institutionen för Installationsteknik på Lunds Tekniska Högskola som tog mig an som examensarbetare och till min handledare Lars Jensen som gett mig värdefulla kommentarer på arbetet.

Malin Baltzar

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. Inledning.....	7
1.1 Bakgrund	7
1.2 Syfte	7
1.3 Frågeställning	8
1.4 Avgränsningar	8
1.5 Disposition	8
2. Metod.....	9
2.1 Undersökning	9
2.2 Metodikhandboken.....	10
2.3 Förklaring av begrepp	10
3. Elanvändning.....	13
3.1 Sveriges elanvändning.....	13
3.2 Uppföljning av elanvändning	15
3.3 Val av kompletterande elmätare.....	17
4. Energieffektivisering	19
4.1 Effektiviseringsmål	19
4.2 Energideklarationer	19
4.3 Nyckeltal	21
4.4 Energieffektivisering genom teknisk utveckling.....	22
4.5 Energieffektivisering genom beteendeförändring	24
5. Metoder för disaggregerad eluppföljning.....	27
5.1 Utrustningsbaserad mätmetod	28
5.2 Schablonmetoden	29
5.3 Handlingsbaserad metod	30
5.4 Realtidsavläsning.....	31
5.5 Non-Intrusive Load Monitoring	31
5.6 Utvärdering metoder.....	33
6. Investeringsbedömning	35
6.1 Definitioner	35
6.2 Nuvärdesmetoden.....	36
6.3 Payoffmetoden	36
6.4 Känslighetsanalys.....	37

6.5 Investeringsalternativ	37
6.6 Resultat.....	38
7. Fallstudie, elanvändning sjukhus	45
7.1 Generell bild.....	45
7.2 Energiintensiva fastighetsinstallationer, sjukhus.....	46
7.3 Besparingspotential	49
7.4 Fallstudie Danderyds sjukhus.....	50
7.5 Analys av möjligheter för systemorienterad mätning för Hus 22	55
8. Resultat.....	57
8.1 Besparingspotential	57
8.2 Val av relevant information.....	57
8.3 Val av metod	59
8.4 Uppdelningsschema.....	60
8.6 Resultatplattform.....	63
9. Metodikhandboken.....	65
9.1 Presentation	62
9.2 Implementeringsexempel	62
10. Diskussion	67
11. Slutsats.....	69
11.1 Vidare studier	69
12. Referenser.....	71
12.1 Böcker	71
12.2 Rapporter	71
12.3 Hemsidor	73
12.4 Nyhetsartiklar	74
12.5 Personlig korrespondens.....	75
12.6 Referenser till figurer.	75
Bilaga A- Kompletterande information till investeringsbedömning.	77
Bilaga B -Resultat enkät till energiexperter	81
Bilaga C- Metodikhandboken	83

1. INLEDNING

1.1 BAKGRUND

Energianvändningen lokalt och globalt ökar hela tiden. Jordens befolkning växer och fler kräver samma möjligheter att få energi till hushåll och industri. Fram till 2030 spås den globala energianvändningen öka med 64 % jämfört med år 2004 (IPCC, 2007). Miljön och klimatet påverkas av vår stora energianvändning och för att förhindra påverkan eller iallafall minska den måste energiproduktionen och energianvändningen förändras. Förnybar energi är en lösning men vi måste även minska vår energianvändning. En sparad kilowattimme är den mest miljövänliga kilowattimmen men hur vet man var den kilowattimmen finns?

Innan 2009 fick de flesta kunder i Sverige sin elräkning uppdelad på kvartal efter en mätning som utfördes en gång per år, men efter 1 juli 2009 måste elräkningen visa den faktiska användningen per månad och kunden således faktureras varje månad. Förändringen innebär en bättre uppföljning men fortfarande är informationen om vad elen används till obefintlig. Situationen kan liknas med att handla varor utan kunskap om deras pris och utan att betala i matvarubutiken under en hel månad och sen få en räkning i slutet av månaden som enbart visar totalsumman av handlingen, inte vilka varor du har köpt (Darby, 2009). Eftersom informationen om vad du köpt eller vad det kostade inte finns blir det väldigt svårt att sluta köpa det som är oerhört dyrt.

För att erhålla kunskap om användningen måste nya system där brukarna lättare kan ta del av hur mycket som används och också var det förbrukas etableras. Om informationen även delges de som vistas i fastigheten kan de också sträva mot samma besparingsmål samtidigt som arbetet med att genomföra energieffektiviserande åtgärder pågår.

I den här rapporten presenteras en del idéer angående informationens effekt på energieffektivisering samt vilka metoder som kan användas för att tillhandahålla en mer informativ förbrukningsstatistik. Studien resulterar i en metodik, en handledning, för att gå från enbart en total summa över elanvändning till ett mer uppdelat system. Metodiken utarbetas med hjälp av platsbesök på Hus 22 på Danderyds sjukhus men tanken är att den ska komma att gälla som en generell metodik.

1.2 SYFTE

Syftet med detta arbete är att ta fram en metodik som ska skapa bättre förutsättningar för att jobba med kontinuerlig energieffektivisering samt främja energihushållning hos brukare genom att möjliggöra en övergång till en mer kvalitativ och visuell uppföljning av fastigheternas elanvändning.

1.3 FRÅGESTÄLLNING

- Vilka brister finns med enbart en total uppföljning av elanvändningen?
- Vilka är fördelarna med ett disaggregerat system?
- Vilka metoder finns för att få fram ett mer disaggregerat resultat som visar elanvändning uppdelat på olika system?
- Hur kan en process se ut som syftar till att skapa ett mer disaggregerat system på eluppföljning?
- Kan man förvänta sig en energieffektiviserande investering eller energihushållning när resultatet visualiseras för brukarna i fastigheten?

1.4 AVGRÄNSNINGAR

I rapporten avgränsas begreppet energi till att bara behandla elenergi. Metoden i studien är framförallt utformad för byggnadstypen sjukhus men kan även vara aktuell för andra typer av större byggnader som rymmer flertalet bostäder eller lokaler. Det har inom den här studien inte funnits utrymme för en fältstudie, där den metod som framarbetades implementerats, utan resultatet av studien är istället en handbok där metoden är beskriven.

1.5 DISPOSITION

Arbetet med rapporten inleddes med en litteraturstudie som sammanställs i kapitel 3-5. Först presenteras en översikt över Sveriges elanvändning och elmarknad. I samma avsnitt beskrivs olika typer av elmätare och vad de nya mätarna har för möjligheter att skapa mer informativ uppföljning av el för kunderna och producenterna. I kapitel 4 förklaras innebörden av energieffektivisering och vilka mål som ska uppnås genom EU-direktiv. I kapitel 5 beskrivs olika metoder för att möjliggöra en eluppföljning baserad på delsystem. I kapitel 6 utförs en investeringsbedömning av de olika uppföljningsmetoderna.

Kapitel 7 visar resultatet av studien av Hus 22 på Danderyds sjukhus och beskriver även vad Stil2-studien säger om elanvändning på sjukhus. I Kapitel 8 sammanställs resultatet av de tidigare kapitlen vilket ligger till grund för metodiken i den fristående skapade handboken. Kapitel 9 presenterar metodikhandboken. Efterföljande kapitel 10 och 11 är diskussion och slutsats. Referenser finns i Kapitel 12.

2. METOD

Det finns fyra olika problemställningar som har analyserats och angripits i rapporten för att ligga till grund för skapandet av metodiken och de kan sammanfattas så här:

- Finns det potential för besparingar?
- Vilken information saknas och eftertraktas?
- Hur ska informationen erhållas?
- Var ska informationen redovisas?

Det första innebär att reda ut om det finns någon potential för besparingar och huruvida de kan uppnås genom en bättre uppföljning. Det andra innebär att reda ut vilken information som då är intressant. Efter kunskap om vilken information som eftertraktas kan en uppdelning av systemet ske för att generera den information som eftersträvas. Den tredje ställer frågan om vilken metod som ska användas för att erhålla den informationen. Behövs mätutrustning eller kan schablonmetoder användas? Med vilken kontinuitet ska resultatet förnyas? Det sista problemet riktar sig till var informationen ska hamna. En massa data som inte analyseras och redovisas är värdelös. Det är därmed viktigt att skapa en bra plattform för informationen där en relevant målgrupp kan ta del av informationen.

2.1 UNDERSÖKNING

2.1.1 VAL AV RELEVANT INFORMATION ATT TA FRAM I METODIKEN

Vilken information som har potential att resultera i energieffektiviseringsåtgärder togs fram genom att skicka ut en enkät, via mejl, till ett antal ackrediterade energieffektiviseringsföretag, genom samtal med personal på FVB och på fastighetsförvaltaren Locum. Urvalet gjordes även genom en studie av rapporter inom området och genom analys av vilken information som är användbar för energideklarationer.

2.1.2 VAL AV METODER

Metoder för disaggregerad eluppföljning valdes ut genom litteraturstudie och metoderna utvärderades sedan genom en investeringsbedömning. I investeringsbedömningen användes nuvärdesmetoden och payofftid. Artiklar och rapporter erhöles genom sökning på databasen ELIN samt från Energimyndighetens hemsida. Böcker erhöles dels genom handledare på LTH samt genom handledare på FVB.

2.1.3 KARTLÄGGNING AV FASTIGHET, DANDERYDS SJUKHUS

Genom ett platsbesök och kartläggning av hus 22 på Danderyds sjukhus behandlades de två tidigare ställda frågorna utifrån ett praktiskt perspektiv.

2.1.4 STIL2-STUDIEN

Informationen om elanvändningen på sjukhus kommer från Stil2-studien, en omfattande studie av energianvändning i lokaler som Energimyndigheten utför. Stil står för Statistik i Lokaler och Stil2 är den andra undersökningen i ordningen som genomförts.

2.2 Metodikhandboken

Metodikhandboken är den produkt exjobbet har genererat och ska ses som en fristående del till rapporten. Handboken ska fungera som en handledning för en fastighetsägare som önskar sig en mer disaggregerad elstatistik eller för någon som är nyfiken på området och undrar vad det innebär och vad det har för fördelar. Den är skriven på ett populärvetenskapligt sätt för att locka en bred publik och ge inspiration för en förändring genom att upplysa om disaggregerad eluppföljning. Inga referenser nämns i handboken utan läsare hänvisas till den här rapporten där alla fakta presenteras med referenser. Handboken finns med som bilaga till den här rapporten.

2.3 FÖRKLARING AV BEGREPP

- Disaggregerat system** - Ett system som består av flera undersystem, med andra ord ett uppdelat system.
- Ström (I)** - Ett elektriskt flöde, anges i enheten ampere (A)
- Spänning (U)** - Spänningen för en elektrisk ström motsvarar trycket i ledningen och anges i enheten volt (V)
- Effekt (P)** - Hur stor mängd elektrisk energi som krävs under en sekund, anges i enheten W som står för Joule/sekund. Effekt erhålls i elläran genom att multiplicera strömmen med spänningen
- Elektrisk energi** - Summan av den effekt som används under en tidsperiod. Erhålls genom att multiplicera effekten med tiden och anges i enheten kWh
- Kilowattimme, kWh** - Den standardiserade enheten för elektrisk energi. Effekten multipliceras med tiden uttryckt i timmar.
- Driftstider** - Hur länge en apparat eller utrustning arbetar och används under en period, oftast uttryckt i timmar.
- Installerad effekt** - Vilken effekt som den installerade utrustningen benämns arbeta med. Finns fler installationer av samma sort kan även den installerade effekten summeras. Ett enkelt exempel är ett rum med tre lampor à la 11 W. Den totala installerade effekten i rummet är då 33 W
- 1-fas ström** - Strömledning som består av en fasledare med växelström och en nollledning.
- 3-fas ström** - Strömledning som består av tre fasledare med växelström, där strömmens fluktuation är förskjuten 120 grader mellan varje

fas, och en nolledning

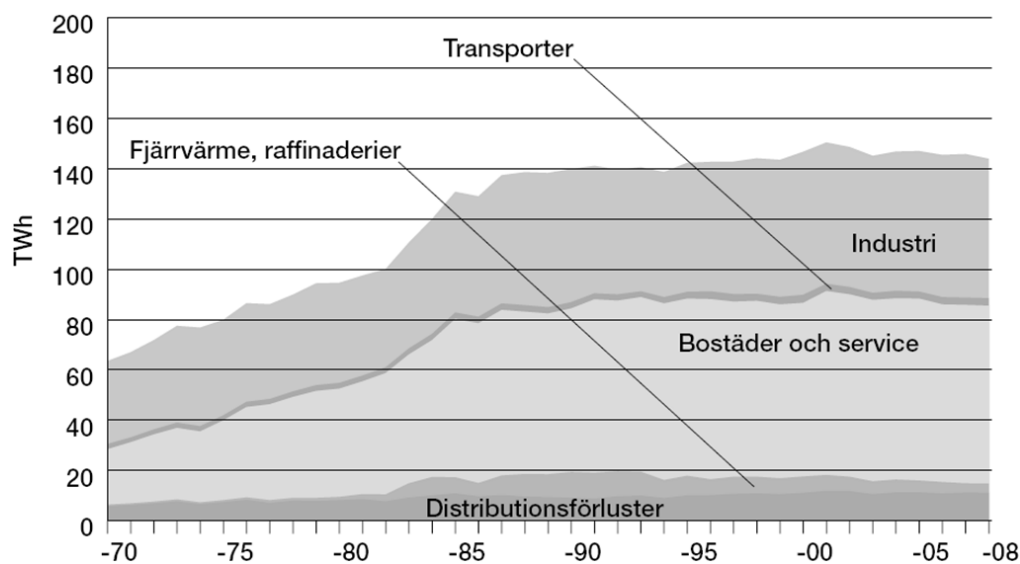
Fördelningscentral	- Fördelar inkommande ström till flera olika ledningar som kan nå olika delar av en fastighet.
Gruppcentral	- Fördelar strömmen från fördelningscentralen på olika belastningar till exempel spis, vägguttag, tvättmaskin
Apparatskåp	- Innehåller driftsystemet för en installation, kan liknas med en installations "hjärta och hjärna"
Fastighetsel	- El som används för att driva de installationer som är kopplade till fastigheten som ventilation, kyla, värme, hissar och pumpar
Hushållsel	- El som används inom ett hushåll, till exempel belysning, spis, tv och andra elektriska apparater
Verksamhetsel	- El som används inom en verksamhet, till exempel belysning, datorer eller annan eldriven utrustning som verksamheten använder
Specifik energianvändning	- Normalsårskorrigerade användningen angett som kWh/(m ² ·år) där arean är A _{temp}
Fläkteffekt, SFP	- Förhållandet mellan tillförd eleffekt och luftflöde, kW/(m ³ s ⁻¹)
Lenital	- Nytt nyckeltal för jämförelse av belysning uttryckt i kWh/(m ² ·år)
A_{temp}	- Golvarean som är avsedd att värmas till mer än 10°C och som begränsas av klimatskalets insida
BTA, bruttoyta	- Area av mätvärda delar av våningsplan, begränsad av omslutande byggnadsdelars utsida eller annan för mätvärdhet angiven begränsning
BRA, bruksarea	- Area av nyttjandeenhet eller annan grupp av sammanhörande mätvärda utrymmen, begränsad av omslutande byggnadsdelars insida eller annan för mätvärdhet angiven begränsning
BOA, boarea	- Bruksarea för utrymmen helt eller delvis ovan mark inrättade för boende
LOA, lokalarea	- Bruksarea för utrymmen inrättade för annat ändamål än boende, sidofunktioner till boende, byggnadens drift eller allmän kommunikation

3. ELANVÄNDNING

Det här kapitlet behandlar ett kort avsnitt om elanvändning i Sverige, dess elmarknad och prissättning samt hur uppföljningen av elanvändningen går till.

3.1 SVERIGES ELANVÄNDNING

Elanvändningen i Sverige har efter att ha ökat väsentligt fram till 1980-talet enbart ökat med ungefär 0,2 % i genomsnitt varje år sen 1987. De sista åren har elanvändningen till och med börjat minska, se Figur 1. År 2008 var Sveriges totala elanvändning 144 TWh medan den totala elproduktionen samma år uppgick till 146 TWh. (Energimyndigheten, 2009)



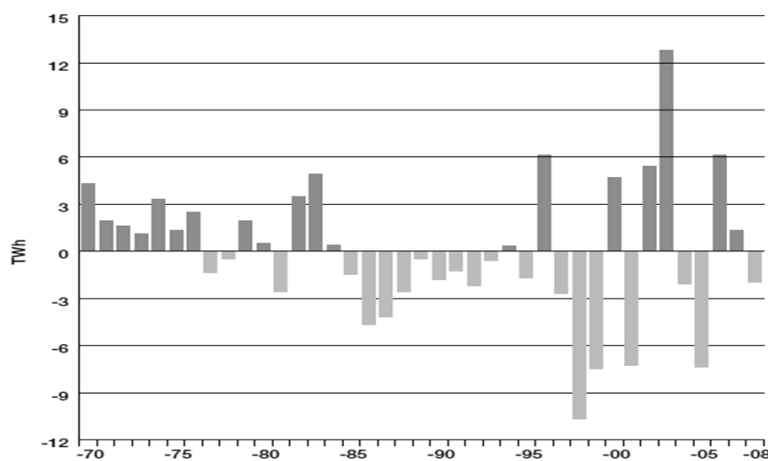
Figur 1 Elanvändningen i Sverige (Energimyndigheten, 2009)

Eftersom el inte kan lagras, i någon större omfattning, måste den produceras i samma sekund som den används. Det innebär att den producerade effekten måste täcka användningsbehovet. De tidpunkter då mest el används kallas för effekttoppar. Även om effekttoppen bara inträffar under en kort tid måste det effektbehovet tillgodoses och produktionen måste därmed vara dimensionerad för att klara effekttoppen. Svenska Kraftnät är de som förvaltar och är systemansvariga för stamnätet i Sverige. De utför prognoser som uppskattar hur mycket effekt som kommer krävas under näst kommande dygn och ansvarar för att balansen mellan produktion och användning upprätthålls. (Svenska Kraft, 2010)

År 2008 var den installerade effekten i Sverige 34 181 MW vilket innebär att det är den maximala som skulle kunna produceras om allt som var installerats användes. Så är dock inte fallet utan produktionen ligger en bra bit under den installerade effekten. Detta beror på att en del av installerade effekten är väldigt dyr i drift, ofta fossilbaserad och har långa uppstartstider vilket innebär att det är billigare att istället importera el än att ta produktionsenheterna i drift. Den 16 januari vintern 2008/2009 inträffade den högsta elanvändningen under det året och uppgick till 24 900 MW. Vid det tillfället producerades 24 500 MW i Sverige och import

utifrån krävdes för att täcka det extra behovet på 400 MW. 2001 uppmättes det högsta effektbehovet någonsin i Sverige på 27 000 MW. (Energimyndigheten, 2009)

Import och export sker momentant hela tiden och import av el sker på så vis även när Sveriges användning inte överskrider den inhemska produktionen (Pyrko, 2004). Sveriges import och export av el sedan 70-talet visas i Figur 2. De positiva mörkare staplarna visar Sveriges elimport och de ljusare negativa staplarna visar exporten.



Figur 2 Sveriges nettoimport/export av el (Energimyndigheten, 2009)

Svensk el produceras framförallt av vattenkraft och kärnkraft och utsläppen av koldioxid, kväveoxider och svaveldioxid är relativt låga. Koldioxidutsläppen är för Sverige i genomsnitt ca 20 kg/MWh (år 2005) medan de för Norden är 100 kg/kWh och för EU(25) 415 kg/MWh (Svensk energi, 2010) Egna siffror för Polen är hela 1242 kg/kWh (år 2003). De största utsläppen, på grund av svensk elanvändning sker därmed när elen importerats från andra länder. (Pyrko, 2004)

Påverkan på miljön förutom utsläpp till atmosfären måste dock också beaktas, speciellt vad gäller nybyggnation. Vattenkraften innebär stora förändringar i närområdet då vattendrag dämms upp och skapar dammar och sjöar där tidigare varit torrmark. Även fisken som leker i vattendragen påverkas av vattenkraften då de inte längre kan färdas fritt från havet till sina lekställen i vattendraget. (Vattenfall, 2010)

Kärnkraften som bygger på kärnklyvning genererar varje år mellan 15-25 ton använt kärnbränsle. Utöver använt bränsle skapas även annat radioaktivt avfall i produktionsprocessen, till exempel driftavfall och rivningsavfall. På grund av sin radioaktivitet är bränslet oerhört skadligt för alla levande organismer och måste förvaras säkert i cirka 100 000 år innan radioaktiviteten klingat av. (SKB, 2010)

Elproduktion påverkar även människans närmiljö genom att produktion byggs i områden där människor bor eller verkar. Med en ökad elanvändning och större effekttoppar krävs utbyggnad av produktionen för att tillgodose effektbehovet. För att undvika import av el och för att reducera utbyggnaden av produktionsanläggningar är det önskvärt att minska

effekttopparna och elanvändningen. En minskning kan på så sätt minska klimat- och miljöbelastningen genom att undvika import av fossil el, ta fossil spetslast ur drift samt minska behovet av nya produktionsanläggningar. (Pyrko, 2004)

Priset på el sätts av Nordpool som är den nordiska elbörsen. På den nordiska börsen deltar alla de nordiska länderna förutom Island och handeln har även utvidgats till att innefatta andra länder i norra Europa som till exempel Tyskland och Polen. Priset på el påverkas bland annat av tillgången på vatten i Norge och Sverige men även av temperaturen, priset på utsläppsrätter och priset på övriga bränslen. (Energimyndigheten, 2009)

Trots att Nordpool ger ett pris som varierar från timme till timme så ger inget elbolag i Sverige en elräkning baserat på timanvändning. Istället beräknas ett genomsnittligt pris, baserat på de redovisade timpriserna från Nordpool, i efterhand varje månad som gäller för just den månaden. I Sverige erbjuds elavtal med rörligt pris, fast pris eller avtal som innehåller både en fast och en rörlig del. Den rörliga delen sätts månadsvis baserat på det genomsnittliga timpriset från Nordpool som nämndes ovan. Informationen om avtal och pris är hämtad från både Eon, Fortum och Vattenfall som är de tre största elproducenterna i Sverige.

Under 2010 förbereddes en proposition om att införa timvis taxering på el istället för ett genomsnittligt pris som sätts månadsvis. Propositionen är planerad att framföras under våren 2011. Samtidigt utreder elmarknadsinspektionen innebörden av timvis mätning av el och har utlovat en rapport i december 2010. Timvis mätning och rörligt elpris kan växla elanvändningen till tidpunkter under dygnet då elpriset är billigare och elbelastningen är mindre. (TT, 2010)

3.2 UPPFÖLJNING AV ELANVÄNDNING

Elen till en fastighet brukar delas upp som fastighetsel, hushållsel och verksamhetsel. Till fastighetsel räknas den el som använts för funktioner i fastigheten såsom fläktar, pumpar och hissar. Hushållsel är den el som används inom ett hushåll. Till verksamhetsel räknas den el som används för att driva installationer som används i verksamheten i en lokal, till exempel medicinsk utrustning, belysning och datorer. (Energimyndigheten, 2008a).

All elanvändning i Sverige registreras av elmätare som mäter den använda elenergin i enheten kWh, kilowattimme. Elmätarna tillhandahåller information till elleverantörerna så att de i sin tur kan fakturera sina kunder för den använda elen. Eftersom elleverantörerna enbart är intresserade av att fakturera kunden för den totala el som kunden använder installeras från deras sida bara en mätare för en byggnad eller ett byggnadsområde eftersom det räcker som underlag för debiteringen. Vill kunden få en bättre uppfattning om sin elanvändning får kunden själv installera ytterligare elmätare för egen räkning. Många hyreshus har till exempel enbart en totalmätning och användningen delas sedan upp på varje lägenhet baserat på kvadratmeter, så kallad kollektivmätning. IMD, individuell mätning och debitering, står för en övergång från kollektivmätning till individuella mätningar och debitering för varje enskild lägenhet (SOU 2008:110).

3.2.1 VARIANTER PÅ ELMÄTARE

Det finns idag tre olika typer av elmätare, ackumulerande mätare, intervallsmätare och smarta mätare. Ackumulerande mätare är den mätare som har använts sedan elektricitetens introduktion och visar enbart summan av den totala förbrukningen sedan mätarens räkneverk startades. Inga data kan lagras i mätaren utan frekventa manuella avläsningar krävs för att se hur förbrukningen ser ut under en viss tidsperiod. Till skillnad från ackumulerande mätare kan intervallsmätare dela upp förbrukningen i olika tidsperioder som vecka, månad och år. (Crossley, 2008)

På senare år har manuell avläsning ersatts mer och mer av automatisk avläsning. De nya mätarna kallas för AMR, Automatic Meter Reading. AMR mätaren sitter hos kunden och registrerar förbrukningen, mätdata skickas sedan via mobilnätet, radionätet eller elnätet till elföretagen (Abrahamsson, 2009).

Fördelarna med AMR för elproducenten och nätföretagen är att mätningen sker automatiskt och sänds via signal från kund till företag vilket eliminerar kostnaden för manuell avläsning. Samtidigt minskas risken för felmätning och även kostnaderna för att retroaktivt rätta till felaktiga räkningar. Fördelen för kunden är att elräkningen nu grundar sig på den faktiska förbrukningen och inte ett schablonvärde. (ESMA, 2008)

Den 21 dec år 2006 beslutade Regeringen om att ”Förordning (1999:716) om mätning, beräkning och rapportering av överförd el” skulle ändras från att ha inneburit uppföljning av elanvändningen minst en gång per år till minst en gång i månaden (Näringsdepartementet, 2009). I det gamla systemet när elmätaren enbart lästes av en gång per år fakturerades kunden varje kvartal utifrån en uppskattad förbrukningsprofil baserad på den årliga mätningen. En energibesparande åtgärd som skett under året kunde endast märkas på elräkningen året efter när en ny mätning låg till grund för faktureringen. Månadsavläsning innebär däremot att mätaren avläses varje månad och därmed krävs inga uppskattningar eller schabloner. Mätningen visar den faktiska förbrukningen och kunden får en mer korrekt uppföljning av sin förbrukning. Kopplingen mellan förbrukning och faktura blir därmed tydligare för kunden och kan ge större möjlighet att främja energihushållning. (Näringsdepartementet, 2006)

Månadsavläsning har dock fortfarande brister då en lägre månadsräkning kan vara en följd av en energieffektivisering, varierande utomhustemperatur eller endast ett lägre elpris. (PCE, 2009).

3.2.2 KOMMUNICERANDE ELMÄTARE

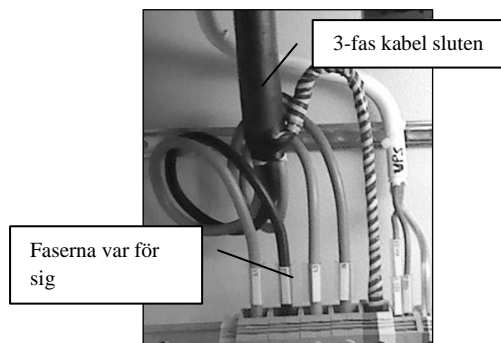
Fjärravläsningen öppnar upp för en ny typ av kommunikation mellan kund och elproducent. Kommunikationen kan vara envägskommunikation eller tvåvägskommunikation. Envägskommunikation innebär att kundens mätare kommunicerar med leverantören genom att skicka förbrukningsdata. Vid tvåvägskommunikation skickas data från kund till leverantör men även från leverantören till kunden. Det kan vara information om förbrukning per timme, det aktuella priset på el, tips på energibesparingar eller information om tidigare förbrukning. En mätare med en tvåvägskommunikation kallas ibland för en ”smart mätare”. (PCE, 2009)

3.3 VAL AV KOMPLETTERANDE ELMÄTARE

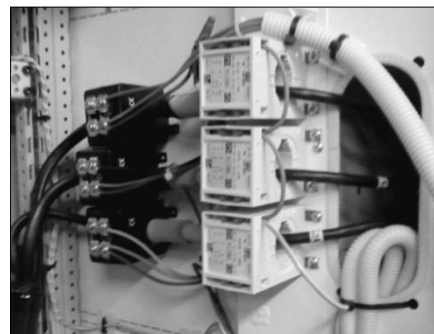
För utökad mätning så kallad undermätning, IMD eller disaggregerat system är det inte längre nätföretagen som tillhandahåller mätare utan den enskilda brukaren som vill få en bättre uppföljning får själv bekosta åtgärden. Det finns många olika varianter av elmätare på marknaden och det gäller att välja en mätare som är lämplig för ändamålet. Beroende på vad som ska mätas och vilken information som efterfrågas finns många olika modeller och prestanda. Det finns även redan färdiga mätsystem på marknaden som bland annat delar upp energianvändningen på el, vatten och värme. Två av dessa modeller är Saber och Energyguard. Dock finns inga enkla system som bryter upp elanvändningen på flera olika installationer. Energyguard mäter förbrukningen av el, vatten och värme och redovisar det timme för timme via en stor display i A3 format. Mätarna sänder även data trådlöst till en databas på internet där kunden kan komma åt all statistik via en hemsida. (Energylogic, 2004a)

3.3.1 ENFAS - TREFAS

Först och främst gäller det att veta vilken typ av ledning som mätaren ska kopplas till, enfas eller trefas. För att få fram totala strömmen för en trefasledning måste strömmen i de tre olika fasledningarna summeras. Varje fasledning måste mätas var för sig vilket kan innebära att öppna trefaskabeln för att frigöra ledningarna, se Figur 3. För enfas finns bara en ledning och då mäts strömmen endast på den.



Figur 3 Trefas kabel



Figur 4 Strömtransformatorer på trefasledning

3.3.2 DIREKTMÄTNING - STRÖMTRANSFORMATORER

Direktmätning innebär att mätaren direkt kopplas på ledningarna vilket är möjligt om inte strömmen är för stor, rekommenderad maxström är 63A. Om strömmen är större blir belastningen för mätarna för stora och istället används strömtransformatorer. Strömtransformatorer sätts runt ledningarna och kopplas sedan till elmätaren. I strömtransformatorerna transformeras strömmen ner till en lägre strömstyrka och den faktiska strömmen fås sedan genom att multiplicera med strömtransformatorns nedskalningsfaktor. (Helsingfors Energi, 2010)

Strömtransformatorer kan vara hela eller öppningsbara och de öppningsbara kan med fördel fästas runt ledningarna utan att ledningarna och tillika strömmen kopplas från, se Figur 4. Då

fasledningarna inte är fria eller då det är för trångt för att koppla på strömtransformatorer runt ledningarna där de sitter måste strömmen brytas för att en inkoppling ska kunna ske.

3.3.3 INFORMATION

Alla elmätare registrerar förbrukningen av el i kWh men med mer avancerade elmätare kan även annan information genereras. Exempel på det kan vara belastningskurvor, värden på aktiv och reaktiv ström och mätning av el i båda riktningarna, både ”importerad” och ”exporterad”. Värden på exporterad el kan vara värdefull då el också genereras, till exempel då det finns en solcellsanläggning. (ABB, 2010a)

3.3.43 MÄTNOGGRANNHET

För att en mätare ska kunna användas för debitering krävs det att den har en MID-märkning. MID står för Metering Instrument Directive vilket är ett direktiv under EU som togs fram för att underlätta en gemensam marknad för elmätare i Europa. Direktivet möjliggör för MID-märkta mätare att användas inom vilket EU-land som helst oavsett var mätaren är tillverkad. (BIS, 2005) Inom MID finns ett klassificeringssystem som visar en mätares noggrannhet. Klasserna är uppdelade i A-D där A har lägst noggrannhet på $\pm 2\%$ och D har högst noggrannhet med $\pm 0,2\%$. (ABB, 2010a)

Förutom den europiska standarden MID finns även den internationella standarden IEC, International Electrotechnical Commission. Enligt standarden IEC 61036 kan mätaren vara klassad som klass 1 eller 2 där lägre klass ger bättre noggrannhet. Klass 2 har en noggrannhet på $\pm 2\%$. (ABB, 2010b)

3.3.5 KOMMUNIKATIONSSYSTEM

Ett kommunikationssystem gör att flera olika mätare kan kopplas samman och avläsas gemensamt från en och samma plats. Det innebär att varje enskild mätare inte behöver besökas och avläsas manuellt. Kommunikationen kan ske med lokala nätverk och den nya standarden inom EU för fjärravläsning av el och gas kallas för m-bus. Med m-bus överförs data bara från en mätare i taget trots att de sitter sammankopplade på samma nätverk. Det innebär att kommunikationskablarna kan vara betydligt mindre än för andra nätverk eftersom de inte behöver hantera så mycket information på en gång och metoden blir väldigt kostnadseffektiv. (Miehlisch, 1998)

Vissa av mätarna har inbyggda kommunikationssystem medan andra kan utrustas med kommunikationssystem i efterhand. Kravet för att kunna installera ett kommunikationssystem på en mätare är att det finns en så kallad pulsutgång. Via pulsutgången sänds en signal eller puls varje gång en viss mängd energi har förbrukats. Ofta sänds signalen via infrarött ljus. En sensor med kommunikationsutrustning kan kopplas till pulsutgången, registrera förbrukningen och skicka informationen till en mottagare. (ABB, 2010a)

De nyaste mätinstrumenten kan även använda sig att trådlösa nätverk för att kommunicera med en mottagare, Detta innebär att informationen kan lagras via internet direkt och nås via en PC eller en mobiltelefon vilket gör insamling och bearbetning av data smidigt. (Intab, 2010)

4. ENERGIEFFEKTIVISERING

Här presenteras de mål som satts upp inom energieffektivisering till 2020 och ett av de styrmedel som använts för att nå målen, nämligen energideklarationer.

4.1 EFFEKTIVISERINGSMÅL

I juni 2009 lagstodgades i EU de nya klimat- och energimål som har kommit att kallas för 20-20-20 målen. 20-20-20 målen innebär att innan år 2020 ska:

- Emissionerna av växthusgaser inom EU ha minskat med 20 % jämfört med 1990 års nivåer
- 20 % av energikonsumtionen inom EU försörjas med förnyelsebara energikällor
- 20 % av energianvändningen inom EU minskas genom energieffektivisering

(Europeiska Kommissionen, 2010)

Den här studien behandlar det tredje målet, att minska energianvändningen med 20 % fram till 2020. Riksdagen har satt upp ett delmål att energibesparingarna ska ha uppnått till 9 % redan till 2016 jämfört med nivåerna från 2001-2005. För energieffektivisering i byggnader har svenska riksdagen också satt upp nationella mål som innebär att den totala energianvändningen per uppvärmd areaenhet i bostäder och lokaler ska minska med 20 % till 2020 och 50 % till 2050 jämfört med 1995 års nivåer. (SOU 2008:110)

Inom målet för energieffektivisering har en handlingsplan skapats inom EU som beskriver vilka åtgärder som ska leda fram till det önskade resultatet. Handlingsplanen beskriver att energieffektivisering ska skapas genom att öka energiprestandan på produkter, byggnader och service, förbättra eldistribution och produktion, förenkla för finansiering och investeringar i branschen, öka det internationella fokuset på området samt uppmuntra förändring i konsumtionsbeteende. Med konsumtionsbeteende menas, i handlingsplanen, minskad energianvändning till följd av förändrade vanor och genom viljan att investera i ny energisnål teknik. Energianvändning i byggnader står för hela 40 % av energianvändningen inom EU och skapat specifikt för energieffektivisering av byggnader finns EU-direktivet om byggnaders energiprestanda. Direktivet presenterades 2005 och implementerades 2007. Direktivet innebar införandet av energideklarationer, regelbundna inspektioner av ventilation och pannor samt standarder för energimätning och energikartläggning. (Maldonado, 2010)

I maj 2010 lagstiftades en ny version av direktivet som ytterligare lägger vikt på utförande och visualisering av energideklarationerna, kräver minimal energiförbrukning hos nybyggda hus samt presenterar ett mål om att alla byggnader som byggs efter 2020 ska vara passivhus. (Energise, 2010)

4.2 ENERGIDEKLARATIONER

Med bakgrund i EU-direktivet om byggnaders energiprestanda, som presenterades i stycket ovan, skapades i Sverige ”lagen om energideklarationer för byggnader” som trädde i kraft

1 oktober 2006. Energideklarationen fungerar som en besiktning av energianvändning och inomhusklimat för byggnader och ska främja och underlätta arbetet med energieffektivisering. (Adalberth et al. 2008)

I lagen står vilka byggnader som ska energideklarerats och hur ofta en deklARATION ska ske. Energideklarationen ska utföras av en certifierad energiexpert från ett ackrediterat företag. (SFS 2006:985)

Sedan starten 2007 har 282 501 byggnader deklarerats i Sverige och under 2010 har i genomsnitt 8 800 deklARATIONER registrerats varje månad. (Boverket, 2010)

4.2.1 VILKA BYGGNADER GÄLLER DET?

Den som uppför en byggnad eller låter uppföra en byggnad är skyldig att se till att det finns en energideklaration för byggnaden. Den som äger en byggnad ska se till att det finns en energideklaration som inte är äldre än tio år om byggnaden har en användbar golvyta större än 1000m² eller om byggnaden, eller en del av den, upplåts med nyttjanderätt. Med nyttjanderätt menas att byggnaden används av någon annan än den som äger den, till exempel ett hyreshus. När försäljning av en byggnad sker är säljaren skyldig att uppvisa en energideklaration som inte är äldre än tio år vid försäljningstillfället. (SFS 2006:985)

4.2.2 VAD INGÅR I DEKLARATIONEN?

Energideklarationen ska innehålla uppgifter om byggnadens energiprestanda och om huruvida en obligatorisk funktionskontroll av ventilationssystemet har utförts. Det ska även stå om radonmätning har utförts i byggnaden. Energideklarationen innehåller också rekommendationer om kostnadseffektiva åtgärder ifall byggnadens energiprestanda kan förbättras utan att en god inomhusmiljö äventyras samt referensvärden som möjliggör jämförelser med andra byggnaders energiprestanda. Resultatet av energideklarationen ska sättas upp i byggnaden på en för allmänheten synlig plats. (SFS 2006:985)

4.2.3 ELUPPFÖLJNING INOM ENERGIDEKLARATIONER

Uppföljningen av el inom energideklARATIONER innebär att fastställa hur mycket el som används som fastighetsel, hushållsel, verksamhetsel och el för komfortkyla. Hushållsel och fastighetsel är inte obligatoriska uppgifter men fastighetsel och eventuell el för komfortkyla måste anges. De senare används för att beräkna byggnadens energiprestanda. I deklARATIONEN kan även anges hur mycket el som används till uppvärmning genom direktel, elpanna eller värmepump. (Adalberth et al, 2008)

Genom energideklARATIONER kan en fastighetsägare få information om sin fastighets energiförbrukning och också vilka energieffektiviseringsåtgärder som borde utföras. Dock krävs bara uppföljning var tionde år och under den tiden finns ingen information om hur besparingen blev efter åtgärden eller om något annat borde förändras. Fastighetsägaren kan bli rekommenderad att utföra vissa åtgärder men det är ingenting som måste genomföras. Av de lönsamma åtgärder som det finns potential för genomförs endast 15 % (SOU 2008:110).

4.3 NYCKELTAL

Nyckeltal är ett jämförelsetal som möjliggör jämförelse mellan olika objekt och över tid. Nyckeltal fungerar som standardisering av hur ett resultat ska redovisas och bygger på att det finns tydliga regler för vilka parametrar som ingår i nyckeltalet och hur dessa tas fram. Genom nyckeltalen kan olika objekt och lokaler jämföras med varandra eller med olika riktlinjer för energiförbrukning. Det finns många olika nyckeltal för olika funktioner och många länder har även sina egna varianter. I en rapport från Boverket beskrivs även att nyckeltalet har olika funktion beroende på vem som tar del av informationen. Politiker kan bland annat sätta upp nationella mål när det gäller nyckeltalen medan fastighetsägaren kan jämföra sina olika byggnader med varandra och se om det är någon som avviker. För den enskilde brukaren kan nyckeltalet ge information om ifall ett förändrat beteende har gett några besparingseffekter. (Johansson et al, 2001)

4.3.1 ENERGIANVÄNDNING I BYGGNADER

2001 tog Boverket fram ett nyckeltal som gällde energianvändning i byggnader. Resultatet blev energinyckeltalet nedan som brukar benämnas specifik energianvändning. Boverket hänvisar till att nyckeltalet bör jämföras med byggnader av samma typ, med andra ord småhus för sig och sjukhus för sig. (Johansson et al, 2001)

Specifik energianvändning:

$\text{kWh}_{\text{index}}/\text{år}$ - total tillförd energi till byggnaden under ett år fördelat på energislag
index - el resp. fjärrvärme, olja, gas, kol, torv, ved, flis, pellets eller övrigt
 m^2 - temperaturreglerad bruksarea (BRA(t)) enligt Svensk standard 02 10 53

Golvytorna i en byggnad klassas in i olika areatyper. Det är bruttoarea (BTA), bruksarea (BRA), boarea (BOA), lokalarea (LOA) och A_{temp} . Areorna återfinns med korrekta definitioner i avsnitt 2.3. BTA är alltid störst eftersom den innefattar alla de andra areorna och mäts från byggnadens utsida. BRA är mindre än BTA eftersom den mäts från byggnadens insida. BOA och LOA är mindre areor och utgör enbart delar av de två ovannämnda areorna. BOA och LOA kan ej gälla samma area eftersom BOA är boendetrymme och LOA lokalutrymme.

I boverkets definition av specifik energianvändning används bruksarean BRA(t) medan A_{temp} används i energideklarationer. Eftersom det finns fler areor är det viktigt att tydligt indikera vilken area som menas. Om A_{temp} saknas kan, enligt en omräkningsschablon från boverket, BTA, BRA, LOA och BOA räknas om till A_{temp} om de areorna istället är tillgängliga. BRA och A_{temp} är i stort sett lika stora. (Adalberth et al, 2008)

Vid registrering av energideklarationen på boverkets hemsida sker omräkningen mellan areorna automatiskt. (Boverket, 2010)

4.3.2 BELYSNING

Ur direktivet om byggnaders prestanda har standarden *Energy Performance of Buildings - Energy Requirements for Lighting* skapats, BS EN 15193. Standarden tar upp en metod för

att beräkna fram energiåtgången för belysning för olika byggnadstyper. Metoden kallas för the Lighting Energy Numeric Indicator, LENI, och resultatet ska redovisas i kWh/(m²·år). Standarden har även tagit fram riktlinjer för nyckeltalet för de olika byggnadstyperna, se Tabell 1. (Whitecroft, 2010)

Tabell 1 Lenital för belysning (BS EN 15193)

Byggnad	LENI (kWh/(m ² ·år).)	
	Manuell styrning	Automatisk styrning
Sjukhus	63,9-160,6	50,7-126,3
Kontor	38,5-67,1	33,2 – 55,8
Utbildning	31,9-54,9	24,8- 41,8

Ett annat nyckeltal för belysning är belysningseffekt som beskrivs i W/m² (Abel et al, 2006). Belysningseffekten kan tydligare visa om det finns ovanligt mycket belysning i ett rum. Ett högt LENI-tal kan både bero på stor installerad effekt eller långa driftstider. Båda talen kombinerade ger en mycket bra bild över belysningen.

4.3.3 VENTILATION, SFP-TAL

Ett nyckeltal för ventilation är fläkteffekt som benämns som SFP-talet. För ventilation rekommenderar boverket specifika värden på fläkteffekt för olika typer av ventilationstyper som ej bör överskridas, se Tabell 2. Fläkteffekt är förhållandet mellan tillförd eleffekt och luftflöde, se ekvation 1. Låga värden på SFP-talet erhålls genom energieffektiva aggregat och låga tryckfall i kanaler, luftintag och don.

$$\text{Fläkteffekt: } SFP = \frac{\text{tillfördeffekt}}{\text{luftflöde}} \quad (1)$$

Tabell 2 Fläkteffekt (BFS 2006:12, avsnitt 9.6)

Typ av ventilationssystem	SFP-tal (kW/(m ³ /s))
Till och från luft- värmeåtervinning FTX	2,0
Till och från luft- utan värmeåtervinning FT	1,5
Frånluft- värmeåtervinning FX	1,0
Frånluft- utan värmeåtervinning F	0,6

4.3.4 KYLA

Två nyckeltal för kyla är kyleffekt W/m² eller kylenergi kWh/(m²·år).

4.4 ENERGIEFFEKTIVISERING GENOM TEKNISK UTVECKLING

Hur stor förbrukning av el är i en lokal kan sammanfattas i tre punkter. Denna översikt är framtagen för hushåll men gäller även för andra lokaler.

- Förekomst av apparater
- Hur mycket el som varje apparat drar
- Hur mycket varje apparat används

En energibesparing kan ske både genom en teknisk åtgärd och genom en beteendeförändring. För de två första punkterna kan en energibesparing ske genom en teknisk åtgärd. När det gäller det tredje kan även beteende påverka elförbrukningen. Ses det till bestående besparingar utgör de tekniska åtgärderna 90 % av besparingen (Elforsk, 2005b).

Att bygga energieffektivt när nya hus upprättas är viktigt för att minska energiförbrukningen i samhället men att bara förlita sig på att nya hus är energieffektiva räcker inte utan de byggnader som redan existerar måste också ses över. Så länge de gamla byggnaderna använder lika mycket energi som de alltid har gjort kan det totala energibehovet för byggnader aldrig minska. Äldre byggnaders energiprestanda måste ses över för att undersöka möjligheterna för energieffektivisering. Energieffektivisering får dock aldrig ske så att en byggnads användbarhet eller hållbarhet riskeras och den får inte heller påverka inomhusklimatet negativt. Utöver detta måste en åtgärd vara kostnadseffektiv. Abel och Elmroth ger i sin bok två kriterier som båda ska vara uppfyllda för att energieffektiviseringsåtgärd ska vara motiverad. Uppfylls inte kraven är åtgärden inte energieffektiv.

- Tekniska lösningar eller åtgärder för minskning av energibehovet får inte försämra husets funktion, innemiljö eller tekniska kvalitet
- Resursförbrukningen för tekniska lösningar eller för åtgärder som minskar behovet av energi, måste balanseras av den verkliga totala energibesparingen

(Abel et al, 2006)

Vanliga åtgärder i bostadshus är att minska värmeförlusterna och samtidigt erhålla en energieffektiv värmeförsörjning. Oftast är det tätning av fönster och isolering av vind som åtgärdas för att minska värmeförlusterna. Byte av oljepanna eller elvärme till annan värmekälla ger effektivare värmning. I kommersiella lokaler är det istället ventilationssystemen som oftast är källan till energibesparingar. (Abel et al, 2006)

Potentialen av energibesparing i kommersiella byggnader uppskattas till 30 % (Europeiska Kommissionen, 2008).

Innan en åtgärd genomförs måste även dess effekt på den aktuella byggnadens totala värme och elbehov utredas. Även om åtgärden enskilt har en direkt besparingspotential så kan den påverka den totala energibalansen i byggnaden. En energibesparing kan vara enbart ekonomisk eller också samtidigt leda till minskad miljöpåverkan. Den ekonomiska besparingen är relativt enkelt att räkna ut medan en miljöpåverkans analys är klart mer komplex. En metod för att beräkna miljöpåverkan är en så kallad livscykelanalys, LCA. I LCA analyseras en produkts påverkan på miljön, som till exempel utsläpp av föroreningar eller uttag av ändliga resurser, från vaggan till graven. Den ekonomiska besparingen brukar beräknas med så kallad livscykelkostnadsmetod, LCC. (Abel et al, 2006)

LCC beräknar den totala kostnaden för investeringen under hela dess livstid. Livscykelkostnaden för en produkt innefattar kostnad för investering, kostnad för underhåll

och kostnad för energianvändning. På så sätt kan två produkter med olika investeringspris och energianvändning jämföras för att se vilken som är mest kostnadseffektiv. Ibland tillkommer ytterligare kostnader för investeringen som miljökostnader eller kostnader för borttagande av installationen efter dess livstid som även de måste tas med i LCC beräkningen. (Energimyndigheten, 2007a)

4.5 ENERGIEFFEKTIVISERING GENOM BETEENDEFÖRÄNDRING

Information om energihushållning och tydlig återkoppling till den egna elanvändningen har i flera studier visats sig ha positiva effekter i ett energieffektiviseringsperspektiv. Studier utförda i Sverige och utomlands har demonstrerat att informationsspridning skapar incitament för energihushållning och att ju mer information och möjlighet till påverkan som ges desto större blir energihushållningen. (Henryson et al. 2000)

Nästan alla studier som behandlar beteende och energibesparingar är utförda på hushåll och det är oklart hur effekterna blir på en arbetsplats som ett sjukhus.

4.5.1 INFORMATION OCH ÅTERKOPPLING

Effekten på energieffektivisering till följd av informationsspridning kan vara svår att förutspå. Det krävs att informationen är riktad och utarbetad specifikt till den målgrupp som ska informeras. Informationen kan sedan ha två olika mål; att främja byte eller uppgradering av installationer eller att uppmuntra till ett förändrat beteende hos en målgrupp. (Henryson et al. 2000)

Information kan bestå av enbart undervisande material som till exempel information om miljöproblem och energieffektivisering eller bestå av statistik om den egna elförbrukningen och elförbrukningsmönster. Enbart undervisande information kan ge energibesparingar men många gånger är effekten endast kortvarig. (Henryson et al. 2000)

Ett komplement till den undervisande informationen är statistik om den egna förbrukningen, ett så kallat återkopplingssystem. Ett återkopplingssystem ger direkt information om det förändrade beteendet via till exempel en monitor som visar realtidsförbrukning i hemmet eller genom informativa elfakturor. Återkopplingssystemet har visats sig ge mer långvariga effekter på energibesparingen. Då tester pågått under en längre tid, som över tre månader, har försökspersonerna ändrat sitt beteende mer långsiktigt. I en studie kunde försökspersonerna efter en tid inte ens urskilja vilken förändring de i första steget hade gjort eftersom det nya beteendet nu föll sig naturligt. Återkoppling utan undervisande information ger dock ett sämre resultat än om det samordnas. (Darby, 2006)

4.5.2 DIREKT ÅTERKOPPLING

”Learn by looking” (Darby, 2009)

Direkt återkoppling innebär att effekten av en åtgärd direkt synliggörs. Till exempel genom att se den aktuella förbrukningen på en display och se skillnaden i förbrukning när en lampa tänds eller släcks. Enligt Sarah Darby kan ett direkt återkopplingssystem ge en energihushållning på mellan 5-15 %. (Darby, 2009) Vid Ystad saltsjöbad, installerade man

energimätningssystemet Energyguard som visar den momentana förbrukningen och historiska data på en stor display. Första året minskade de sin elförbrukning med 18 %. (Energylogic 2004b)

4.5.3 INDIREKT ÅTERKOPPLING

”Learn by reading and reflecting” (Darby, 2009)

Indirekt återkoppling innebär att förbrukningsdata har genomgått en behandling eller sammanställning innan den når brukaren igen. Ett exempel på indirekt återkoppling är elfakturor. Att utöka informationen på elräkningen har visats ge besparingar på 0-10 %. En utökning av informationen kan till exempel vara att jämföra den senaste månads förbrukning med tidigare månadsförbrukningar eller med andra hushåll. (Darby, 2009)

4.5.4 UPPDELAD ÅTERKOPPLING

I en studie i Norge där hemmets elförbrukning delades upp och redovisades för varje enskild installation ansåg 81 % av testpersonerna att det var användbart och 38 % ansåg att de lärt sig något. Dock finns ingen längre undersökning som visar hur energisparandet påverkas på lång sikt (Darby, 2006)

Denna typ av information efterfrågas dock i allt större utsträckning av konsumenter (Bartusch, 2009) och tros av somliga vara den återkopplingsform som kan ge störst besparingar (Hallin et al, 2007).

4.5.5 REDUKTION AV EFFEKTTOPPAR

En studie har visat att de två metoder som har effekt när det gäller att minska effekttoppar är rörlig prissättning, som innebär höga priser då efterfrågan är stor, samt smarta apparater som via automatisk styrning minskar sitt effektbehov då effekttoppar inträffar. Minskningen var 25-45 % när båda metoderna tillämpades men om endast rörligt pris användes minskade effekttoppen bara med 10-15 %. (PCE, 2009)

4.5.6 IMD

När individuell mätning och debitering införts i lägenheter, där det tidigare enbart varit kollektivmätning, har det visat sig ge besparingar på i genomsnitt 10-15 % (SOU 2008:110). IMD innebär att varje lägenhet mäter sin egen el och betalar sen för så mycket som de använder. Detta är ett tydligt exempel på en beteendeförändring när tydliga incitament ges. IMDs införande i lokaler bedöms leda till en 5-10 % besparing av el (SOU 2008:110).

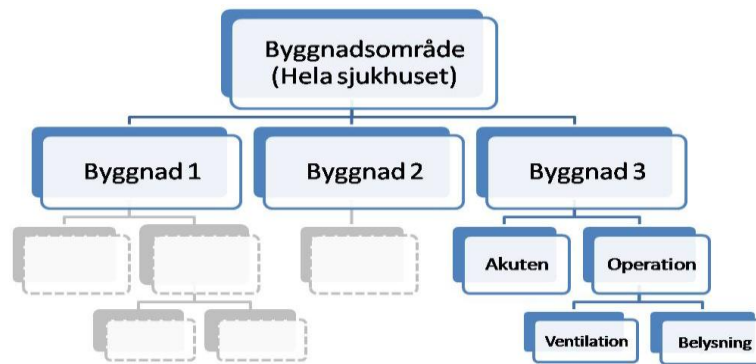
5. METODER FÖR DISAGGREGERAD ELUPPFÖLJNING

Här presenteras de metoder som finns tillgängliga för att skapa en disaggregerad uppföljning och de utvärderas utifrån vilken information som de kan ge samt möjligheten för implementering

Att redovisa exakt vilken apparat eller installation som förbrukar vad i en lokal kan ha flera fördelar. Dels får brukaren information om sin användning och dels kan felaktiga eller felinställda installationer upptäckas och överdriven elkonsumention på så sätt undvikas. En uppfattning om vilka installationer som är mest elkrävande behöver inte vara den korrekta utan det kan finnas förutfattade meningar om vad som förbrukar vad. Ofta stämmer inte driftstiderna med vad som uppgetts av verksamheten och därför krävs det ibland att mätning av driftstider sker. Det finns de tillfällen då verksamheten uppgett att ventilationen är dagtidsstyrd men i själva verket går dygnet om efter en mätning av driften (Berglund, 2010). En bättre uppföljning kan ge svart på vitt istället för att bygga på antaganden. Informationen kan även kopplas till automatiska styrsystem eller till eldistributören som kan använda informationen till att styra bort en del av effektbehovet till tidpunkter med lägre belastning på nätet (Berges et al. 2010).

För stora byggnadsområden, med många hus, som enbart har en elmätare som registrerar totala elförbrukningen kan en uppdelning med individuell mätning på varje hus generera information om var en insats är mest värdefull. En stor ökning av förbrukningen för ett enskilt hus inom området innebär endast en liten eller knappt märkbar ökning på den totala förbrukningen. Det innebär att förbrukningsökningen blir svår att upptäcka och ännu svårare att åtgärda eftersom ökningen inte kan återkopplas till någon enskild byggnad. Genom en uppdelning där varje enskild byggnad inom ett byggnadsområde blir ett eget system kan små viktiga förändringar synliggöras. De kan åtgärdas om förbrukningen ökat eller fungera som en motivation för fortsatt besparingsarbete om förbrukningen minskat.

Uppdelningen från totalförbrukning till ett mer disaggregerat system kan utföras på olika sätt och nivåer. En totalförbrukning kan vara elförbrukningen för ett byggnadsområde, förbrukningen för en enskild byggnad eller en avdelning. Delsystemet i en disaggregerad uppföljning kan i sin tur vara en enskild byggnad, avdelning, en specifik funktion eller en installation. Ett delsystem kan även bestå av flera byggnader, avdelningar eller funktioner tillsammans som det synes lämpligt. Figur 5 visar ett exempel på en skiss över ett disaggregerat system.



Figur 5 Disaggregerat system

Det finns flera olika metoder som har prövats för att få fram information om slutanvändningen. Det finns de metoder som bygger på att använda mätutrustning och dels de metoder som undviker mätutrustning och som istället bygger antaganden eller en avancerad mjukvara. Den ultimata metoden som eftersträvas är en teknik som kräver lite utrustning men som ger hög kvalitet på insamlad data (Berges et al. 2010) .

För att det ska vara motiverat att investera i ett mätsystem krävs det att investeringskostnaden inte överskrider den kostnadsbesparing som genom energieffektivisering och energihushållning kan genereras med hjälp av det nya mätsystemet. I studien kommer några olika metoderna att analyseras med en investeringsbedömning.

En uppföljning av delsystem kan utföras vid enbart ett mättillfälle eller kontinuerligt. Kontinuerlig uppföljning innebär att mätningar sker inom ett kort intervall. Tätheten av mätningarna är begränsande för vilken information som mätningen kan ge. För att en händelse ska registreras krävs att intervallet mellan mätningarna är mycket kortare än själva händelsen. Om intervallet mellan punkterna blir för långt kan snabba förändringar inte registreras. (Jensen, 2010)

Beroende på vad som ska mätas är därmed valet av tidsintervall viktigt. För en uppfattning om olika installationers förbrukning kan en mätning med ett intervall på ett år vara tillräckligt men för att se hur effekten fluktuerar under en dag eller timme för en specifik installation kan korta intervall på en sekund krävas.

5.1 UTRUSTNINGSBASERAD MÄTMETOD

Utrustningsbaserad mätmetod innebär att placera mätare på elcentraler eller apparatur för att på så vis samla in data om effekt och förbrukning. Insamlad data kan sedan hanteras i ett relativt enkelt mjukvaruprogram. Nackdelarna med metoden är att många elektriska apparater är inkopplade på olika sätt och kan kräva olika typer av mätare. Metoden kan bli både dyr och installationstung om det är många installationer som ska ingå i mätningen. En felkoppling innebär även ett fel som inte kan upptäckas av systemet (Berges et al. 2008), till exempel att elmätaren kopplats till frysen istället för spisen som det står i beskrivningen. Fördelarna är att det krävs en väldigt liten arbetsinsats när utrustningen väl är på plats och resultatet kan visa både totalförbrukning och belastningskurvor. Data kan även skickas automatiskt och visas på

en hemsida utan att behöva samlas in eller bearbetas manuellt. Mätutrustning ger den mest exakta uppföljningen eftersom den faktiska förbrukningen och det faktiska användarmönstret synliggörs. Uppföljningen kan även ske med täta intervall och till och med visa den momentana förbrukningen. I avsnittet 3.4 beskrevs olika typer av elmätare och vilka olika egenskaper de kan ha.

Tillgänglig information:

- Total förbrukning
- Momentan förbrukning
- Belastningskurvor
- Disaggregerad uppföljning

5.2 SCHABLONMETODEN

”schablo’n, formstycke av trä, plast, metall e.d. som fungerar som mall eller mönster, t.ex. vid massproduktion av en viss bild på papper eller ett visst mönster på t.ex. keramik eller tyg”

(National Encyklopedin, 2010)

En schablon är en färdig mall som kan användas för att skapa mönster eller beräkningar och kan vara användbar om tillgången på verklig information är begränsad och ett förenklat antagande är tillräckligt. Resultat kan genereras genom att till största delen använda tidigare kända data. Till exempel kan en installations energiförbrukning beräknas genom kunskap om dess last, egenskaper och en uppskattning om drifttiden. I Tabell 3 visas genomsnittliga drifttider för fläktar och belysning inom vårdinrättningar, ett resultat från Stil2-studien. Stil2-studien presenteras närmre i avsnitt 7. Med de drifttiderna skulle elförbrukningen för belysning till exempel kunna beräknas för vilket sjukhus som helst. Resultatet kommer inte vara helt exakt utan mer ge en bild över förbrukningen. I det här fallet är drifttiderna bara angivna per år och resultatet ger således endast kunskap om total förbrukning per år. Schablonvärdet kommer även att ge samma resultat hela tiden om ingen korrigerig görs.

Tabell 3 Genomsnittliga drifttider för fläktar och belysning inom sjukhus efter resultat från Stil2-studien(Statens Energimyndighet, 2008)

Fläktar	Drifttid/år
Verksamhets tid > 12 h/dygn	7012 h
Verksamhets tid < 12 h/dygn	6078 h
Belysning	Drifttid/år
Verksamhets tid > 12 h/dygn	2 714 h
Verksamhets tid < 12 h/dygn	1 961 h

I exemplet nedan visas en beräkning av belysningens förbrukning baserat på installerad effekt och drifttider.

Exempel belysning:Installerad effekt: 130 kW Driftstider: 2 741— A_{temp} : 12 650 m²

Total förbrukning= 130 kW·2 714 —= 352 820 —

Specifik förbrukning $e_l = 27,8$ —

Resultatet ger en god uppskattning om belysningens förbrukning i byggnaden vid ett specifikt tillfälle. När ny apparatur installeras förändras både effektbehov och driftstider och gör att de tidigare schablonvärdena blir inaktuella. Att beräkna elförbrukningen kontinuerligt med hjälp av en schablon krävs att schablonen hela tiden är under förändring och korta tidsintervall är inte möjliga med schablonmetoden.

Tillgänglig information:

- Disaggregerad uppföljning

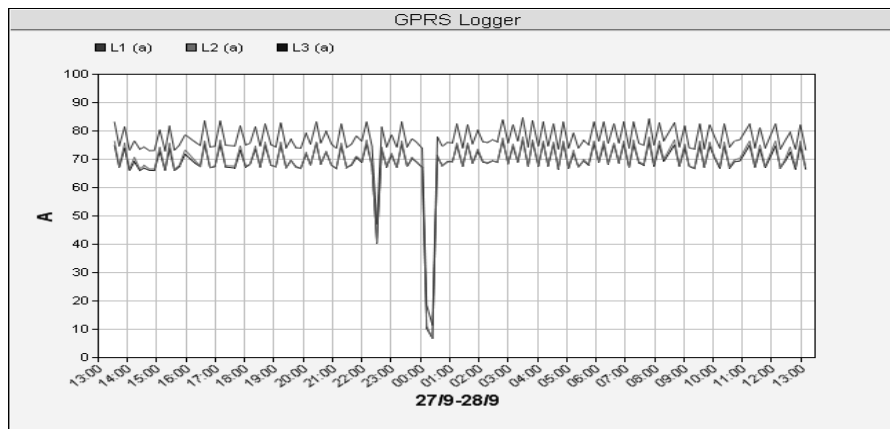
5.3 HANDLINGSBASERAD METOD

Istället för fastmonterad mätutrustning kan mätningen ske genom ett manuellt utförande. Mätinsamling sker då genom att flytta en mätare mellan olika installationer efter ett bestämt schema. Beroende på vilken variant av mätare som väljs blir omfattningen på informationen olika men fördelaktig är om mätaren loggar både förbrukning och effektprofil. Genom att göra mätningar kan det påvisas om driftstiderna är annorlunda än vad verksamheten angett. Data från mätaren eller så kallad logger kan antingen skickas trådlöst via GPRS eller tankas från logger till en dator på plats. Kostnaden för den här metoden ligger i antal timmar det krävs för en person att utföra mätningen samt inköpskostnaden för utrustningen. En nackdel med metoden är att det kan vara svårt att komma åt utrustning som ska undersökas och om kanalskena¹ används finns heller inga kablar att koppla mätaren runt. En elektriker eller person med elbehörighet krävs oftast för att koppla in mätutrustningen. (Berglund, 2010)

Fördelen för de som jobbar med energieffektiviserings är att utrustningen kan användas för flera olika lokaler och byggnader eftersom den är flyttbar. Figur 6 visar hur mätdata från en trådlös logger kan se ut. Tidslängden för en mätning måste minst vara ett dygn för att några slutsatser om förbrukningsmönstret ska kunna dras. Mer fördelaktigt är om mätningen sker under en hel vecka eftersom både veckodagar och helgdagar då finns med. (Berglund, 2010)

Flera dagars mätning ger även en säkrare bild om dygnsförbrukningen eftersom ett medelvärde kan genereras.

¹ En ny teknik att distribuera el enkelt i en byggnad. Istället för att dra kablar genom huset går elen istället via en skena, beskrivs mer i avsnitt 7.4.3



Figur 6 Ett dygns mätdata från logger som inhämtas via en hemsida (FVB Gävle via Intabs hemsida)

Tillgänglig information:

- Belastningskurvor
- Disaggregerad uppföljning

5.4 REALTIDSAVLÄSNING

Den enklaste metoden att få information om kontinuerligt totalt nyttjande innebär att en display visar en lokals totala momentana förbrukning i realtid. Om en apparat slås på visas direkt en ökad effekt på displayen och brukaren får information om apparatens effektbehov och kan dra slutsatser om huruvida apparaten använder en stor eller en liten last. Dock erhålls ingen information om hur länge en apparat används eller hur stor del av den totala effekten och den totala energianvändningen den utgör. Metoden kan visa total förbrukning per timme, dygn eller månad men inte vad energin använts till. (Berges et al. 2008)

Metoden lämpar sig bland annat för hushåll där en realtidsdisplay visat sig ge effekter på 5-15 % i energisparande, se avsnitt 4.4.2, men kan ha bristande effekt på ett sjukhus. Eftersom ett sjukhus består av så väldigt många olika delar krävs många olika monitorer. En monitor för hela sjukhuset placerat i ett rum når inte speciellt många av personalen. Monitorer på varje avdelning eller där människor vistas i stor grad hade i så fall varit önskvärdt. Metoden fungerar bra som ett komplement till de tidigare nämnda metoderna men ger inte det resultat som önskas enbart i sig själv.

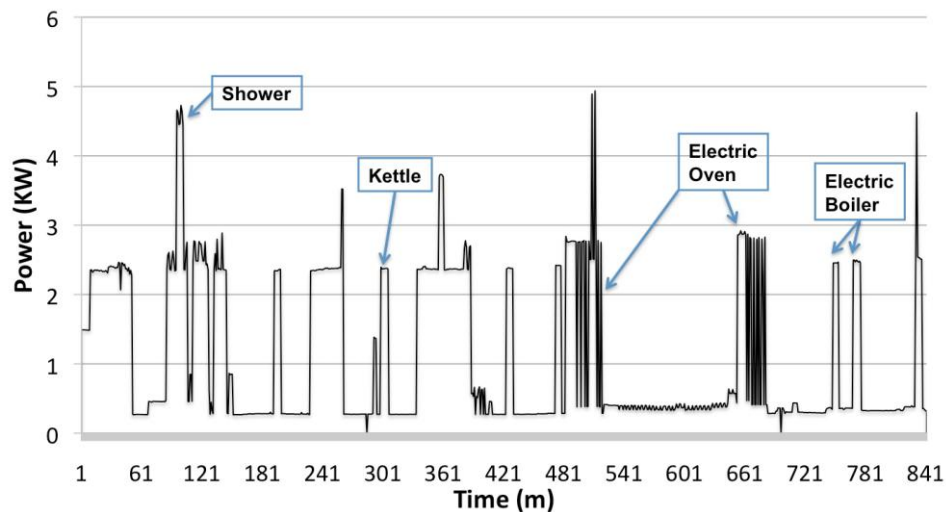
Tillgänglig information:

- Total förbrukning
- Momentan förbrukning

5.5 NON-INTRUSIVE LOAD MONITORING

En annan metod som presenterades under 80-talet och som sedan patenterades av George Hart med flera 1989 (U.S Patent 4.858.141) är den så kallade Non-Intrusive Load Monitoring, eller NILM som den brukar benämnas. Non-Intrusive Load Monitoring kräver till skillnad från utrustningsbaserade metoder inga mätare placerade vid apparaturen utan enbart en mätare som

mäter totalförbrukningen. NILM bygger på att känna igen olika apparaturs signaturer och urskilja dem ur den totala elförbrukningens brus.



Figur 7 NILM Princip skiss (Ruzelli et al, 2010)

De första modellerna var utformade för att detektera när en apparat slogs av eller på och den specifika skillnaden i effektuttag kunde härledas till just en apparat, se Figur 7. Dock har flera apparater liknande mönster vilket gör det svårt att skilja dem ut och många apparater har även varierande effektbehov vilket gör det svårt för modellen att upptäcka händelsen. Modellen har i efterhand utvecklats till att registrera transienter och även harmoniska svängningar för att förfina urskiljningen. (Berges et al. 2008)

Metoden faller tyvärr lite på att all apparatur som ska detekteras i ett elflöde måste vara definierade från början. Det innebär att alla apparaturernas signaturer i mätlokalen måste ”spelas in” innan metoden kan användas i lokalen vilket gör metoden betydligt mer omfattande än vad som är tanken bakom den. Alternativt skapas en stor databas med alla typer av apparatur av alla olika typer av märken och årgångar som systemet sedan kan hämta data ifrån (Ruzelli et al, 2010).

Även om metoden är bearbetad under mer än 20 år är den ännu inte kommersiellt gångbar (Matthews et al 2008). Det innebär att metoden är olämplig som analysmetod för sjukhus i dagsläget. Metoden har dock potential att bli framgångsrik när den är mer utvecklad eftersom informationen som kan genereras av modellen är stor, speciellt för bostäder där antalet elektriska apparater är något begränsad. Sjukhus kommer antagligen inte vara den lokal som först prioriteras att använda metoden eftersom deras system består av så många olika brukare.

Tillgänglig information

- Total förbrukning
- Momentan förbrukning
- Belastningskurvor
- Disaggregerad uppföljning

5.6 UTVÄRDERING METODER

För egna hem som villor och lägenheter blir utrustningsbaserad metod och handlingsbaserad metod en alldeles för stor investering för att det skulle vara lönsamt. Där fungerar det bra med en realtidsdisplay och även NILM-metoden när den är mer utvecklad. För stora byggnader med många lokaler eller bostäder blir installationerna kopplade till verksamhetsel så pass betydande och elförbrukningen stor nog att det kan löna sig att investera i fast utrustning.

I Tabell 4 har fyra informationskriterier ställs upp och metoderna har utvärderats hur de uppfyller kraven.

Tabell 4 Erhållen information av metoder

	Total förbrukning	Momentan förbrukning	Belastningskurvor	Disaggregerad uppföljning
Utrustningsbaserad metod	x	x	x	x
NILM- metod	x	x	x	x
Handlingsbaserad metod			x	x
Schablonmetoden				x
Realtidsavläsning	x	x		

Utrustningsbaserad metod och NILM-metoden ger mest information av modellerna. Eftersom NILM-modellen inte är kommersiellt gångbar är det endast utrustningsbaserad metod som i dagsläget kan motsvara alla fyra kriterierna. Handlingsbaserad modell och schablonmodell mäter inte totala förbrukningen själva utan bygger på att det redan finns information om totalförbrukning, dock ger de en disaggregerad uppföljning. Schablonmodellen förlitar sig helt på driftstider och installerad effekt vilket det inte alltid finns tillförlitlig information om. Det bidrar till att exaktheten i resultatet blir lidande. Med en handlingsbaserad modell undersöks driftstiderna på plats genom att registrera belastningskurvor och resultatet blir på så vis mer trovärdigt. Realtidsavläsning faller på att den måste läsas av i realtid för att informationen ska komma till användning och kan därför inte ge någon bra disaggregerad uppföljning. Dock finns det en poäng med att kombinera de andra metoderna med en realtidsdisplay.

Energieffektiviseringen förväntas bli större ju bättre uppföljningen blir vilket innebär att besparingen troligen blir större om utrustnings- och handlingsbaserade metoderna används istället för schablonmetoden. Rangordnas metoderna efter förväntad energibesparing blir ordningen.

1. Utrustningsbaserad metod
2. Handlingsbaserad metod
3. Schablonmetoden

6. INVESTERINGSBEDÖMNING

I det här avsnittet används nuvärdesmetoden och payoffmetoden för att bedöma huruvida investeringen är lönsam. Investeringsbedömning med nuvärdesmetoden har utförts med en nominell kalkyl vilken tar hänsyn till inflationen och därmed påverkas de betalningar som sker under produktens livstid. Investeringsbedömningen med payoffmetoden är utförd med så kallad rak payoff. För att se hur variationen av några av parametrarna påverkar resultatet har en känslighetsanalys utförts.

6.1 DEFINITIONER

Förteckning	
G	- Grundinvestering
I	- Intäkt
U	- Kostnad
a	- Inbetalningsöverskott ($I-U$)
i	- Kalkylränta

6.1.1 GRUNDINVESTERING

Grundinvesteringen är den kostnad som följer en ny investering. I grundinvesteringen ingår förutom den faktiska kostnaden för varan även kostnaderna för till exempel utredning, projektering och installation. En grundinvestering kan också vara marknadsföring, forskning eller utbildning.

6.1.2 INTÄKT

Intäkt är den årliga inkomst eller besparing som genereras av den nya investeringen, till exempel lägre elförbrukning

6.1.3 KOSTNAD

Kostnad är den årliga kostnaden för investeringen, till exempel drift och underhåll.

6.1.4 INBETALNINGSÖVERSKOTT

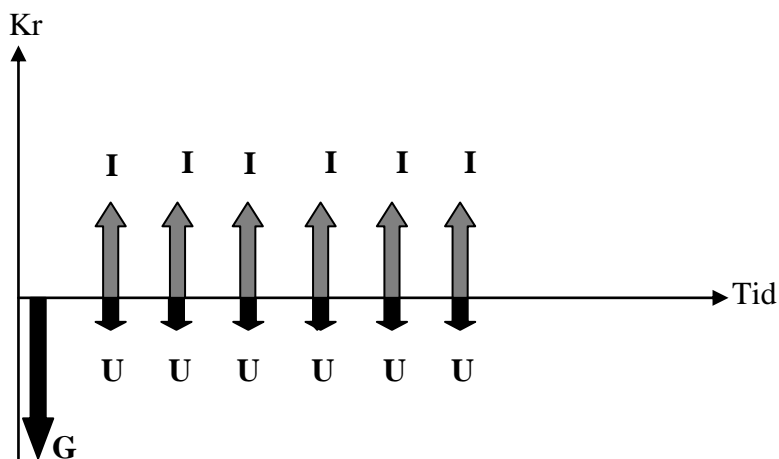
Inbetalningsöverskottet är differensen mellan intäkten och kostnaden.

6.1.5 KALKYLRÄNTA

Eftersom ett företag alltid vill investera i den mest lönsamma affären måste den nya investeringen jämföras med vad den bästa alternativa investeringen kan ge för avkastning. En liknelse kan vara om det är bättre att investera kapital i en ny maskin som ger bättre lönsamhet eller låta kapitalet växa på banken till en bra ränta. För att säkerställa att den nya investeringen ger bättre avkastning än alternativet använder man begreppet kalkylränta. Kalkylräntan motsvarar vilket krav på avkastning som företaget har på sitt kapital. Vilket värde som ska sättas på kalkylräntan kan vara väldigt svårt att bestämma och många gånger bestäms den snarare genom tradition inom företaget än ur faktiska analyser. (Becker, 2007)

6.2 NUVÄRDESMETODEN

Nuvärdesmetoden, även kallad kapitalvärdesmetoden, bygger på att jämföra grundinvesteringen och inbetalningarna som genereras under investeringens livstid med den alternativa investeringen. För att kunna se om investeringen är lönsam diskonteras alla inbetalningar och utbetalningar under produktens livstid till nuvärdet med hjälp av kalkylräntan. Inkomster och utbetalningar varje år under livstiden visas i Figur 8.



Figur 8 Nuvärdesmetoden

Nuvärdet (NV) kan beräknas med följande formel och om resultatet visar att NV är större än noll är investering mer lönsam än alternativet.

—

Om inbetalningsöverskottet är lika varje år kan formeln förenklas genom att summan av inbetalningsöverskotten beräknas med nusummefaktorn d_f som finns tabellerad, se Bilaga A (Becker, 2007).

6.3 PAYOFFMETODEN

Payoffmetoden, också kallad payback (PB), är en enklare metod jämfört med nuvärdesmetoden. "Rak payoff" bygger enbart på att beräkna hur många år som krävs innan en investering har betalat sig utan att kalkylränta och diskontinering krävs. Inbetalningsöverskottet varje år subtraheras från grundinvesteringen och när resultatet blir mindre än noll har investeringen betalat sig. Är inbetalningsöverskotten lika stora varje år kan packofftiden beräknas genom att enbart dividera grundinvesteringen med inbetalningsöverskottet.

—

Om inbetalningsöverskottet varje år ej är lika beräknas PB genom att lösa följande formel.

Payoffmetoden visar enbart vilken investering som är god på kort sikt och kan innebära att investeringar som hade varit bättre på lång sikt bortprioriteras. Payoffmetoden bör därmed kompletteras med en annan kalkylmetod som till exempel nuvärdemetoden.

6.4 KÄNSLIGHETSANALYS

I en investeringsbedömning görs ofta antagande angående pris, kalkylränta, utgifter och inkomster som ligger längre fram i tiden och det kan därmed vara svårt att förutse hur det kommer att se ut. Risken finns alltid att någon av parametrarna som pris eller kalkylränta förändras jämfört med vad som angavs i kalkylen. Genom att genomföra en känslighetsanalys undersöks hur mycket resultatet påverkas om någon av parametrarna ändras. En parameter i taget varieras med till exempel 50 % avvikelse både uppåt och nedåt. Resultatet påverkas då olika mycket av olika parametrarnas variation och känsligheten för förändringar visas. Oftast visas resultatet för de olika parametrarna i samma graf för lättare jämförelse.

6.5 INVESTERINGSALTERNATIV

I följande beräkningar har det rörliga elpriset antagits vara 0,64 kr/kWh² och kalkylräntan har satts till 6 %³, för antagna beräkningsdata se Tabell 5. Kalkylperioden är satt till 15 år efter livslängden på utrustningen. Elpriset består av flera delar, fasta avgifter som gäller uppkopplingen på nätet, elcertifikat och skatter och sen en rörlig del som beror på hur mycket el som används. Eftersom en besparing av el endast påverkar hur mycket el som används blir den ekonomiska besparingen enbart baserad på den rörliga delen av elpriset och inte de fasta kostnaderna. Den fasta nätavgiften beror på vilken effekt som måste levereras och en sänkning av effektbehovet kan eventuellt resultera i en lägre nätavgift och bidra till ytterligare ekonomiska besparingar. Bedömningen är utförd på utrustningsbaserad metod, schablonmetoden och handlingsbaserad metod. Ingen analys utförs på NILM-metoden eftersom metoden ännu inte är kommersiellt gångbar. Samma gäller för realtidsavläsning då den metoden enbart ses som ett komplement till de andra metoderna. För att metoderna ska vara kompatibla med varandra köps en mätare⁴ för att mäta totalförbrukning in för alla tre metoderna. För utrustningsbaserad metod används ytterligare nio mätare som placeras ut vid nio olika installationer i byggnaden. För schablonmetoden genomförs en besiktning där installerad effekt och driftstider för samma installationer utreds och ligger till grund för beräkningar. För handlingsbaserad metod används en mobil mätare som placeras ut vid de

² Driftschefen på Locum anger att det rörliga elpriset är ungefär 0,64 kr/kWh

³ Kunder till bolaget FVB brukar ofta räkna på en kalkylränta på 6 % . Kalkylräntan på 6 % är inklusive inflation på 2%

⁴ ABBs mätare DELTA med strömtransformatorer används

olika installationerna under kortare perioder. För utförligare beskrivningar om vilken mätutrustning som användes i utvärderingen se Bilaga A.

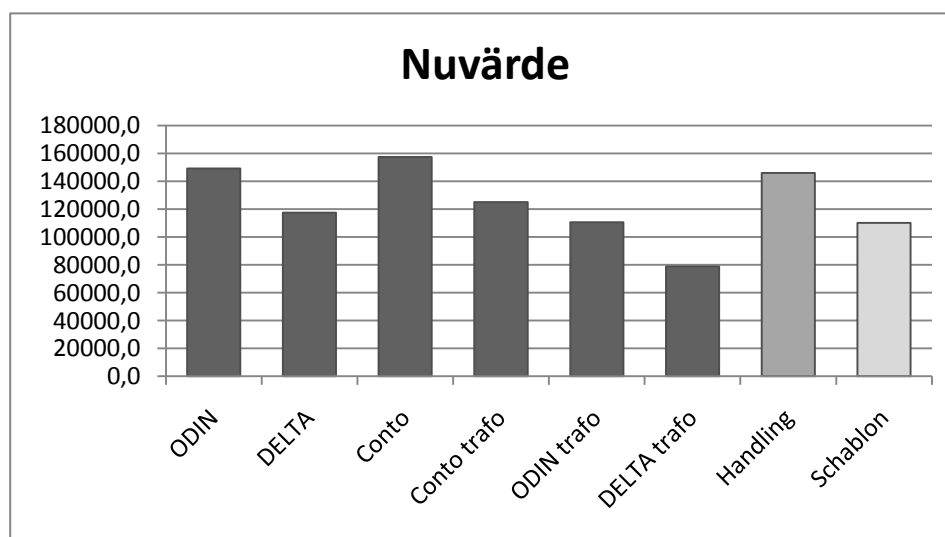
Tabell 5 Generella data

Beräkningsparametrar		Data för Hus 22	
Kalkylränta (i)	6 %	Elförbrukning	3 000 000 kWh
Elpris	0,64 kr	Elkostnad/år	1 920 000 Kr
timmar/år	8760 h	Elbesparing	1 %

Den största osäkerheten i kalkylen är den förväntade energibesparingen som investeringen i mätare eller utredning kan generera. Investeringen i sig utger ingen besparing utan kan enbart ligga till grund för eventuella insatser som ger besparingar. Besparingspotentialen har därför valts till 1 % vilket är en ganska låg siffra när man talar om energieffektiviseringsåtgärder. I beräkningarna sparas 1 % el enbart första året och kostnadsbesparingen varje år framöver blir därmed densamma. Att besparingen endast blir 1 % första året är en ganska dålig utdelning och förhoppningsvis minskar elanvändandet för varje år och därmed blir besparingen och vinsten större än vad som visas i investeringsbedömningen.

6.6 RESULTAT

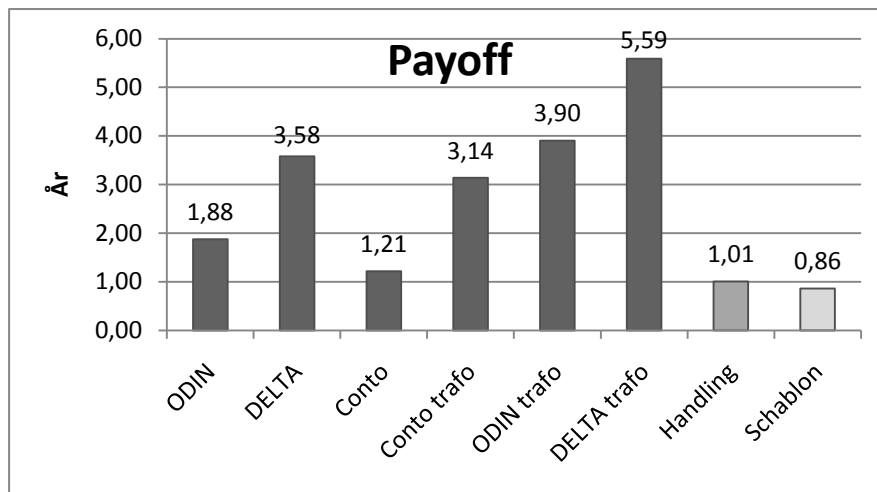
6.6.1 NUVÄRDE



Figur 9 Nuvärde

Nuvärdet blir större än noll för alla de olika investeringarna vilket innebär att om energibesparingen blir 1 %, vilket antogs i beräkningarna, är det lönsamt att investera oavsett alternativ. De två billigaste mätarna ODIN och CONTO ger högst nuvärde och den dyraste mätaren ”DELTA trafo” ger lägst nuvärde men alla värden ligger inom området 80 000kr < NV < 160 000 kr, se Figur 9.

6.6.2 PAYOFFTID

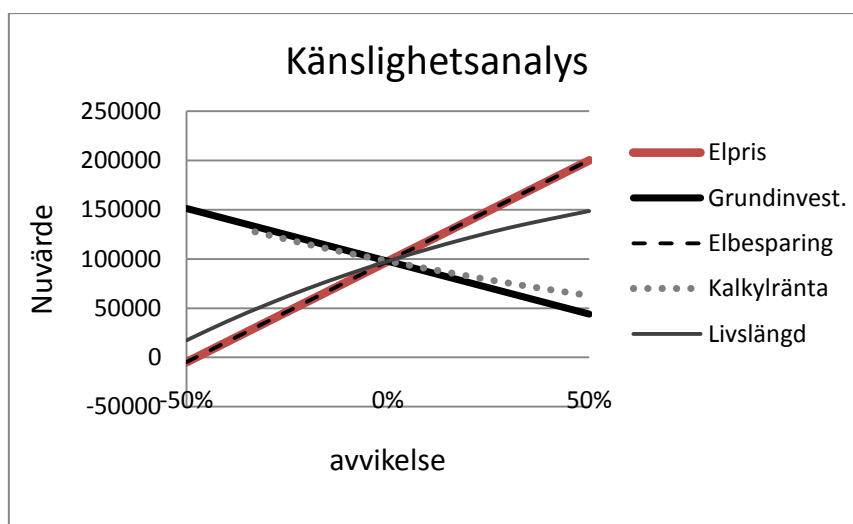


Figur 10 PB-tid

Payofftiden är lägst för elmätaren CONTO och för schablonbaserad metod samt handlingsbaserad. Handlings och schablonmetoden har mycket lägre investeringskostnader än mätmetoden vilket ger den låga payofftiden. Längst payofftid har mätaren ”DELTA trafo” som betalar tillbaka sig på knappt sex år. Sex år är på gränsen till att vara en godkänd återbetalningstid men alla de andra modellerna ses som goda investeringar, se Figur 10.

6.6.3 KÄNSLIGHETSANALYS

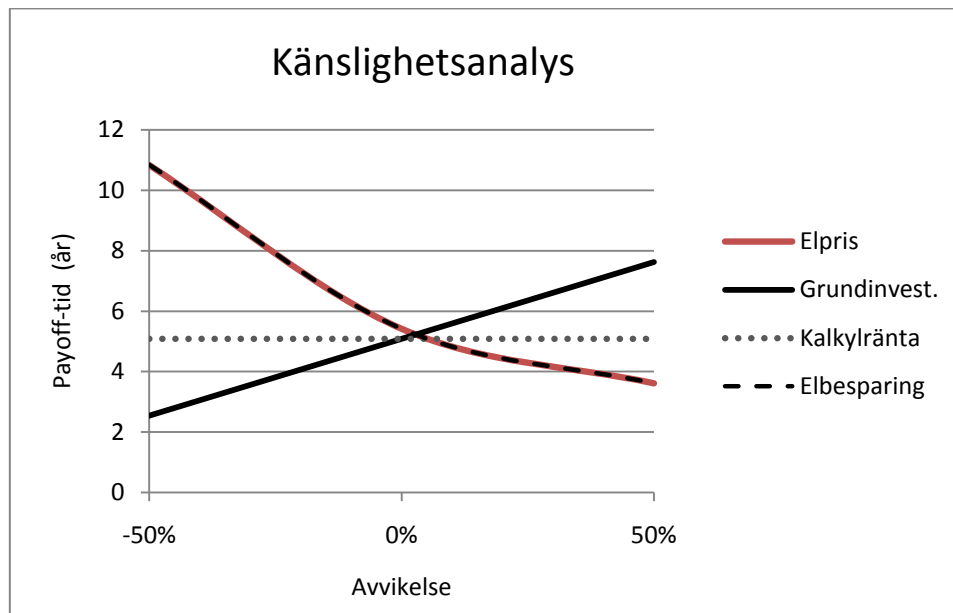
Känslighetsanalys utfördes med en avvikelse på 50 % från värdet som använts i investeringskalkylen och parametrarna elpris, elbesparing, kalkylränta och grundinvestering analyserade med avseende på känslighet. Den dyraste mätutrustningen ”DELTA trafo” användes i analysen.



Figur 11 Känslighetsanalys, KV

Nuvärdet påverkades mer av elpriset och den förväntade elbesparingen än förändringar av kalkylränta och grundinvestering, se Figur 11. Om elpriset sjunker med 50 % eller om besparingen enbart blir 50 % av den förväntade är investeringen inte längre lönsam eftersom

nuvärdet blir negativt. Grundinvesteringen och kalkylräntan är det som påverkar investeringens lönsamhet minst.

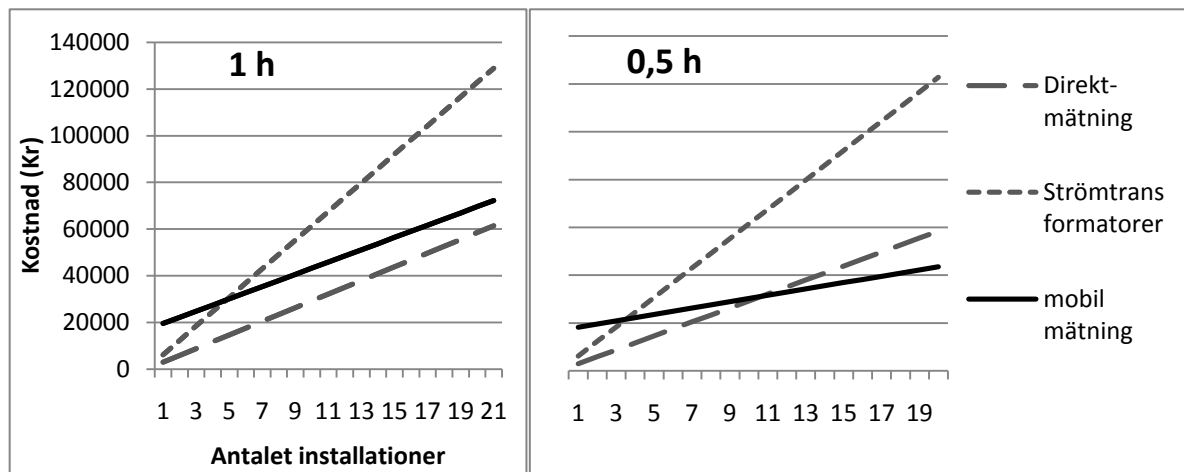


Figur 12 Känslighetsanalys, PB

Payofftiden påverkades av en förändrad grundinvestering men även en 50 % högre kostnad för investeringen ger en payofftid som är kortare än åtta år, se Figur 12. Payofftiden påverkades desto mer av elpriset. Ett lägre elpris och lägre energibesparing påverkar payofftiden betydligt mer än vad ökat elpris och ökade energibesparingar gör. Investeringen är därmed mest känslig för ett lägre elpris och en mindre energibesparing än förväntat men trots 50 % förändring blir payofftiden inte längre än livslängden. Kalkylräntan påverkar inte payofftiden alls eftersom metoden inte tar hänsyn till kalkylränta.

6.6.4 ANALYS BEROENDE PÅ ANTAL INSTALLATIONER

Den föregående analysen utfördes på antagandet att antalet installationer var nio stycken. Följande analys utfördes för att besvara frågan om någon av metoderna är mer fördelaktig ekonomiskt beroende på antalet mätare som behövs installeras. De två metoderna i utvärderingen är utrustningsbaserad och handlingsbaserad. Beräkningarna är utförda på antaganden om att utrustningen används i 10 år, att samma besparing är möjlig med båda utrustningarna och att tiden det tar att behandla data är lika för båda metoderna. Tiden det tar att flytta den mobila mätutrustningen är satt till en halvtimme per installation i det ena exemplet och en timme i det andra, se Figur 13 och kostnaden för det är baserat på timavgiften 260 kr.

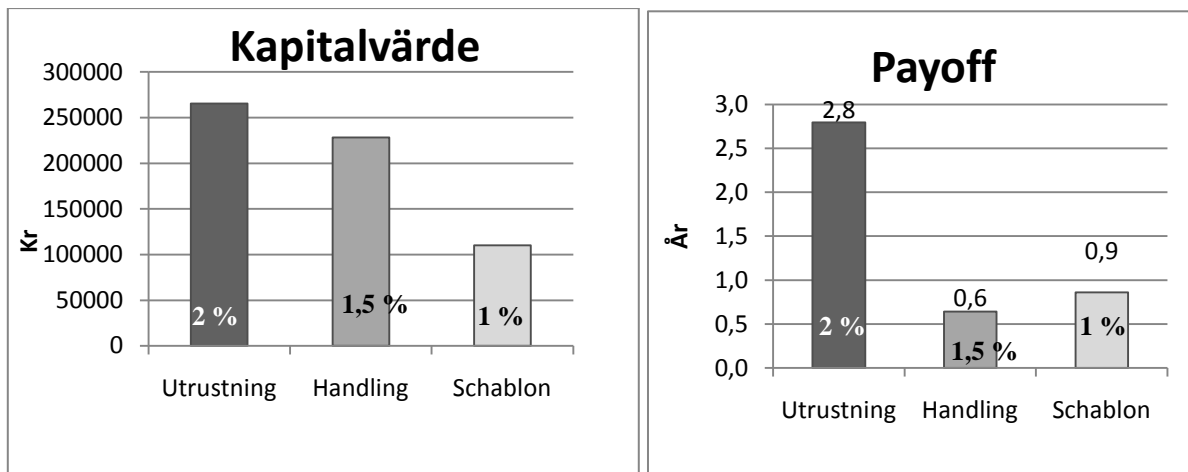


Figur 13 Analys av vilken metod som är mest ekonomisk beroende på antalet installationer.

Resultatet för halvtimmesvarianten, figuren till höger, visar att för installationer som kan mätas med direktmätning är det motiverat att installera fasta mätare om antalet installationer är tio stycken eller färre. Om antalet installationer som kräver en dyrare mätare med strömtransformatorer är färre än tre är det motiverat att installera fasta mätare. Vid fler installationer är det billigare att investera i en mobil utrustning. När förflyttningstiden istället är en timme, figuren till vänster, är det alltid mer lönsamt att installera direktmätare oavsett antal medan det nu är lönsamt att installera fyra mätare med strömtransformatorer. Analysen visar att resultatet är väldigt beroende på hur lång tid tar att flytta mätaren och också vilken typ av mätare som behövs. Påverkan på resultat på grund av tiden för förflyttningen innebär även att kostnaden för förflyttningen är av stor betydelse. Eventuellt kan det finnas rum för den extra arbetsuppgiften för en anställd som ibland har tid över och då blir merkostnaden för förflyttningen istället noll. Om det inte finns tid inom de nuvarande arbetsuppgifterna men det kan utföras av lokal driftpersonal blir resultatet som i ovanstående exempel. Hyrs personal in för att sköta förflyttningen blir timkostnaden betydligt större än vad som antagits i exemplet. Investeringsanalys måste därmed ske för varje specifikt fall för att reda ut vilka timkostnader som gäller samt vilka mätare som behövs.

6.6.5 OLIKA BESPARINGSPOTENTIAL FÖR DE OLIKA METODERNA

I de tidigare analyserna bedömdes investeringspotentialen för de tre olika metoderna och för utrustningsbaserad metod utvärderades flera olika mätare. Alla alternativen visade sig vara en god investering om besparingen blev 1 %. I avsnitt 5.6 rangordnades metoder utifrån vilken metod som gav mest kvalitativ information och troligen gav störst möjlighet för besparingar. Tas energibesparingspotentialen med i ekvationen blir resultatet mer rättvist. I Figur 14 har besparingen för utrustning antagits till 2 %, handling till 1,5 % och schablon till 1 %. Resultatet visar att fortfarande är alla alternativ goda även om utrustning och handling nu blir betydligt bättre investeringar än schablon.



Figur 14 Nuvärde och payofftid med olika elbesparing

6.5.6 SLUTSATSER

Alla metoderna visar sig vara en god investering om besparingen av el blir 1 %. En energibesparing blir olika lönsam beroende på elprisets utveckling och elpriset visade sig vara den parameter som påverkar investeringens lönsamhet mest. Går priset på el upp blir en energibesparande investering mycket lönsam medan om priset faller kan investeringen bli dyrare och bara lönsam långsiktigt. I känslighetsanalysen undersöktes lönsamheten för investeringen om priset höjs eller sänks med 50 %. Om elpriset i framtiden skulle sänkas med 50 % är investeringen inte längre lönsam, se Figur 11. Hur elpriset kommer att se ut framöver är svårt att säga i och med att elpriset bland annat beror på nederbörd och temperatur. I en långtidsprognos som energimyndigheten tagit fram antas årsmedelpriset på el år 2030 vara i stort sett samma som under 2010 (Energimyndigheten, 2008b).

I en annan rapport undersöktes elpriset i två olika framtidsscenarier. I det ena scenariot ligger elpriset ganska stabilt på dagens nivå och det syns bara en liten ökning fram till 2050 medan i det andra ökar priset med 50 % fram till 2030 då det stabiliseras på en nivå. De olika prisutvecklingarna i scenarierna beror på vilket pris som sätts på utsläppsrätter. (Profu, 2010)

Enligt prognoserna kan man dra slutsatsen att risken är liten att elpriset, inom den närmaste framtiden, sjunker under 50 % av dagens prisläge vilket betyder att investeringarna kommer att löna sig. Utöver de ekonomiska besparingar som en energibesparing innebär minskar även företaget sin miljöpåverkan vilket till exempel kan öka dess anseende.

Om metoderna antas ge olika besparing blir utrustningsbaserad metod den som ger högst nuvärde och schablonvärde ger sämst nuvärde. Handlingsbaserad metod ger även den ett högt nuvärde. Vid samma besparingspotential är det, om antalet elmätare blir fler än tio för en direkt mätning eller fler än tre vid behov av strömtransformatorer, mer ekonomiskt att investera i en mobil utrustning, det vill säga handlingsbaserad metod. Detta resultat är enbart en grov rekommendation och nya kalkyler måste därmed upprepas för varje specifikt fall eftersom både antalet installationer, total förbrukning och elpris kan variera mycket. När kunskap om vilka mätare som behövs finns och korrekta prisuppgifter kan inhämtas erhålls en mycket säkrare kalkyl.

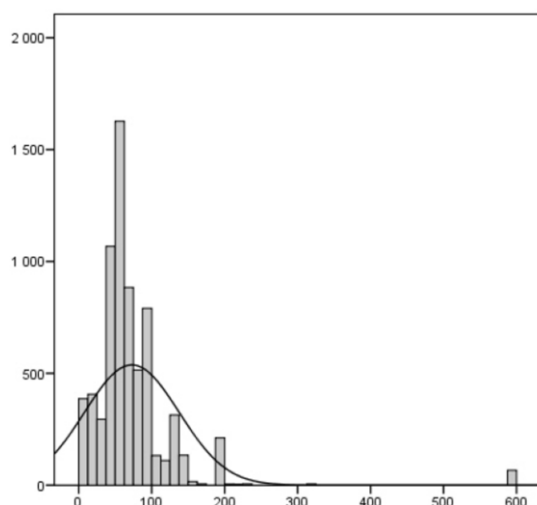
Valet av metod måste därmed i många fall främst utgå från vilken metod som fungerar bäst för vilken situation. Fasta mätare måste installeras vid total uppföljning av byggnader eller avdelningar medan alternativet med en mobil mätare med fördel kan användas för att mäta drift och effekt där det finns många installationer. Där installationerna inte enkelt kan mätas, som för till exempel belysning, används schablonmodellen. Där två alternativ ger lika goda resultat kan en kostnadsanalys visa vilket av de två som är mest ekonomiskt att investera i.

7. FALLSTUDIE, ELANVÄNDNING SJUKHUS

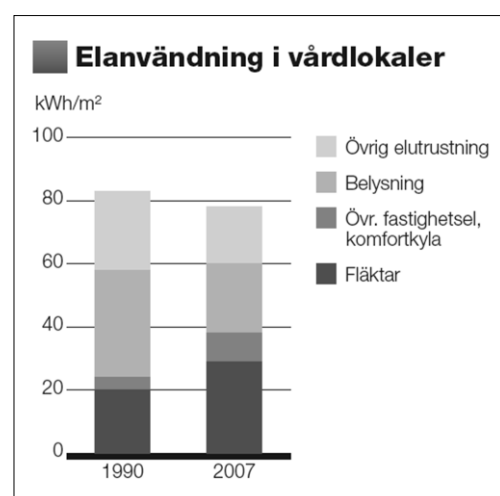
En specifik byggnadskategori valdes ut för studien och det var sjukhus. Följande kapitel har därmed ägnats åt elförbrukningen specifikt på sjukhus. Informationen bygger på en studie från energimyndigheten samt ett platsbesök på Danderyds sjukhus.

7.1 GENERELL BILD

7 % av alla lokaler i Sverige är vårdinrättningar, (Statens Energimyndighet, 2007b), och under 2006-2007 utfördes en studie av elanvändningen i 159 stycken av Sveriges vårdlokaler. Undersökningen innefattar även andra typer av lokaler som kontor och skolor och kallas för Stil2. Till vårdlokaler hör sjukhus, äldreboende, vårdcentraler och missbruksboende. Det genomsnittliga energibehovet för sjukhusen i studien var 218 kWh/(m²·år) och elförbrukningen 88,6 kWh/(m²·år). Spridningen mellan olika vårdinrättnings elförbrukning visas i Figur 15 där de högsta brukarna använder upp mot 200 kWh/(m²·år). Skillnaden i elanvändning beror till största delen på vilken verksamhet som sker i lokalerna. Studien visade elanvändningen för olika installationer och gav en bild av vilka installationer som använder mest el i fastigheten, se Tabell 6. Fastighetsel och verksamhetsel står för ungefär lika stora delar av elförbrukningen i vårdlokaler. Till fastighetsel räknas den el som använts för funktioner i fastigheten såsom fläktar, pumpar och hissar. Till verksamhetsel räknas den el som använts för att driva installationer som använts för verksamheten i lokalen till exempel medicinsk utrustning, belysning och datorer. Ventilation och belysning är de poster som enskilt använder mest el, tillsammans står de för drygt 60 % av den totala förbrukningen. I studien kommenteras det att det ofta inte funnits uppföljning för elförbrukning på byggnadsnivå och att det har varit ett stort hinder i utredningen. I studien valde man därför att installera mätare på de byggnader som inte hade mätare för att kunna få fram kvalitativ förbrukningsdata. Sedan 1990 har elanvändningen minskat, se Figur 16. (Energimyndigheten, 2008a)



Figur 15 Frekvensen av olika elanvändning
(y=antal,x= specifik elanvändning) (Energimyndigheten, 2008a)



Figur 16 Jämförelse mellan 1990 och 2007
(Energimyndigheten, 2010b)

I Tabell 6 syns elförbrukningen per år för alla redovisade installationer. Värdena i tabellen är endast genomsnittliga värden efter undersökningar i 159 stycken olika vårdinrättningar i Sverige och självklart finns en spridning mellan väldigt låga värden och höga värden.

Tabell 6 Förteckning över elanvändning uppdelat på installationstyp (Statens Energimyndighet, 2008)

	Förbrukning kWh/(m ² ·år)	Del av total förbrukning (%)	Installationstyp Verksamhetsel	Förbrukning kWh/(m ² ·år)	Del av total förbrukning (%)
Ventilation	32,5	36,7	Belysning	21,1	23,8
Pumpar	5,1	5,8	PC-enheter	2,6	2,9
Kylmaskiner	3,5	4,0	Storkök	1,8	2,0
Elvärme och värmepumpar	3,4	3,8	Kök/pentry	1,4	1,6
Hiss	1,1	1,2	Motorvärmare	1,0	1,1
Cirkulations- fläktar	0,3	0,3	Tryckluft	0,5	0,6
Kondensorfläktar	0,1	0,1	Röntgen	2,7	3,0
			Kyl/frys medicin	1,1	1,2
			Rengöring/steriliserin	0,9	1,0
			Sterilcentral	0,2	0,2
			Tvättutrustning	0,8	0,9
			Datahall/Server	0,2	0,2
			Skrivare	0,5	0,6
			Kopieringsmaskiner	0,5	0,6
			Annan Verksamhetsel	3,4	3,8
			Diverse	3,9	4,4

7.2 ENERGIINTENSIVA FASTIGHETSINSTALLATIONER, SJUKHUS

7.2.1 VENTILATION 36,7 %

Ventilationen i en byggnad har som uppgift att föra bort föroreningar och värmeöverskott för att säkerställa ett acceptabelt inomhusklimat. Olika lokaler och verksamheter ställer olika krav på ventilationen med tanke på luftkvalitet, luftrenhet och värmebortförelse vilket kan regleras med hjälp av luftflödet. Storleken på luftflödet ligger till grund för val av ventilationssystem. (Abel et al, 2006)

De olika ventilationssystemen som finns är självdrag (S-system), frånluftssystemet (F-system), från- och tilluftssystem (FT-system) och från- och tilluftssystem med värmeåtervinning (FTX-system) (Adalberth et al, 2008). Inom sjukhus används främst FTX-systemet och 86 % av vårdlokalerna i Sverige har redan ventilationssystem med värmeåtervinning, se Tabell 7 (Energimyndigheten, 2010b).

Tabell 7 Användning av olika ventilationssystem (Energimyndigheten, 2010b)

Typ av ventilationssystem	% av total area	
	1990 ⁵	2007
Till och från luft- konstant flöde	83	85
Till och från luft- varierande flöde	3	9
Både till och från luft- ej samma system	-	4
Endast från luft	5	2
Självdrag, annat	11	0

Den genomsnittliga specifika energianvändningen för ventilationen är enligt Stil2-studien 32,5 kWh/(m²·år) men resultat varierar från under 10 kWh/(m²·år) till strax över 80 kWh/(m²·år) för de högsta förbrukarna. (Energimyndigheten, 2008a)

7.2.2 BELYSNING 23,5 %

82 % av sjukhusen i Sverige har föråldrade belysningsystem och hela 23,5 % av sjukhusens elförbrukning används till belysning. Besparingspotentialen inom belysning är därmed stor. Ett byte av lysrör och don till den nyare modellen kan spara 40 % av förbrukningen. Med modern belysningsapparat menas det så kallade T5-lysröret och tillhörande elektroniska högfrekvensdon, HF-don. T5-lysröret har en diameter på 16mm (5/8") och det är därmed lätt att skilja dem från den äldre utrustningen som använder T8-lysrör med en diameter på 26 mm (8/8"). (Belysningsbranschen, 2009)

Ett kompletterande system till de nya lysrören och donen är närvarostyrning och dagsljusstyrning. Dagsljusstyrning innebär att belysningen minskas under dagen och sätts igång under dygnets mörka timmar. Närvarostyrning innebär att belysning tänds när sensorer registrerar rörelse eller värme och släcks efter en tid igen efter att rörelsen upphört. Med en modern apparatur och med närvarostyrning och dagsljusstyrning kan elförbrukningen minska med upp till 80 %. (Belysningsbranschen, 2009)

I Stil2-studien beräknas belysningen genom att dela upp vilken typ av belysning som finns i varje rum, installerad effekt och drifttider, vilka uppskattades för varje rumstyp. Den genomsnittliga specifika energianvändningen för belysning är enligt Stil2-studien 21,1 kWh/(m²·år) men resultatet varierar från under 5 kWh/(m²·år) till strax över 50 kWh/(m²·år) för de högsta förbrukarna. (Energimyndigheten, 2008a)

7.2.3 MEDICINSK UTRUSTNING 6,3 %

Inom medicinsk utrustning är det framförallt röntgen som är den funktion som drar allra mest el, den utgör 55 % av den totala förbrukningen för kategorin. Efter röntgen kommer medicinsk kyl och frys som står för 22 % av förbrukningen. 18 % utgörs av rengöring och sterilisering av apparater och de sista 5 % av steriliseringscentraler. Trots att röntgen är den största elförbrukaren inom medicinsk utrustning utgör den inte en så stor del i den totala förbrukningen, bara knappa 3 %, vilket är ungefär lika stor del som PC-enheterna. Röntgen

⁵ Totala summan överskrider 100 %, närmare 102 %

kan kräva effekter på mellan 30-100 kW men har lägre tomgångseffekt som vid en mätning visade sig vara 14 kW. På grund av långa uppstartstider är det skäligt att röntgenutrustningen är på under verksamhetstiden men kan stängas av under natten vilket dock inte görs på alla ställen. (Energimyndigheten, 2008)

7.2.4 PUMPAR 5,8 %

Pumpens uppgift är att transportera vätska från en plats till en annan. Det sker genom att vätskan trycksätts i pumpen. Många pumpar i Sverige är feldimensionerade och använder mer el än vad de borde. Detta beror ofta på att en för stor pump köpts in, vilket är på grund av att pumpar endast tillverkas i vissa standardstorlekar (Warfvinge, 2007), samt att det funnits brister i drift och underhåll (Energihandboken, 2007). En optimalt fungerande pump bör ha en verkningsgrad som ligger på 60 % (Bryntse, 2010). I Stil2-studien beräknas pumparnas förbrukning genom att titta på installerad effekt och driftstider (Energimyndigheten, 2008a).

7.2.5 KYLMASKINER 4,0 %

I lokaler med verksamhet som alstrar värme kan någon form av kylprocess vara nödvändig för att transportera bort värmeöverskottet i lokalen så att temperaturen i lokalen bibehålls på vald nivå. Överskottsvärmen kan transporteras bort via kyld luft eller vatten. Kylan kan genereras via en kylmaskin eller via frikyla, fjärrkyla, evaporativ kyla och sorptiv kyla. (Abel et al, 2006)

7.2.6 ELVÄRME OCH VÄRMEPUMPAR 3,8 %

Elvärme finns som både vattenburen el och direktverkande el. Vattenburen el innebär att en elpanna eller elpatron värmer vatten som därefter cirkulerar i huset och avger värme via radiatorer. Direktverkande el innebär att el omvandlas till värme direkt i radiatorerna i lokalen. Vid elvärme är det viktigt med en bra termostat som reagerar snabbt på temperaturförändringar för att undvika onödig elförbrukning. Genom att installera en så kallad effektvakt kan även effekttoppar undvikas. (Energimyndigheten 2010c)

Värmepump innebär att värme i vatten, luft eller berg utnyttjas och konverteras till en högre temperatur och mer kvalitativ värme genom att arbete tillförs. Till skillnad från direktverkande el där förhållande el och nyttig värme är 1:1 innebär användandet av en värmepump att tre delar värme kan genereras av en del el, förhållande blir istället 1:3. (Warfvinge, 2007)

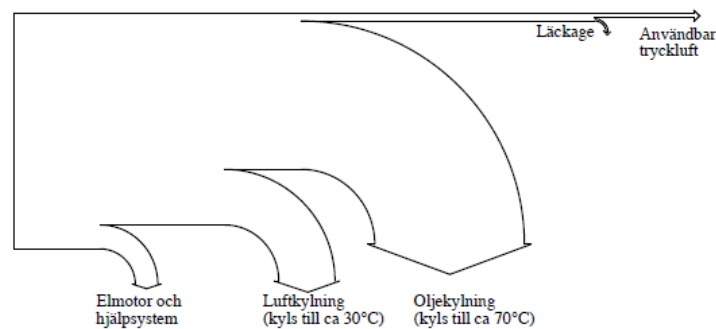
7.2.7 STORKÖK 2,0 %

Ett storkök består av större enheter för matlagning och rengöring. Enheter i ett storkök kan vara spis, ugn, kokgryta, stekbord, kyl, frys, diskmaskin, ventilation och belysning. Tills skillnad från vitvaror till hushåll finns det ingen energimärkning på storköksutrustningen. Energisnåla produkter är inte det som efterfrågas i branschen utan garantitid och pris är det som efterfrågas. (Kopal storkök, 2010)

7.2.8 TRYCKLUFT 0,6 %

Tryckluft används liksom el som energibärare och används för att driva verktyg och utrustning inom bland annat industri och sjukvård. Verkningsgraden för tryckluft är dock

oerhört låg, bara 4 % av den energi som levereras som el till tryckluftskompressorn blir användbar energi, se Figur 17. Det övriga 96 % försvinner som värmeförluster, tryckfall i ledningar, läckage och på grund av dålig verkningsgrad i själva verktyget. Genom att undersöka och laga läckor i tryckluftssystemet kan stor besparing erhållas. De flesta gånger är eldrivna verktyg att föredra framför tryckluft. Även om investeringskostnaden är större för eldrivna verktyg så visar livscykelkostnaderna på att det ändå är mer lönsamt på längre sikt jämfört med tryckluft. (Magnusson et al, 2003)



Figur 17 Förluster för tryckluft, inkommande el till användbar tryckluft (Magnusson et al, 2003)

7.2.9 ANNAN VERKSAMHETSEL, DIVERSE 8,2 %

Annan verksamhetsel och diverse utgör tillsammans en post som innefattar över 8 % av den totala förbrukningen, vilket innebär att det är tredje största posten. Troligen kan det gå att dela upp den ytterligare eftersom andra poster som till exempel kondensorfläktar är så pass små som 0,1 %. Det kan till exempel finnas någon ytterligare installation som inte är medräknad i studien eller så har det varit svårt att få fram bra data över installationerna och att de överlag fått för låg förbrukning i studien och därmed inte helt motsvarar totalförbrukningen.

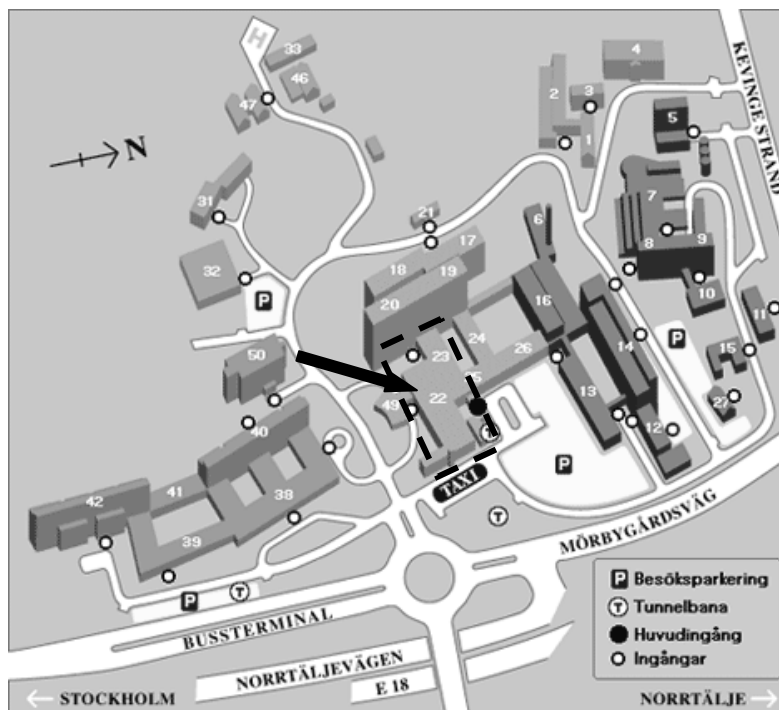
7.3 BESPARINGSPOTENTIAL

Potential för energibesparingar inom sjukvården finns det enligt Stil2-studien. Deras analys visar att med bara ventilation och belysning inräknat kan 24,3 kWh/(m²·år) sparas genom olika åtgärder. Besparingen genom belysning står för knappt hälften av potentialen och effektivisering av ventilationen den andra dryga hälften. För belysning innebär det främst byte av konventionell belysning till nya lysrör och lågenergilampor där besparingen kan bli så stor som 54 %. I studien analyseras inte möjligheten för besparingar genom närvarostyrning vilket troligen skulle generera ännu större besparingar. För ventilation innebär ett minskat luftflöde den största besparingen men även en viss besparing kan genereras genom att tillämpa maxgränsen för SFP-fläkteffekt på 2 kW/(m³·s⁻¹), medelvärdet på fläkteffekt för Sverige vårdinrättningar är idag 2,6 kW/(m³·s⁻¹). Eftersom enbart belysning och ventilation är behandlad i studien är den totala besparingspotentialen troligen ännu större när alla åtgärder tas med. (Energimyndigheten, 2008a)

7.4 FALLSTUDIE DANDERYDS SJUKHUS

7.4.1 DANDERYDS SJUKHUS

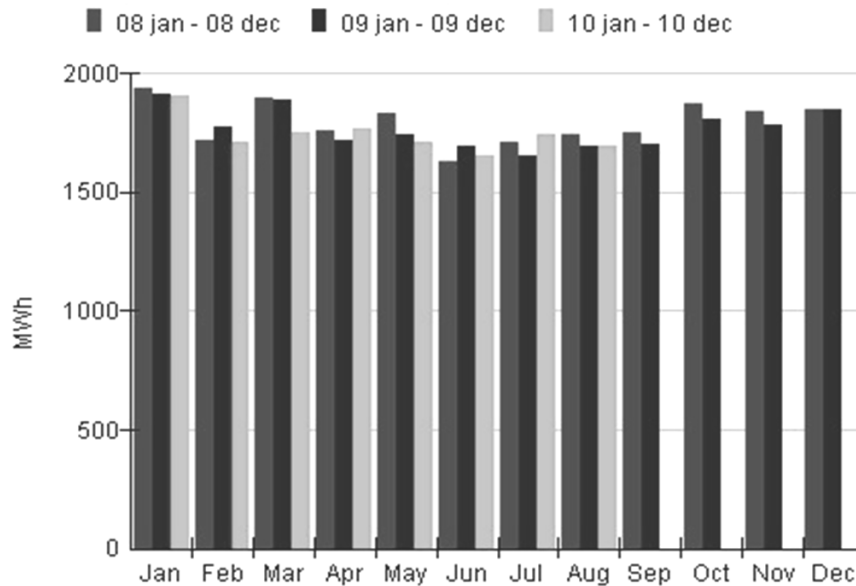
1922 invigdes det första sjukhuset på den plats där Danderyds sjukhus ligger idag. Sjukhuset kallades då Centrallasarettet och hade 78 anställda och 118 patientplatser. Redan efter några veckor överskreds sjukhusets beläggningskapacitet. 1953 fick anläggningen sin första förlossningsklinik men sjukhuset hade redan byggts ut tidigare med bland annat en röntgenavdelning. Under 50- och 60-talet när befolkningsökningen blev mer påtaglig byggdes sjukhuset ut med många nya avdelningar. 1964 invigdes det ombyggda och tillbyggda sjukhuset som nu fick namnet Danderyds sjukhus och kunde ta emot 900 patienter. Sjukhuset erbjuder både akutvård och specialistvård. 1978 fick Danderyd sjukhus en egen tunnelbanestation när röda linjen mot Mörby Centrum byggdes. 2007 hade sjukhuset 3300 anställda och 536 patientplatser och hanterade 231 000 läkarbesök. Figur 18 visar en översikt över sjukhusområdet. Sedan 2002 ägs Danderyds sjukhus ägs av Stockholm Läns Landsting och drivs som ett bolag. Danderyd sjukhus fastigheter sköts av företaget Locum AB som även de ägs av Stockholm Läns landsting. (Danderyds sjukhus, 2010a)



Figur 18 Karta över Danderyds sjukhus (Danderyds sjukhus, 2010b)

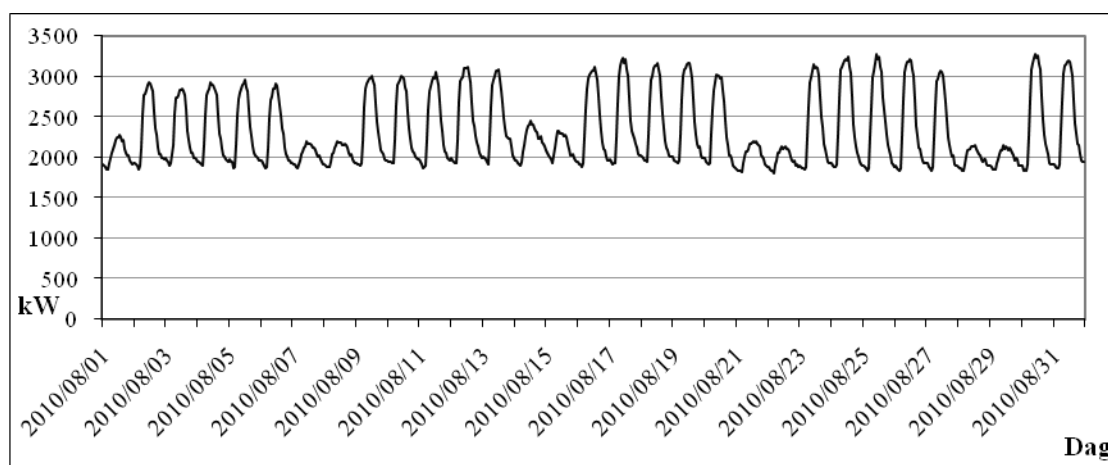
Samtliga byggnader på Danderyds sjukhus värms med hjälp av fjärrvärme och systemet är uppdelat på olika undercentraler. Flera byggnader kan ha gemensam undercentral och information om en enskild byggnads förbrukning finns inte. Detsamma gäller för elförbrukningen men här finns inte ens information om byggnadsgrupper utan enbart hela sjukhuset elförbrukning uppföljs. Elnätet på Danderydssjukhus ägs av E.on men elen köps av Telge kraft. Leverantören garanterar att den el som levereras enbart är producerad med hjälp av vattenkraft (Locum, 2008).

Statistik om elförbrukningen erhålls varje månad uppdelat på timbasis men endast för sjukhuset som helhet. Månadsstatistik för fastighetsel de tre senaste åren redovisas i Figur 19 och i Figur 20 redovisas förbrukningsstatistik timme för timme över augustimånad 2010. För fastigheter inom Stockholms Läns Landsting ingår elen i hyran och det existerar därmed inga ekonomiska incitament för elbesparingar. (Lindoff, 2010)



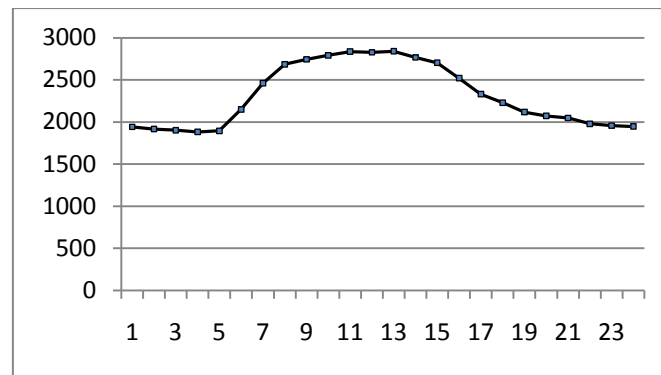
Figur 19 Förbrukningstatistik fastighetsel Danderyds Sjukhus

Förbrukningen för fastighetsel minskar för varje år sedan 2008. 2008 var årsförbrukningen 21 500 MWh men minskade år 2009 till 21 200 MWh. Prognosen för 2010 är en total förbrukning på 21 000 MWh. Det är en minskning på 2,3 % på två år.



Figur 20 Effektkurva över en månad

Grundlasten för sjukhuset i augusti månad ligger på cirka 1800 kW vilket är vad sjukhuset kräver när verksamheten är som lägst. Vid maximal aktivitet under dagen går effektbehovet upp med omkring 1000 kW. Sjukhusets effektkurva visar en tydlig variation mellan vardagar och helgdagar.



Figur 21 Belastningskurva, dygnsmedel över augusti

I Figur 21 visas dygnsvariationen mer tydligt. Maxlast inträffar mitt på dagen och minlast mellan klockan 3 och klockan 5 på natten.

7.4.2 HUS 22

I den här studien har Hus 22 på sjukhusområdet undersöks närmre. Hus 22 byggdes 1962 och innefattar sex våningar. Verksamheterna innefattar några bland sjukhusets största funktioner som akutmottagning, röntgen och operation. Våning 1 är ett källarplan med kulvert. På våning 2 finns akuten och centralarkivet. Våning 3 har kirurgmottagning, ortopedmottagning och ortopedexpeditioner. Våning 4 är röntgenavdelningen och på femte våningen ligger centraloperationen med tillhörande kirurgiexpeditioner. På våning 6 finns läkarexpeditioner, jourrum och omklädningsrum men även lokaler för fläktrum, kylapparatur och hisskontrollrum för hela Hus 22. Byggnaden har totalt åtta stycken hissar. Data för Hus 22 presenteras i Tabell 8.

Tabell 8 Data för Hus 22

A_{temp} ⁶	12 650 m ²
Personer i byggnaden vardag ⁷	176 personer
Fjärrvärmeanvändning (normalårskorrigerat)	3 342 446 kWh 265 kWh/(m ² ·år)
Total elanvändning, 1996 ⁸	3300 000 kWh 237 kWh/(m ² ·år)
Fastighetsel, 2007 ⁶	789 150 kWh 62 kWh/(m ² ·år)
Vattenförbrukning ⁸	6 522 m ³ 470 liter/m ²

Det finns ingen egen statistik för Hus 22 vad gäller förbrukning av el, värme och vatten men vid två tillfällen har sjukhusets energibehov analyserats mer ingående och resulterat i statistik över byggnaden. I den senare statistiken finns inga uppgifter om total elanvändning för hus 22

⁶ (Energideklaration hus 22, 2007)

⁷ (YIT, 2007)

⁸ (Kahr, 1997)

utan enbart fastighetsel anges. I beräkningarna i avsnitt 6 användes siffrorna från 1996 vilket troligen är lite för höga värden.

1996 utfördes en kartläggning av energianvändningen på sjukhuset av företaget Puab och sedan 2007 utförs en så kallad EPC av företaget YIT. EPC står för Energy Performance Contract och innebär att samma entreprenör som utreder besparingspotentialen för ett företag också utför åtgärderna. Oftast lämnas en besparingsgaranti där entreprenören garanterar en viss besparing efter genomförd EPC. Vid båda dessa tillfällen har lokalerna på Danderyds sjukhus undersökts för att hitta möjligheter för energieffektivisering och vid båda analyserna belyses att ingen uppföljning av energi-, vatten- eller elförbrukning finns på byggnadsnivå. Detta försvårar arbetet med en energikartläggning eftersom resultatet kommer att bygga till viss del på antaganden och extrapolering. År 1996 var, i Hus 22, fjärrvärmeanvändningen 281 kWh/m^2 och elanvändningen 237 kWh/m^2 (Kahr, 1997), vilket kan jämföras med resultatet från Stil2-studien där det genomsnittliga energibehovet för sjukhusen i studien var $218 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{år})$ och elförbrukningen $88,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{år})$ (Energimyndigheten, 2008a). Den höga elanvändningen i Hus 22 kan motiveras på grund av de energikrävande verksamheter, som röntgen och operation, som är samlade i byggnaden (Kahr, 1997).

Båda rapporterna rekommenderar samma typ av åtgärder. Bland annat påpekar båda rapporterna att ventilationen har kontinuerlig drift och går hela dygnet trots att flera lokaler enbart har verksamhet på dagtid. Att samma saker påpekas kan innebära att lite har förändrats mellan tidpunkterna för rapporterna. En orsak till detta kan vara den dåliga uppföljningen av förbrukning på sjukhusområdet. En liten energibesparing i en byggnad ger lite slagkraft på den totala förbrukningen och motivationen för energiåtgärder mattas. Den största skillnaden mellan rapporterna är angående belysningen. Puab rekommenderar att driftstiderna ses över eftersom 67 % av belysningen var igång utan någon person närvarande. YIT tycker däremot att driftstiderna ej ska prioriteras i ett första skede utan att belysningen istället byts ut mot ny energisnål belysning. Dock fastställer YIT att belysning ofta lyste även då det var fullt dagsljus i lokalen. (Kahr 1997; YIT, 2007) Som ett resultat av det EPC som råder installerades under våren 2010 ett nytt styrsystem för ventilationen i Hus 22. (Dalkia, 2010)

7.4.3 ELSYSTEMETS UPPBYGGNAD HUS 22

I Byggnad 25 som angränsar till Hus 22 finns ett ställverk som försörjer Hus 22, 23, 25 och 26. Ställverket fungerar som en huvudströmbrytare och mäter även storleken på strömmen och spänningen som går igenom ställverket. Vid överbelastning eller fel kan även mätutrustningen detektera fel och larma. (ABB, 2006)

Från ställverket går nio huvudledningar till Hus 22 uppdelade i två system. Fyra av ledningarna är av den sort som kallas för primär kraft, vilken alltid markeras med grön märkning, och fem är av det som kallas för sekunda kraft och markeras vitt. Det primära systemet försörjer all den apparatur och utrustning på sjukhuset som alltid måste vara igång.

Vid ett eventuellt strömavbrott går reservkraft igång som säkerställer elförsörjningen för de primära systemen medan de sekundära systemen stängs av. Huvudledningarna går vertikalt genom huset i tre elnischer, eller elschakt, som kanalskenor, se Figur 22, eller kabel och försörjer de olika delarna av byggnaden. Nischerna är utplacerade ett i vardera änden av huset och ett i mitten. På varje våningsplan finns fördelningscentraler, se Figur 23 anslutna till huvudledningarna som i sin tur fördelar ström ut till olika gruppcentraler, se Figur 24 och Figur 25. På våning 2 och 3 finns två fördelningscentraler och 10 respektive 11 gruppcentraler. På våning 4 som innehåller röntgen finns istället hela 6 fördelningscentraler och 28 gruppcentraler. Till en enda gruppcentral kan många olika funktioner vara kopplade som belysning och vägguttag. Vissa installationer som hissar, kyla och ventilation har egna apparatskåp. I apparatskåpet sitter den elektronik som sköter driften av en viss installation samt även strömförsörjningen till installationen, som går igenom apparatskåpet. Där ett eget apparatskåp förekommer kan förbrukningen registreras genom att koppla en mätare till ledningarna i skåpet. Till gruppcentralerna och apparatskåpen distribueras strömmen i 3-fas. (Dalkia, 2010)



Figur 22 Två Canalis kanalskenor



Figur 23 Fördelnings-central

Det elstigarschema som erhöles över Hus 22 är uppdaterat 1998 och saknar därmed information om förändringar som gjorts sedan dess. En uppdatering av stigarschemat är därmed nödvändig för att få rätt information om var elen går någonstans.

7.7.4 ENERGIKRÄVANDE INSTALLATIONER HUS 22

Följande information om installationerna har framkommit ur samtal med driftspersonalen för Hus 22, referens (Dalkia 2010).

7.4.4.1 Kyla

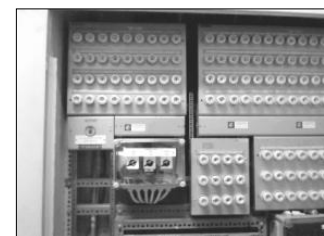
I hus 22 finns två kylmaskiner som står på våning 6 som är anslutna med eget apparatskåp. Eftersom sjukhuset har ett centralt kylsystem som förser alla byggnader med kyla används dessa enbart som reservkapacitet under sommaren.

7.4.4.2 Ventilation

På våning 6 finns alla de ventilationsaggregat som förser Hus 22. Ventilationsaggregaten har alla sina egna apparatskåp och i hus 22 uppgår det till 29 stycken, varav 11 stycken är specifikt för operationsverksamhet.

7.4.4.3 Hissar

I Hus 22 finns 8st hissar. Alla hissarna har ett eget apparatskåp.



Figur 24 Gruppcentral (äldre modell)



Figur 25 Gruppcentral (ny modell)

7.4.4.4 Belysning

Belysning finns genomgående i hela hus 22. Belysning är till största inkopplad direkt till en gruppcentral men det händer att viss belysning som bordslampor kopplas via vägguttag. Belysningen är därmed kopplad till många olika gruppcentraler i hela byggnaden vilket gör det oerhört svårt att mäta summan av förbrukningen av all belysning.

7.4.4.5 PC-enheter

De PC-enheter som finns i lokalen försörjs via vägguttag

7.4.4.6 Röntgenavdelningen

Röntgenavdelningen i Hus 22 är den avdelning som, enligt uppgift, drar mest el i hela byggnaden. Röntgenavdelningen innehåller flera stora elintensiva maskiner och flera huvudledningar från ställverket går direkt till våning 4.

7.4.4.7 MR-kamera

MR-kamera står för Magnetrontgenkamera och finns placerat på våning 4 i Hus 22. Från ställverket går en egen huvudledning som enbart försörjer MR-kamera och dess tillhörande teknikrum 4409. Ledningen är av primärtyp vilket innebär att reservkraft går på vid strömavbrott för att säkra försörjningen. I ställverket sitter även en mätare som registrerar förbrukningen på ledningen vilket innebär att förbrukningsdata för MR-kamera och rum 4409 är möjliga att få fram.

7.4.4.7 Angiolab

Angiolabbet och intilliggande teknikrum 477 ligger också det på våning 4 och har liksom MR-kameran en egen försörjning via primär huvudledning från ställverket. Även här finns mätare installerad nere i ställverket som registrerar förbrukningen.

7.4.4.8 Centraloperation

Centraloperationen på våning 5 är enligt uppgift, liksom röntgenavdelning, en avdelning som förbrukar stora mängder el.

7.5 ANALYS AV MÖJLIGHETER FÖR SYSTEMORIENTERAD MÄTNING FÖR HUS 22

7.5.1 UPPFÖLJNING AV TOTAL FÖRBRUKNING

För ett så pass stort sjukhus som Danderyd med 50 stycken olika byggnader krävs som en första åtgärd att dela upp förbrukningen på varje byggnad var för sig. Genom att framföra resultatet som elförbrukning per area, specifik elanvändning, kan olika byggnader jämföras med varandra och höga värden granskas. För Hus 22 kan totalförbrukningen enbart erhållas genom att mäta den faktiska förbrukningen genom mätutrustning och det är möjligt idag eftersom det i ställverket redan finns mätare installerade vid varje huvudledning som registrerar förbrukningen i kWh. Genom en summering av förbrukningen för varje ledning som går in till Byggnad 22 kan totalförbrukningen för byggnaden erhållas och på samma gång förbrukningen för varje enskild huvudledning.

7.5.2 UPPFÖLJNING AV FASTIGHETSEL

I fastighetselen ingår hissar, pumpar, ventilation, elvärme, kyla och fläktar. För Hus 22 som har centralkyla och enbart fjärrvärmeuppvärmning innebär fastighetselen bara ventilation, hissar, pumpar. Det finns även två kylaggregat men de används bara som reservkraft. Förbrukningen för hiss, ventilation pumpar och kyla går att mäta var för sig genom att koppla in en mätare efter som varje enskild installation har sitt eget apparatskåp. Förbrukningen hos de nämnda installationerna kan mätas genom att installera fasta mätare eller genom att använda mobil mätutrustning. Eftersom det enbart för ventilation finns så stort antal installationer är en mobil mätutrustning ett bättre alternativ för det här fallet utifrån de generella rekommendationer som gavs i avsnitt 6. En första undersökning hade varit att säkerställa att alla aggregat arbetade efter de utsatta driftstiderna.

7.5.3 UPPFÖLJNING AV VERKSAMHETSEL

Att kartlägga hela verksamhetselen innebär ett stort arbete eftersom verksamheten är så komplex. Dock kan kartläggning och uppföljning av vissa enskilda installationer vara värdefullt, till exempel förbrukningen för belysning och standbyförluster för utrustning. Belysningen i Hus 22 är ansluten till många olika gruppcentraler och att mäta elförbrukning för belysning med utrustning vid varje gruppcentral blir väldigt krävande och osmidigt. För belysningen i Hus 22 är en schablonmodell där installerad effekt och driftstider används den bästa lösningen, samma resonemang gäller PC-enheter. Förbrukningen för MR-kamera och Angiolabbet på våning 4 kan avläsas från mätarna i ställverket.

8. RESULTAT

Det har funnits fyra olika problemställningar som har analyserats och angripits i rapporten för att ligga till grund för skapandet av metodiken och de kan sammanfattas så här:

- *Finns det potential för besparingar*
- *Vilken information saknas och eftertraktas*
- *Hur ska informationen erhållas*
- *Var ska informationen redovisas?*

I följande avsnitt redovisas det resultat som har framkommit genom litteraturstudie och fallstudie. De resultat som presenteras här ligger till grund för hur metodiken ska se ut vilket presenteras i nästa kapitel.

8.1 BESPARINGSPOTENTIAL

Det finns stora potentialer att spara el genom bättre kunskap om hur mycket el, och till vad, som elen används. Bland annat kan, enligt Stil2-studien, mycket el sparas, 24,3 kWh/(m²·år), inom vårdinrättningar enbart genom att optimera belysning och ventilation. Genom att synliggöra den momentana förbrukningen via en display och genom informativa fakturor kan konsumtionen sänkas med upp till 15 %.

I Statens Offentliga Utredningar, SOU 2008:110, nämns att endast 15 % av de energibesparande lönsamma åtgärderna som det finns potential för utförs. I samma SOU beskrivs även att en bättre individuell uppföljning kombinerat med ekonomiska incitament, så kallad Individuell Mätning och Debitering IMD, kan ge besparingar för lokaler på mellan 5-10 %.

Faktiska exempel kan visa på att bättre eluppföljning ger potential för besparingar. I ett försök med bättre uppföljning på el med hjälp av mätutrustning på Ystads Saltsjöbad sparades 18 % el redan första året. Bättre upplysning ger helt klart bra underlag för besparingar. Besparingspotentialen i kommersiella byggnader är enligt Europeiska Kommissionen 30 % vilket innebär att det finns mycket att förbättra i de flesta byggnader.

8.2 VAL AV RELEVANT INFORMATION

8.2.1 UPPDELAD FÖRBRUKNING

Både Stil2-studien och fallstudien på Danderydssjukhus visar att uppföljning på byggnadsnivå inte är en självklarhet när det gäller sjukhusområden utan mer ett undantag. För energiutredningar är informationen om byggnadens totala elförbrukning en förutsättning vilket också visar sig i Stil2-studien där de väljer att installera egna mätare, för varje byggnad som saknade, för att kunna genomföra studien, se avsnitt 7.1.

8.2.2 KONTINUITET

När ett antal energiexperter från flera olika ackrediterade energideklarationsföretag tillfrågades om vilken information angående elförbrukning som de ofta saknar i sitt arbete svarar de flesta att det är månadsuppföljning under längre tid som två-tre år som saknas. Genom månadsuppföljning under längre tid kan eluppföljningen sättas i relation till utomhustemperaturen och kan användas för att bättre analysera säsongsvariationer. Även timstatistik efterfrågas i viss mån och med timstatistik kan även dygnsvariationer analyseras.

8.2.3 FASTIGHETSEL

I energideklarationen finns krav på att bestämma storleken på fastighetselen men i de allra flesta fallen mäts fastighetsel och verksamhetsel, alternativt hushållsel, ihop vilket gör det svårt att få tillförlitliga data angående enbart fastighetsel. Det vore därmed väldigt fördelaktigt om fastighetsel registrerades för sig. Fastighetselen kan till exempel erhållas genom att ta bort hushållsel eller verksamhetsel från totalelen men detta är svårt eftersom uppgifter om vilken elutrustning som finns i lokalen ofta saknas. Att faktiskt mäta de olika installationerna inom fastighetsel istället är ett bättre alternativ.

8.2.4 VENTILATION OCH KYLA

De installationer som är mest intressanta att mäta ur ett energieffektiviserings syfte är ventilation och kyla. Statistik om drift och förbrukning för ventilation och kyla kan direkt ligga till grund för optimering av drift och på så vis sänka elbehovet (Adalberth, 2008). Bland annat saknas ofta korrekta uppgifter om driftstider. Elförbrukning för kylmaskin är också intressant då det ingår som en post i energideklarationen och sällan finns data över. Stil2-studien nämner att det finns stor potential för besparingar av förbrukningen för ventilation genom minskade luftflöden.

8.2.5 BELYSNING

Enligt Stil2-studien är ventilation och belysning de installationer som drar mest el och därmed bör även uppföljning av belysning ske i större grad. Speciellt med tanke på att potentialen för besparingar är så pass stor för belysning, hela 54 %. (Energimyndigheten, 2008a)

Belysning drar ofta en betydlig del av elen för ett sjukhus och här finns stor potential för energieffektiviseringar genom att byta armatur och installera styrsystem. Någon enkel mätning av belysningen finns inte utan installerad effekt och driftstider får användas istället.

8.2.6 MEDICINSK UTRUSTNING OCH ÖVRIG VERKSAMHETSEL

När de gäller den medicinska utrustningen finns inte samma möjligheter att optimera driften utan energieffektivisering kommer först in vid en nyinstallation. Vid ett val mellan två likvärdiga apparater kan den med lägst energiförbrukning väljas men kvalitén får aldrig bli lidande för energibesparingar. Dock kan det finnas möjligheter till energibesparingar genom att se över standbyförbrukning, standbytider och kylbehov hos apparaturen.

8.2.7 NYCKELTAL

På grund av att verksamheten på ett sjukhus ser så olika ut från byggnad till byggnad och från sjukhus till sjukhus kan det vara svårt att jämföra olika sjukhus med varandra. Speciellt om

enbart nyckeltalet specifik energianvändning används då det bara utgår från area och energiförbrukning. Ett bättre utnyttjande av lokalerna eller effektivare verksamhet syns till exempel inte eftersom arean och energiförbrukningen fortfarande är konstant.

Eftersom verksamheten är så olika inom just sjukhus hade ett nyckeltal som är mer verksamhetsorienterat varit att föredra. Det skulle kunna visa energiförbrukning efter antalet patienter eller antalet personal i byggnaden. Tyvärr finns det brister även där då en patient kan kräva väldigt olika typ av vård och därmed också olika energibehov. En kombination av flera olika nyckeltal kan vara en lösning.

Det kan vara bättre att framförallt jämföra med sina egna historiska värden för att se om förbrukningen minskar eller ökar. Om resultatet ska redovisas som specifik energianvändning används fördelaktigen arean uttryckt som A_{temp} .

8.2.8 SAMMANFATTNING

Resultatet ska vara minst månadsstatistik men gärna timstatistik där det finns möjlighet. Eluppföljning ska ske för varje enskild byggnad separat och gärna uppdelat med fastighetsel för sig. En ytterligare uppdelning med installationernas egen förbrukning var för sig är ett gott underlag för energieffektiviseringsåtgärder och optimering utav drift framförallt för ventilation och kyla. Resultatet ska förutom att redovisas i absoluta tal även redovisas som specifik elanvändning där elförbrukningen visas som förbrukning per uppvärmd area. För att ha möjlighet att jämföra resultatet med Stil2- studien används A_{temp} som mått på arean.

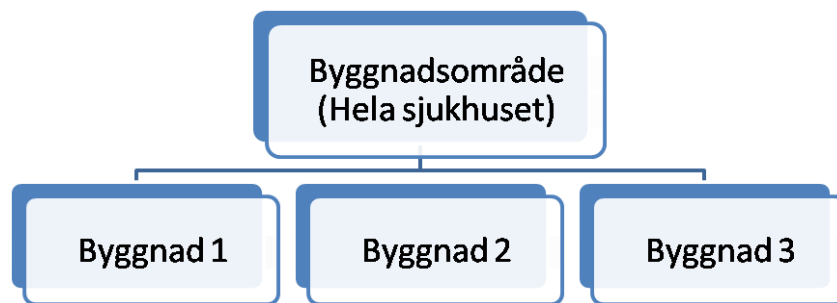
8.3 VAL AV METOD

I avsnitt 5 presenterades de olika metoderna som kan användas för förbättrad eluppföljning och i avsnitt 6 utfördes en investeringsbedömning av de olika alternativen. Eftersom alla metoderna visade sig vara goda investeringar i investeringskalkylen bygger valet av metod istället på vilken metod som fungerar bäst för vilken situation, fungerar flera metoder görs först då en specifik investeringsbedömning för varje fall.

- Fasta mätare måste installeras vid uppföljning av totalförbrukning för byggnader eller avdelningar.
- För installationer med egna apparatskåp eller som det endast finns få av i samma kategori i en byggnad kan fasta elmätare eller mobil mätutrustning användas. Beroende på antalet installationer, vilken kapacitet som krävs på elmätaren samt vem som eventuellt ska utföra förflyttningen av den rörliga mätutrustningen blir resultatet om vilken metod som är mest lämplig olika. Är antalet installationer väldigt få är det bättre att investera i fasta mätare men är antalet installationer många lönar det sig istället med en mobil mätutrustning. Var gränsen går är olika från fall till fall och det är därför svårt att ge några bra generella råd. Istället måste en kostnadskalkyl utföras för varje enskild situation.
- För installationstyper som består av många olika enheter utspritt i en byggnad på många olika elcentraler, till exempel belysning eller PC-enheter kan varje installation inte enkelt mätas. Här måste schablonmodellen användas.

8.4 UPPDELNINGSSCHEMA







Elförbrukning för varje enskild byggnad för sig är inte alls en självklarhet men behovet av det är stort så som redovisas i avsnitt 7.1. Det innebär att högsta prioritet är att skapa en uppföljning för varje specifik byggnad, se Figur 26. Inom ett stort byggnadsområde kan väldigt många olika byggnader av olika energiprestanda existera och genom att skapa en mer disaggregerad uppföljning kan insatser ske där de behövs som mest. Om inte en uppdelning på byggnadsnivå ger några energibesparingar i sig underlättar det ändå för den entreprenör, företag eller personal som ska kartlägga energiförbrukningen på området. Arbetet med att få fram förbrukningsdata underlättas och arbetstiden för momentet kan minskas och därmed också kostnaderna. Rekommendationer om åtgärder blir mer korrekta eftersom beräkningarna utgår från faktiskt förbrukning och inte antaganden och extrapoleringar. Uppföljning för varje byggnad skapas genom att installera fasta elmätare på den eller de huvudledningar som försörjer byggnaden med elektricitet. Kontinuiteten på mätdata ska vara minst på månadsbasis men med de nya mätarna som möjliggör timmätning finns ingen anledning att inte använda timavläsning även om fakturering fortfarande sker per månad.

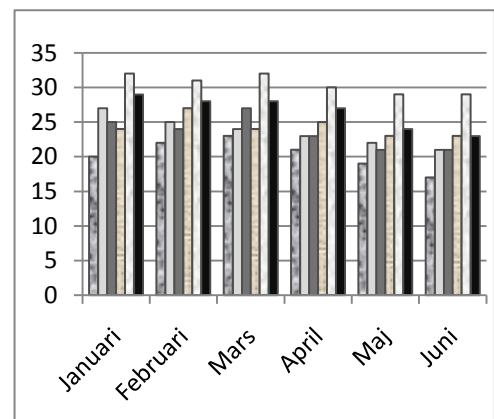


Figur 26 Uppdelning till separata byggnader

Hur redovisningen av informationen som erhålls genom att dela upp ett fastighetsområde på varje enskild byggnad skulle kunna se ut visas i Tabell 9. För att möjliggöra för jämförelse mellan byggnaderna redovisas resultatet i nyckeltalet, specifik energianvändning.

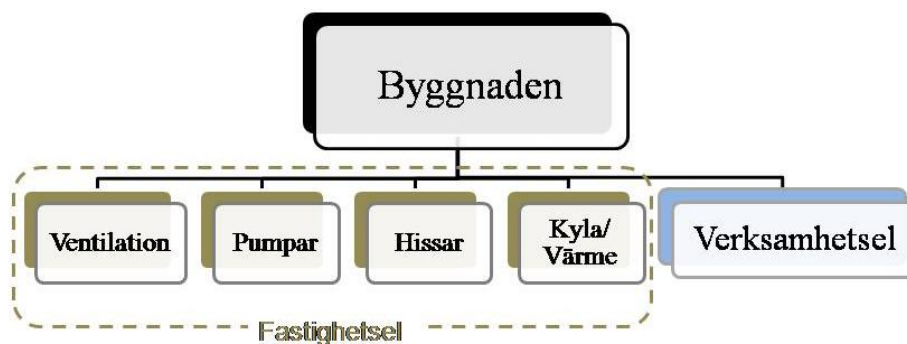
Tabell 9 Eluppföljning 2010, Sjukhuset

Specifik energianvändning, kWh _{el} /(m ² ·månad)		Jan	Feb	Mars	April	Maj	Juni
Byggnad 1		20	22	23	21	19	17
Byggnad 2		27	25	24	23	22	21
Byggnad 3		25	24	27	23	21	21
Byggnad 4		24	27	24	25	23	23
Byggnad 5		32	31	32	30	29	29
Byggnad 6		29	28	28	27	24	23
Totalt		157	157	158	149	138	134



I bilden kan den byggnad med högsta förbrukningen lätt urskiljas. Förändringar i förbrukning för respektive hus blir även väldigt synliga och om något verkar onormalt kan den byggnaden ses över och felaktigheter snabbt åtgärdas och onödiga förluster undviks.

Efter en byggnadsuppdelning blir nästa steg att disaggregera byggnadens olika interna elflöden. Eftersom många av installationerna i en byggnad, som kyla och ventilation, förser behovet för hela byggnaden finns ingen anledning att disaggregera byggnaden i ännu mindre system så som avdelning eller plan. Nästa steg i uppdelning blir istället att fokusera på elförbrukningen hos varje enskild installation. För driftpersonal och energiexperter är det mest fastighetselen som är intressant när det gäller energibesparingar och därmed innebär nästa uppdelning att få fram fastighetselen genom en bättre uppföljning av ventilation, hissar, pumpar och kyla. Resultatet av uppdelningen visas tydligare i Figur 27. Installationerna inom fastighetsel har ofta egna apparatskåp och samtidigt finns det oftast bara en eller fåtal av varje installation vilket möjliggör för separat mätning av varje enskild installation.



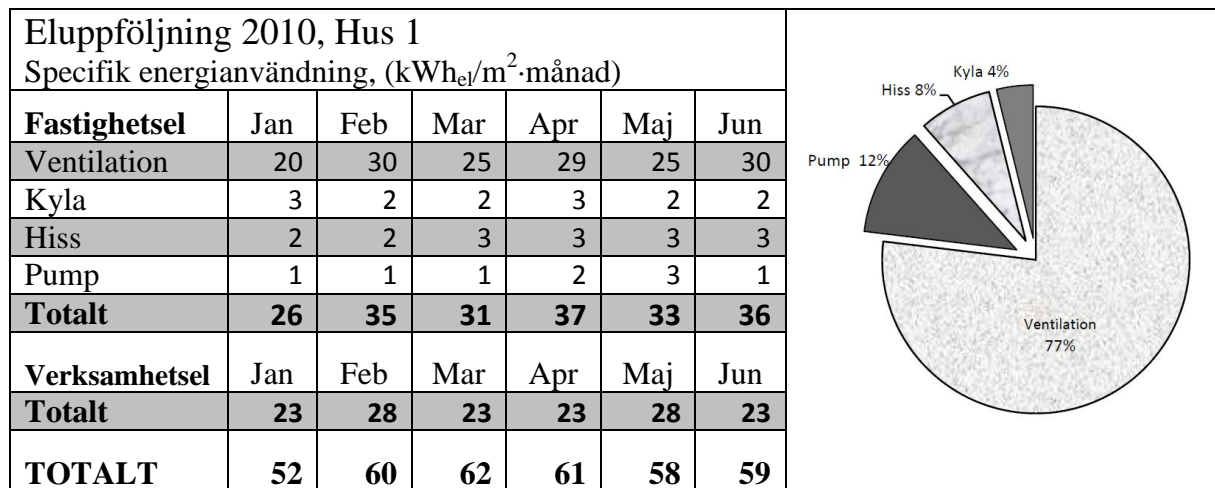
Figur 27 Uppdelning av installationer och fastighetsel

För att få en förbrukningsstatistik för installationerna kan två olika metoder användas, dels kan fasta elmätare installeras vid varje installation eller så kan en mobil elmätare användas som flyttas runt mellan de olika installationerna. Den mobila utrustningen registrerar belastningskurvor vilket ger information om hur mycket effekt som används och under hur lång tid. Resultatet visar snabbt om installationen går som förväntat och kan även med lite enkel beräkning ge kvalitativ information om totalförbrukningen. Fasta mätare ger exakta svar på hur stor totalförbrukningen är men ger oftast inte lika högupplösta belastningskurvor. Antalet installationer, vilken kapacitet som krävs på mätaren samt vem som ska utföra förflyttningen av den rörliga mätutrustningen är faktorer som påverkar vid val av metod, se avsnitt 6.6.4.

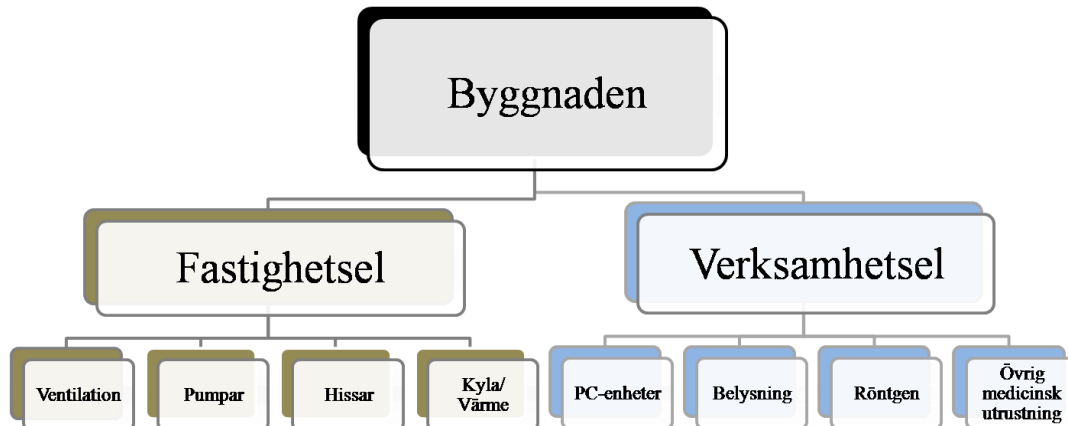
Vid mätning av total förbrukningen där endast långa tidsintervall som månad är möjlig blir kontinuiteten i data begränsad men det bidrar till att skapa en disaggregerad eluppföljning som är värdefull eftersom den visar hur stor andel el som används för respektive installation. Dock är målet att sträva efter att förutom totalförbrukning även få information om installationernas belastningsmönster och effekttoppar, framförallt för installationer som ventilation och kyla eftersom deras drift bättre kan justeras. Efter en ytterligare uppdelning som den i Figur 26 kan resultatet presenteras så som visas i Tabell 10, där erhålls

fastighetselen uppdelad på dess olika installationer, verksamhetselen och den totala förbrukningen för byggnaden.

Tabell 10 resultatbild efter uppdelning av installationer och fastighetsel



Nästa uppdelningsfas blir att förutom att dela upp fastighetselen även disaggregera verksamhetselen i dess olika delar, se Figur 28. Verksamhetselen ser till skillnad från fastighetselen väldigt olika ut från verksamhet till verksamhet. Vissa har en väldigt elintensiv verksamhet medan andra inte utnyttjar apparatur och elintensiv utrustning i någon större utsträckning.



Figur 28 Uppdelning av fastighetsel och verksamhetsel

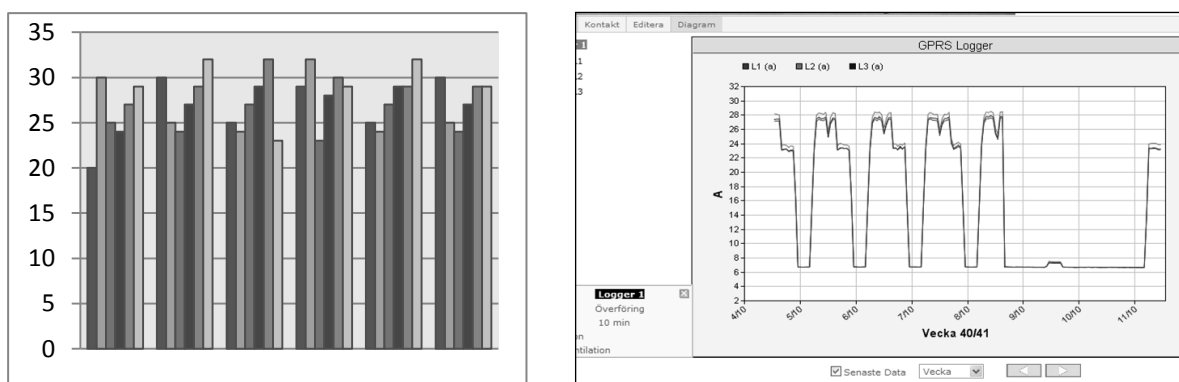
Inom verksamhetsel är det framförallt belysning som gemensamt är en tung post. Belysning är dock en av de svåraste installationerna att faktiskt mäta förbrukningen på eftersom den består av väldigt många enskilda enheter utspridda överallt i en byggnad. De olika enheterna är ofta kopplade till olika elcentraler och ibland även till vägguttag vilket också gör det oerhört omständigt att mäta varje enhet en och en. Resultat om belysningens förbrukning kan enbart erhållas med en schablonberäkning. Schablonberäkning går ut på att uppskatta den installerade effekten och driftstiderna istället för att utföra någon mätning. Samma resonemang gäller för till exempel PC-enheter som oftast också är utspridda i byggnaden. Finns det inom verksamheten elintensiva installationer eller apparater som det bara finns ett

fåtal av i varje byggnad fungerar det bra att mäta dessa med en elmätare. Beroende på vilken typ av verksamhet som finns i byggnaden blir uppföljning av verksamhetselen därmed olika. För verksamhet utan några större installationer räcker en beräkning av belysning och PC-enheter medan finns elintensiva installationer kan dessa utrustas med fasta mätare eller mätas med mobil mätutrustning. En kostnadskalkyl måste då utföras för att säkerställa om fasta mätare eller en mobil mätare är det mest ekonomiska alternativet.

8.6 RESULTATPLATTFORM

8.6.1 FÖR INGENJÖREN

För en ingenjör, oavsett om det är driftspersonal eller en energirådgivare, är resultat i form av tabeller och grafer så som presenterats i avsnitt 8.5 användbart, se Figur 29. Fördelaktigt är om databanken går att nå via internet eftersom det innebär god tillgänglighet oavsett var man befinner sig. Statistiken ska sparas över en längre period för att senare kunna analysera säsongsvariation och se hur elförbrukningen påverkas av utomhustemperaturen. All data inom ett mätområde, i det här fallet ett byggnadsområde, ska samlas på samma plattform. För disaggregerad uppföljning redovisas hur stor del som varje installation utgör tydligast med ett cirkeldiagram (Hallin et al, 2007).



Figur 29 Olika sätt att visa förbrukningsdata

8.6.2 FÖR ALLA

Genom att även visa energiförbrukning för personal och besökare i lokalerna finns möjlighet att skapa ett intresse för energibesparing. Ett sätt är att sätta en display eller liknande på en plats där många befinner sig får fler kunskap om arbetet med energibesparingar. De som vistas i lokalerna blir delaktiga i processen genom att få ta del av resultaten. Det räcker med att ett öga kastas på displayen för att personen ska påminnas om att det pågår ett besparingsarbete. Displayen är förslagsvis lätt att se, lätt att läsa av och ska även dra blickarna till sig. En display kan med fördel sättas i ett väntrum eller i ett personalrum men även en display i en korridor kan vara bra om det går snabbt att ta till sig informationen.

För att nå ut till en större publik med förbrukningsresultaten kan andra former än tabeller och grafer användas för att sprida informationen bättre. Istället för siffror kan energiförbrukning visas på en rad olika sätt för att skapa ett större intresse, se Figur 30. En del modeller använder ljus, både ljus som blir mer intensivt om förbrukningen ökar, se vänstra bilden, eller

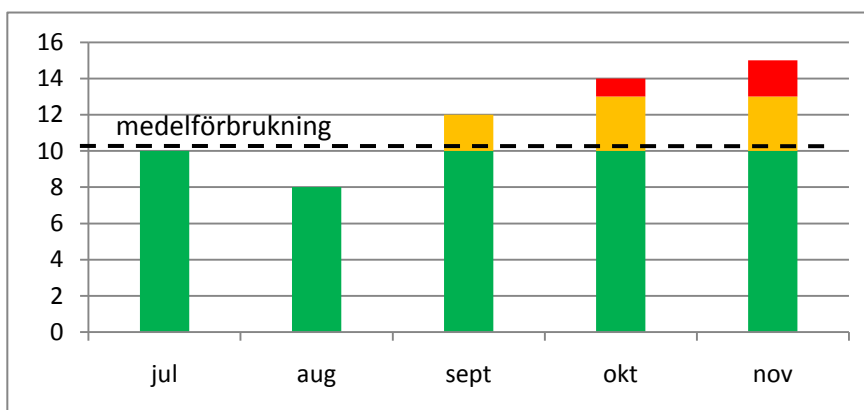
ljus som ändrar färg beroende på låg eller hög förbrukning se mittersta bilden. En annan modell använder en klocka som fyller i en färgad stapel vid varje tidpunkt som visar om förbrukningen var stor eller liten, se högra bilden. På klockan visas hur förbrukningen har sett ut senaste dygnet eller annan vald tidsperiod. Dessa displayer är utformade för hushåll och inte för att passa som display för ett sjukhus men de är nytänkande och idéerna kan tas med vid utformande för nya displayer för större offentliga lokaler.



Figur 30 Bilderna är hämtade från nätet, referens Gadget, Geekologie och REUK i referenslistan.

Som komplement till de mer grafiska varianterna behövs en display som visar mer historisk statistik för att visa om energiförbrukningen minskat eller ökat den senaste tiden. Många studier har visat att en kombination av grafer och text sprider informationen på ett mer effektivt sätt (Hallin et al, 2007).

I en studie inom ELAN projektet, ”Elanvändning i vardagen” utvärderades två olika displayer och en internetbaserad statistik sida. Utvärderingen visade att enkelhet och lättillgänglighet var det viktigaste för en fungerande display eller statistik hemsida. Det klassiska stapeldiagrammet gav bäst information om förbrukningen och färgsymbolik visade sig vara oerhört effektivt. Färgsymboliken bestod av de klassiska färgerna grön, gul och röd där grön symboliserar bra nivåer och röd symboliserar varning och fara vilket är välbekant för de flesta från trafikljusen, se Figur 31. (Bartusch, 2009)

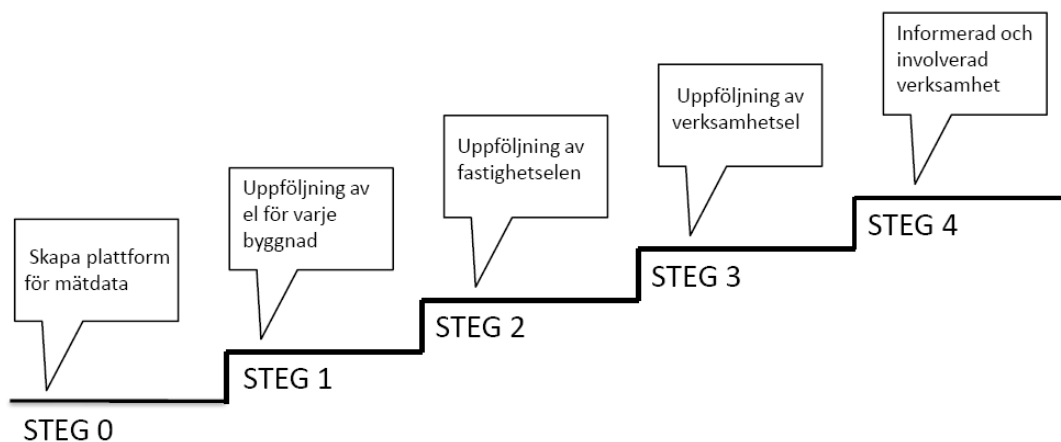


Figur 31 Färgsymbolik och stapeldiagram, trafikljus

9. METODIKHANDBOKEN

9.1 PRESENTATION

Efter fakta och resultat som sammanställdes i avsnitt 8 skapades en handbok. Handboken beskriver en metod att skapa bättre eluppföljning vilket kan vara väldigt relevant för en fastighetsägare. Metoden är uppdelad i fyra olika steg där varje nytt steg innebär en förbättring av eluppföljningen jämfört med tidigare nivå, se Figur 32. På grund av att olika verksamheter har olika uppföljning i dagsläget är det möjligt att gå in i processen på det steg där verksamheten befinner sig idag och utvecklas därifrån. På så vis finns det förslag och utvecklingspotential för alla. Utöver metoden beskriven i text finns även en grafisk systembild där metoden är sammanfattad. Efter metodavsnitten finns i handboken ett hjälpavsnitt med kompletterande fakta om hur vissa beräkningar eller val genomförs. Metodhandboken finns i Bilaga C.



Figur 32 Stegmodellen

9.2 IMPLEMENTERINGSEXEMPEL

Nedan följer ett exempel på hur metoden kan tillämpas på en byggnad. I exemplet används metoden på Hus 22 på Danderyds Sjukhusområde som presenterades i avsnitt 7.

9.2.1 UTGÅNGSPUNKT

Efter utvärdering av Hus 22 vid Danderyds sjukhus säkerställs att byggnadens eluppföljning befinner sig på *Steg 0* på trappan. *Steg 0* innebär att det inte finns någon uppföljning på hur mycket den enskilda byggnaden förbrukar, enbart förbrukningen för hela sjukhusområdet mäts.

9.2.2 STEG 0

Att avklara *Steg 0* innebär att innan förbrukningsdata över byggnaden börjar genereras ska det skapas en plattform som tar hand om och sparar all data.

9.2.3 STEG 1

När en bra plattform för datainsamling finns tillgänglig är det dags för nästa steg. På *Steg 1*

ska en eluppföljning på byggnadsnivå skapas och enligt metodiken ska detta utföras genom att installera fasta mätare som registrerar elförbrukningen för byggnaden. Hus 22 försörjs av nio stycken huvudledningarna som kommer från ett ställverk som även försörjer andra byggnader på området. Nio stycken elmätare måste därmed installeras, en för varje ledning. Troligen krävs elmätare med strömtransformatorer för de nio huvudledningarna.

Kostnaden för en mätare som enbart mäter förbrukningen är cirka 2000 kr och sen tillkommer kostnaden för strömtransformatorer på 1000 kr/styck. Totala kostnaden för nio stycken mätare är därmed 45 000 kr. Förbrukningen för nio elmätare kostar 135 kr/år. När mätarna har installerats i ställverket och förbrukningen för byggnaden mäts separat är *Steg 1* avklarat.

9.2.4 STEG 2

Nästa steg på trappan blir *Steg 2* vilket innebär att ta fram förbrukningen av fastighetsel. Till fastighetsel räknas värme, kyla, ventilation, pumpar och hissar men eftersom värme och kyla sköts centralt för sjukhusområdet finns inga egna installationer för det i hus 22. Till fastighetselen räknas för Hus 22 enbart ventilation, pumpar och hissar.

Enligt elstigarschema finns åtta hissar samt tre pumpar. De tre pumparna har alla egna apparatskåp och är kopplade till olika gruppcentraler vilket innebär att det krävs tre mätpunkter för pumparna. Fyra av hissarna är kopplade till gruppcentraler parvis vilket innebär att en mätning av gruppcentralerna ger förbrukningen för båda hissarna och antalet mätpunkter kan minskas. Antalet ventilationsaggregat är svårare att tyda i elstigarschemat men enligt ett protokoll över driftstiderna för ventilationsaggregaten finns 29 stycken ventilationsaggregat i byggnaden. Huruvida några av dem är kopplade till samma gruppcentral är oklart. Totalt sätts därmed antalet mätpunkter till 38 stycken.

För Hus 22 sköts driften av företaget Dalkia och förflyttningen av mobil utrustning förväntas ta 30 min av arbetstiden i anspråk och kosta 260 kr/h. Enligt metodhandboken bör mobil mätutrustning användas när antalet installationer är många och enligt investeringsbedömning för Hus 22 bör mobil utrustning användas om antalet installationer överstiger tre om de kräver strömtransformatorer eller tio om de kan använda direktmätning. Det innebär att Hus 22 med hela 38 mätpunkter bör använda en mobil mätutrustning istället för fast. Om varje installation mäts under en hel vecka kan alla installationer mätas under ett år. Antalet installationer är lika med antalet förflyttningar. Kostnaden för insatsen blir därmed 16 900 kr för mätutrustningen och 4 940 kr/år för arbetstiden som krävs för förflyttningarna.

9.2.5 VINSTPOTENTIAL

Elförbrukningen i Hus 22 uppgår, efter de senaste uppgifterna som omfattar hela byggnaden, till 3 300 000 kWh/år (Kahr, 1997). Den rörliga kostnaden för el är i dagsläget 0,64 kr/kWh för sjukhuset vilket innebär att den rörliga kostnaden för el för Hus 22 är 2 112 000 kr/år. Elbesparingen måste bli minst 0,43 % för att investeringen ska löna sig om livslängden för utrustningen sätts till 15 år. Eftersom det är troligt att besparingen blir större än så är investeringen av mätutrustningen god.

10. DISKUSSION

Genomgående i rapporten har det poängterats att bättre eluppföljning är nödvändigt för att kunna spara el men kartläggning av elanvändningen genererar i sig själv inte några besparingar. En extra elmätare minskar inte automatiskt elkonsumtionen till skillnad från att installera närvarostyrning för belysningen. Dock innebär en bättre uppföljning av elen att hög förbrukning och ovanligt förbrukningsmönster uppmärksammas. Utöver att disaggregera enbart el kan även förbrukningen av värme och varmvatten synliggöras för att hushålla med alla energiformer.

Det finns flera anledningar till att en förbättrad eluppföljning bidrar till minskad elanvändning. När ny modern energisnål utrustning installeras finns det risk att för mycket förtroende sätts till utrustningens prestanda. Trots nya investeringar och förbättrad utrustning har ändå människan alltid ett finger med i spelet. Energisnål utrustning kan vara felaktigt inställd eller kan ställas in fel efter ett tag i drift och inte längre arbeta lika effektivt. Utan elmätare antas driften vara perfekt och energisnål när det i själva verket kan vara så att styrsystemet är urkopplat eller att driftspersonalen sköter utrustningen fel. Det är även viktigt att våga ifrågasätta de gamla mönstren och bryta gamla mönster. Är de gamla inställningarna faktiskt rätt, krävs dessa driftstider eller behöver vi verkligen den här utrustningen? Det är mycket som bara är gamla vanor och beteenden och trots försök till förändringar kan gamla vanor snabbt återkomma igen. Finns mätning av förbrukningen synliggörs fuskande direkt.

Ett annat exempel är när fönster byts ut mot nya energieffektiva fönster men där de verkade i lokalerna gärna fortsätter att öppna ett eller ett par av dem. På det viset försvinner effekten av de nya välisolerande fönstren. Det är viktigt att alla som vistas regelbundet i lokalen är delaktiga i vad som händer och vet vilka besparingsåtgärder som genomförs för att inte motverka dessa. Igen är det viktigt att faktiskt mäta förbrukningen.

Det kan rekommenderas att möjliggöra för bättre uppföljning när ny apparatur installeras eller vid nybyggnation. Vid nybyggnation kan gruppcentraler utformas så att samma typ av installation samlas vid en gruppcentral. På så vis skulle det bli möjligt att mäta belysning med mätutrustning och inte bara använda schablonmetod. Vid nyinstallation kan den nya apparaturen direkt utrustas med egen mätning.

För ett sjukhus där personalen i lokalerna inte direkt påverkas personligt av hög elanvändning kan det vara svårt att minska elanvändningen. Jämfört med en villaägare där elanvändningen direkt ger en ekonomisk effekt är samvetet och känslan att man gör en insats för miljön den enda drivande faktorn hos en anställd på sjukhuset. Detta medför att displayer där personal kan se hur mycket el som används i realtid inte har lika stor effekt som hos villaägare där besparingen kan vara 5-15 %. Att anställda aktivt skulle undvika effekttoppar och elkonsumtion är därmed mindre troligt. I det fallet kan det vara bättre att det sker en omorganisation där viss medicinsk utrustning kan centraliseras till ett ställe, till exempel sterilisering av instrument. Genom att det sker på ett ställe istället för på flera ställen i byggnaden kan verksamheten lättare styras till att nyttjas under tiden då det är låg belastning.

Omorganisering på ett centralt plan kan därmed vara ett bättre sätt för att spara energi jämfört med att lita enbart på den enskilda individen.

Problemet med att få personal eller de som vistas i lokalerna att bli engagerade är att det inte finns tillräckligt med incitament. Det krävs information, utbildning och att det synliggörs var elen används till men kombinerat med det behöver det även finnas incitament som främjar ett sparande beteende. Energibesparingar borde kombineras i större grad med just ekonomiska incitament. Att varje enskild aktör själv betalar för den energi som de själva använder är en förutsättning för att stoppa stora delar av den onödiga förbrukningen. Gratis är ett alldeles för bra pris för att gemene man ska orka ändra sina vanor. Att IMD, individuell mätning och debitering, ger så goda resultat på bland annat lägenheter beror mycket på att det går att göra en egen ekonomisk vinning. Timvis mätning där priset på el varierar för olika tidpunkter på dygnet kan också vara ett bra alternativ för att minska effektopparna och sprida ut elanvändningen under dygnets alla timmar. Där enbart kollektivmätning finns, som till exempel inom många kommuners fastigheter, kan istället avtal mellan fastighetsägaren och kunden skrivas som skulle kunna innefatta någon form av bonus om kunden minskar sin användning.

I det här examensarbetet skapades en handbok som beskriver ganska brett vägen till en bättre eluppföljning, vilka mål som är önskvärda och tips på hur man ska ta sig dit. Det presenterades fem metoder för disaggregerade system i rapporten men valet av metoder för handboken kom att bli tre, att installera mätutrustning, använda en mobil mätutrustning eller göra en schablonbaserad utredning. Den kanske mest intressanta av metoderna men som ändå inte valdes till handboken är NILM som detekterar elförbrukande utrustning ur den totala elförbrukningen. Metoden valdes inte eftersom den inte är kommersiellt gångbar och på grund av att en sjukhusbyggnad är för komplex för metoden. Metoden har dock stor potential att användas i mindre bostäder och kan förhoppningsvis komma att detektera de flesta av bostadens förbrukare. Utveckling av metoden ska bli intressant att följa.

Det var problematiskt att konkret välja en metod framför en annan, av de tre, eftersom det är svårt att förutspå hur mycket information som metoden kan generera och också hur mycket energi som därmed kan sparas. Förhoppningen finns dock att genom att vissa riktlinjer framarbetats och presenterats i handboken kan de första frågorna som en fastighetsägare ställer sig bli besvarade. Processen delades upp i en stegmetod för att möjliggöra för olika verksamheter med olika eluppföljning att använda metoden. Valet att använda en stegmodell togs ganska snabbt och blev en bra utformning av metoden. Det sista steget i metoden är ett väldigt öppet steg där verksamheten får tips om fortsatt arbete genom att visualisera förbrukningen i lokalerna och engagera personal. Metodhandboken var tänkt att främst gälla sjukhus vilket tydligt syns i vissa avsnitt men trots det är metoden lika relevant för andra typer av verksamheter och större byggnadsområden.

Under arbetet med handboken har det funnits vissa svårigheter med att vara tillräckligt tydlig och konkret. Det är en svår gräns mellan att ge alldeles för vaga direktiv som ingen följer till att säga att det här är den enda vägen att gå. I handboken ges några förslag på hur det kan

utföras och sedan kan aktörerna själva anpassa metoden till sin egen verksamhet. Tanken är att metoden som presenteras ska skapa inspiration och motivation att arbeta med dessa frågor.

11. SLUTSATS

Med enbart en total uppföljning av elanvändningen går det inte att se vad elen används till och således inte heller vad som är en ovanligt hög förbrukning. Fördelarna med ett disaggreerat system är att elflödena blir tydliga. Det går att se hur mycket el som varje byggnad använder och därmed prioritera åtgärder på de byggnader som har högst förbrukning. Genom att dela upp elanvändningen även på installationer kan bättre slutsatser om installationens drift tas och även beslut om eventuella åtgärder.

För att skapa ett disaggreerat system för en större byggnad finns i dagläget tre olika metoder, att installera mätutrustning, använda en mobil mätutrustning eller göra en schablonbaserad utredning. En kombination av dem kan krävas för att lösa alla delflöden i ett system. I handboken presenteras en metod som strävar efter att ge en bättre uppföljning. Metoden bygger på fyra steg och alla de tre metoderna används. För varje steg blir systemet mer och mer uppdelat och slutmålet är att kunna se i detalj hur mycket el som förbrukas var. En byggnads energianvändning kan med fördel synliggöras för de som vistas i lokalerna och stapeldiagram med trafikljussymbolik är lätt för de flesta att ta till sig. Eftersom att elflödena och förbrukningen synliggörs kan man förvänta sig en energieffektiviserande investering eller energihushållningseffekt när metoden implementeras.

11.1 VIDARE STUDIER

Eftersom den här studien enbart har resulterat i en teoretisk metod om hur en bättre eluppföljning skulle kunnas skapas är en vidare studie där metoden implementeras intressant. Lämpligen väljs ett mindre objekt men där alla installationstyper finns representerade för fallstudien. Studien kan både undersöka den exakta kostnaden av installationsarbetet men även vilken information som blev tillgänglig angående byggnadens elanvändning. Efter implementering av metoden är slutmålet att se vilken effekt det hade på energianvändningen.

12. REFERENSER

12.1 BÖCKER

Abel, E. Elmroth, A. 2006. "Byggnaden som system" Forskningsrådet Formas

Adalberth, K. Wahlström, Å. 2008. "Energibesiktning av byggnader -flerbostadshus och lokaler" SIS HB 10, utgåva 2. SIS Förlag AB

Becker, M. 2007 "Kompendium i Industriell Ekonomi AK" Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för Teknisk ekonomi och Logistik

Energimyndigheten, 2009 "Energiläget 2009" Utgiven av Statens energimyndighet

Pyrko, J. 2004 "Eleffekthushållning, 11 föreläsningar" Institutionen för värme och kraftteknik, Lunds Universitet. Publicerad 2004

SFS 2006:985 "Lagen om energideklarationer för byggnader" Utfärdad 21 juni 2006

SFS 2006:1590, Publicerad 9 januari 2007, hämtad online 24 augusti 2010

<http://www.notisum.se/rnp/sfs/sfs/20061590.pdf>

Warfvinge, C. 2007 "Installationsteknik AK för V" Studentlitteratur i Lund AB. Publicerad 2007

12.2 RAPPORTER

Belysningsbranschen, 2009 "När ljusnar det? Belysningsbranchens rapport om offentlig belysning" Publicerad 2009. Hämtad online 19 augusti 2010

http://www.belysningsbranschen.se/files/Pressrum/Nar_ljusnar_det_belysrapport_mailversion.pdf

Bartusch, 2009 "Visualisering av elanvändning i flerbostadshus" Slutrapport inom ELAN Etapp III Elforsk rapport 09:38 Publicerad februari 2009.

Berges, M. Goldman, E. Matthews, S. Soibelman, L. 2008 "Training Load Monitoring Algorithms on Highly Sub-Metered Home Electricity Consumption Data" Civil and Environmental Engineering Department, Carnegie Mellon University. TSINGHUA SCIENCE AND TECHNOLOGY ISSN1007-021465/67pp406-411 Volume 13, Number S1, October 2008

Berges, M. Matthews, S. Soibelman, L. 2010 "A System for Disaggregating Residential Electricity Consumption by Appliance" Proceedings of the 2010 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology. Publicerad 2010

Boverket, 2010 "Trend – Energideklarationer 2007-09-10 - 2010-08-3". Hämtad online 23 september 2010

http://www.boverket.se/Global/Bygga_o_forvalta/Dokument/Energideklaration/statistik_2010/Trend%20ed%202010.pdf

Bryntse, G. 2010 "Pappersindustrin kan spara mycket el" Hämtad online 23 augusti 2010

<http://www.raddaroan.nu/pappersel,%20slutversion%5B1%5D.htm>

Crossley, D. 2008 "The Role of Advanced Metering and Load Control in Supporting Electricity Networks" Task XV of the International Energy Agency Demand Side Management Programme. Publicerad 13 oktober 2008. Hämtad online 23 augusti 2010

<http://www.ieadsm.org/Files/Tasks/Task%20XV%20-%20Network%20Driven%20DSM/Publications/IEADSMTaskXVResearchReport5.pdf>

Darby, S. 2006 "Energy consumption; a review for DEFRA of the literature on metering, billing and direct displays" Environmental Change Institute, University of Oxford. Publicerad april 2006

Energimyndigheten, 2007b "Energianvändning & inomhusmiljö i skolor och förskolor – Förbättrad statistik i lokaler, STIL 2. Ett samarbete mellan Boverket och Energimyndigheten" ER 2007:11

Energimyndigheten, 2008a "Energianvändning i vårdlokaler. Förbättrad statistik för lokaler, STIL 2". ER 2008:09.

Energimyndigheten, 2008b "Långsiktsprogno 2008 ER 2009:14" Statens energimyndighet ISSN 1403-1892 Publicerad 2008

Energise, 2010. "EPBD 2 - Mar 2010 Update" hämtad online 16 augusti 2010.
<http://www.energiseconsulting.com/news/39-news/59-epbd2>

Energimyndigheten, 2010b "Energien i våra lokaler, resultat från Energimyndighetens STil2-projektet". Delrapport från Energimyndighetens projekt Förbättrad energistatistik i samhället."

ESMA, 2008 "Definition of Smart Metering and Applications and Identification of Benefits". European Smart Meter Alliances. Publicerad 12 maj 2008.
http://www.esmahome.eu/UserFiles/file/downloads/Final_reports/ESMA_WP2D3_Definition_of%20Smart_metering_and_Benefits_v1_1.pdf

Elforsk, 2005b "Litteraturoversikt - beteendestudier och elanvändning" Elan-programmet, studie utförd av profu. Publicerad 7 juni 2005, hämtad online 13 september 2010
http://www.elanprogram.nu/rapporter/litteratur_profufu.pdf

Hallin, T. Lindstedt, I. Svensson, T. 2007 "Presentera förbrukning grafiskt - den samlade kunskapen" Malmö University Institutionen för kultur och samhälle. Rapport från Elforsk. Hämtad online 19 oktober 2010
http://www.elforsk.se/rapporter/SearchResults.aspx?request=Presentera*+AND+f%c3%b6rbrukning*+AND+grafiskt*+AND+den*+AND+den*+AND+samlade*+AND+kunskapen*

Henryson, J.; Håkansson, T.; Pyrko, J. 2000 "Energy efficiency in buildings through information - Swedish Perspective" Lund Institute of Technology, Energy Policy 28 (2000) s. 169-180
http://www.sciencedirect.com/ludwig.lub.lu.se/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6V2W-3YVDBM1-3-1&_cdi=5713&_user=745831&_pii=S0301421500000045&_orig=search&_coverDate=03%2F01%2F2000&_sk=999719996&view=c&wchp=dGLzVzz-zSkzV&md5=431b459521c3526634a3f8f8ad3ffd14&ie=/sdarticle.pdf

Johansson, P. Storm, M. 2001 "Nyckeltal för energianvändning i byggnader" Regeringsuppdrag M2001/2226/Hs Redovisning av uppdrag avseende nyckeltal för energianvändning i byggnader. Boverket, publicerad oktober 2001. Hämtad online 14 september
http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2001/nyckeltal_f%C3%B6r_energianv%C3%A4ndningen_i_byggnader.pdf

Kahr, F. 1997 "Sammanfattning av energiutredning Danderyds Sjukhus, Byggnad 22" PUAB, projektutveckling AB. Publicerad november 1997

Locum, 2008 "Utsläpp från energianvändning, strategiska fastigheter Årsredovisning 2008" Publicerad 5 augusti 2009
http://www.locum.se/upload/Miljo/Utslappsredovisning%202008_Locum.pdf

Maldonado, E. 2010 "Executive summary report on the interim conclusions of the concerted action supporting transposition and implementation of the directive 2002/91/EC - EPBD (2007 - 2010)" Publicerad 2010, hämtad online 16 augusti 2010
http://www.epbd-ca.org/medias/pdf/ca_summary%20report_feb2010.pdf

Magnusson, B.; Åberg, B.; Gralén, K.; Björk, C.; Räftegård, O. 2003 "Den trycklösa fabriken" Energimyndigheten. Publicerad 3 juni 2003
http://energihandbok.se/x/d/i/5739/Tryckluftslosa_fabriken_Slutrapport.pdf

Matthews, S. Soibelman, L. Berges, M. Goldman, E. "Automatically Disaggregating the Total Electrical Load in Residential Buildings: a Profile of the Required Solution" Intelligent Computing in Engineering - ICE08

PCE, 2009 "Smart electricity meters: How households and the environment can benefit". Parliamentary Commissioner for the Environment. Publicerad juni 2009.

Profu, 2010 "Scenarier för utvecklingen av el- och energisystemet till 2050- resultat från modellkörningar med energisystemmodellen MARKAL-Nordic- och andra kompletterande analyser" Ett underlag för Svensk Energis 2050-studie Publicerad juni 2010,

Ruzzelli, A. G. Nicolas, C. Schoofs, A. O'Hare, G. M. P. 2010 "Real-Time Recognition and Profiling of Appliances through a Single Electricity Sensor" School of Computer Science and Informatics, University College Dublin, Ireland. Publicerad 2010

SOU 2008:110 "Vägen till ett energieffektivare Sverige" Slutbetänkande av Energieffektiviseringsutredningen, Stockholm 2008. Statens Offentliga Utredningar

Svensk Energi, 2010 "Elåret 2009" Publicerad maj 2010

U.S Patent 4.858.141, 1989. Hart G.; Kern, E.; Schweppe, F. "Non intrusive appliance monitor apparatus" Massachusetts Institute of Technology

YIT, 2007 "Danderyds sjukhus, Byggnad 22- akuten" Publicerad 5 oktober 2007

12.3 HEMSIDOR

ABB 2006, "Ställverket, strömbrytare av större modell" Uppdaterad 27 december 2006, hämtad online 10 september 2010
<http://www.abb.se/cawp/seabb361/21e7e83fd0e06c46c1257251003027cb.aspx>

ABB, 2010a "Hitta rätt elmätare" Hämtad online 27 september
<http://www.abb.com/cawp/seitp202/97b511946490d2fac125773b0043a54c.aspx>

ABB, 2010b "ODIN Meter, elmätare från ABB, Teknisk dokumentation" Hämtad online 27 september 2010
http://www.ecoguard.se/pdf/Elmatare_ABB_ODIN_OD4165.pdf

ABB, 2010c "Electricity meters for modular enclosures and DIN rail" hämtad online 28 september 2010
[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/99f9f0e4b9d9e9ffc125779d004793d8/\\$File/2CMC480041B0002.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/99f9f0e4b9d9e9ffc125779d004793d8/$File/2CMC480041B0002.pdf)

BIS, 2005 "MID" Hämtad online 27 september 2010
<http://www.nmo.bis.gov.uk/mid.aspx>

Boverket, 2010 "Energideklarationsformulär för övriga byggnader" Hämtad online 19 oktober 2010
http://www.boverket.se/Global/Bygga_o_forvalta/Dokument/Energideklaration/Övriga-byggnadsägare/Energideklaration%20ovriga%20byggnader%201.6.pdf

Danderyds sjukhus, 2010a "Historik" hämtad online 7 sept 2010
http://www.ds.se/Web/NormalPage_155.aspx

Danderyds sjukhus, 2010b "Karta över Danderyds sjukhus" Hämtad online 7 september 2010
http://www.ds.se/Web/MapPage_99.aspx

Energimyndigheten, 2007a "Beräkna LCC" Publicerad 13 december 2007, uppdaterad 9 mars 2010, hämtas online 6 september 2010
<http://www.energimyndigheten.se/sv/Foretag/Energieffektivisering-i-foretag/Stall-krav-vid-inkop/Livscykelkostnad/Berakna-LCC/>

Energimyndigheten, 2010c "Elvärme" Publicerad 15 november 2007, uppdaterad 5 oktober 2010, hämtad online 4 oktober 2010
<http://www.energimyndigheten.se/sv/Hushall/Din-uppvarmning/Elvarme/>

Energylogic, 2004a "Installation avEnergyGuard®med Display och I P Datalogger" Hämtad online 8 september 2010
http://www.energylogic.se/pdf/display_ip.pdf

Energylogic, 2004b "Energy News, nr 2-2004" Hämtad online 8 september 2010
http://www.energylogic.se/upload/en_gang_i_manaden.pdf

Europeiska Kommissionen, 2008. "Action Plan for Energy Efficiency (2007-12)" uppdaterad 3 september 2008, hämtad online 16 augusti 2010
http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/127064_en.htm

Europeiska Kommissionen, 2009 "Directive 2009/72/EC of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 2003/54/EC" Publicerad 13 juli 2009, hämtad online 16 augusti 2010
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32009L0072:EN:NOT>

Europeiska Kommissionen, 2010. "The EU climate and energy package" Uppdaterad 4 juni 2010, hämtad online 16 augusti 2010

http://ec.europa.eu/environment/climat/climate_action.htm

Helsingfors Energi, 2010 "Energiordlista, elmätning" Hämtad online 27 september 2010,

http://www.helen.fi/energi/sanasto_mit.html

IPCC, 2007 "Climate Change 2007: Working Group III: Mitigation of Climate Change" Hämtad online 27 september

http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/ch4s4-1.html

IME, 2006 "CONTO D4-Pt" Hämtad online 22 september 2010

<http://www.taljemat.se/document/NT655%20D4-S.pdf>

IME, 2007 "CONTO D4-Pd" Hämtad online 22 september 2010

<http://www.taljemat.se/document/NT669%20D4-Pd.pdf>

Intab, 2010 "Fjärrövervakande 3-fas GPRS-logger" Hämtad online 23 september 2010

http://www.intab.se/s_index.asp?page=s_products.asp

Kelkoo, 2010 "sökmotor för shopping" hämtad online 22 september

<http://www.kelkoo.se/ssc-100510023-elm%E4tare-din.html>

Miehlisch, F. 1998 "The M-bus: a documentation Rev. 4.8" Hämtad online 30 september 2010

<http://www.m-bus.com/mbusdoc/default.php>

Nationalencyklopedin, 2010 "Schablon" Hämtad online 19 aug 2010

<http://www.ne.se/schablon>

Näringsdepartementet, 2006 "Månadsvis avläsning av elmätare" Regeringskansliet. Publicerad 21 december 2006,

uppdaterad 25 januari 2008, hämtad online 11 augusti 2010-08-11

<http://www.regeringen.se/sb/d/2420>

Näringsdepartementet, 2009. "Energieffektivisering" Publicerad 25 september 2009, uppdaterad 23 mars 2010, hämtad online 16 augusti 2010

<http://www.regeringen.se/sb/d/12241/nocache/true/a/132540/dictionary/true>

SKB, 2010 "Säkerhet om 100 000år" Hämtad online 28 september 2010

http://www.skb.se/Templates/Standard_22160.aspx

"Mediesammanfattning vecka 19" Hämtad online 28 september 2010

http://www.skb.se/Templates/Standard_29086.aspx

Svenska kraft, 2010 "Om oss" Uppdaterad 2 februari 2009, hämtad online 18 augusti 2010

<http://www.svk.se/Om-oss/>

Vattenfall, 2010 "Miljöpåverkan från vattenkraft" Uppdaterad 20 september 2010, hämtad online 28 september

2010. http://www.vattenfall.se/sv/vattenkraft_66667.htm

Whitecroft, 2010 "Energy Performance in Buildings Directive 2002/91/EC BS EN 15193 Lightning Requirements", hämtad online 23 augusti 2010

http://issuu.com/whitecroft_lighting_limited/docs/whitecroft_energy_directive_brochure

12.4 NYHETSARTIKLAR

Abrahamsson, H. 2009 "Premiär för fjärravlästa elmätare" Ny teknik. Publicerad 1 juli 2009, hämtad online 24 augusti 2010.

http://www.nyteknik.se/nyheter/energi_miljo/energi/article601401.ece

TT, 2010 "Regeringen vill ha timvis avläsning" Dagens Nyheter. Publicerat 26 februari 2010, uppdaterat 26 februari 2010, hämtad online 23 augusti 2010

<http://www.dn.se/ekonomi/timvis-avlasning-kan-spara-el-1.1052367>

12.5 PERSONLIG KORRESPONDENS

Berglund, P 2010 Telefonsamtal med Peter Berglund på FVB Gävle, 29 september 2010

Dahlberg, P. 2010 Mejlkontakt med Peter Dahlberg på Tälje Mätinstrument, 21 september 2010

Dalkia, 2010. Rundvandring i Hus 22 och samtal med Jörgen Ristare, team leader, och Olle Wedmalm, elingenjör, vid Dalkia Energy & Building Service vid Danderydsjukhus.

Jensen, L. 2010 Handledarmöte, Lund 3 september 2010, Lund 1 november 2010

Lindoff. C 2010, Information som delgivits vid möten med driftcontroller Christer Lindoff på Locum.

Kopal storkök, 2010. Mejlkontakt med Göran Hermansson på Kopal storkök.

12.6 REFERENSER TILL FIGURER.

Figur 1 (Energimyndigheten, 2009)	13
Figur 2 (Energimyndigheten, 2009)	14
Energimyndigheten, 2009 "Energiläget 2009" Utgiven av Statens Energimyndighet	
Figur 3 (Fotografi, Malin Baltzar 2010).....	17
Figur 4 (Fotografi, Malin Baltzar 2010).....	17
Figur 5 (Systemskiss, Malin Baltzar 2010)	28
Figur 6 (Datainsamling av FVB på Intab hemsida).....	31
Figur 7 (Ruzelli et al, 2010)	32
Ruzelli, A.G Nicolas, C. Schoofs, A. O'Hare, G.M.P.2010 "Real-Time Recognition and Profiling of Appliances through a Single Electricity Sensor" School of Computer Science and Informatics, University College Dublin, Ireland. Publicerad 2010	
Figur 8 (Skiss, Malin Baltzar 2010) (Becker, 2007)	36
Figur 9 - Resultat.....	38
Figur 10 - Resultat	39
Figur 11 - Resultat.....	39
Figur 12 - Resultat.....	40
Figur 13 - Resultat	41
Figur 14 - Resultat.....	45
Figur 15 (Energimyndigheten 2008)	45
Energimyndigheten, 2008a. "Energianvändning i vårdlokaler. Förbättrad statistik för lokaler, STIL 2". ER 2008:09.	
Figur 16 (Energimyndigheten, 2010b)	49
Energimyndigheten, 2010b "Energien i våra lokaler, resultat från Energimyndighetens STIL2-projektet". Delrapport från Energimyndighetens projekt Förbättrad energistatistik i samhället."	
Figur 17 (Magnusson et al, 2003)	49
Magnusson, B.; Åberg, B.; Gralén, K.; Björk, C.; Räftegård, O. 2003 "Den trycklösa fabriken" Energimyndigheten. Publicerad 3 juni 2003 http://energihandbok.se/x/d/i/5739/Tryckluftslösa_fabriken_Slutrapport.pdf	
Figur 18 (Danderyds sjukhus, 2010b)	50
Danderyds sjukhus, 2010b "Karta över Danderyds sjukhus" Hämtad online 7 september 2010 http://www.ds.se/Web/MapPage___99.aspx	
Figur 19 Förbrukningstatistik fastighetsel Danderyds Sjukhus, data från Locum.....	51
Figur 20 (Skiss, Malin Baltzar 2010) data från Locum.....	51
Figur 21 (Skiss, Malin Baltzar 2010) data från Locum.....	52
Figur 22 (Fotografi, Malin Baltzar 2010).....	54
Figur 23 (Fotografi, Malin Baltzar 2010).....	54
Figur 24 (Fotografi, Malin Baltzar 2010).....	54
Figur 25 (Fotografi, Malin Baltzar 2010).....	54
Figur 26 (Systemskiss, Malin Baltzar 2010)	60
Figur 27 (Systemskiss, Malin Baltzar 2010)	61
Figur 28 (Systemskiss, Malin Baltzar 2010)	62

Figur 29 (Skiss, Malin Baltzar 2010)	64
Figur 30 (Gadget, Geekologie och REUK)	64
Gadget, 2009 " <i>Energy aware clock</i> " hämtad online 19 oktober 2010 http://gadgets.boingboing.net/2009/09/14/energy-clock.html	
Geekologie, 2006 " <i>Power aware cord tells you how</i> " hämtad online 19 oktober 2010 http://www.geekologie.com/2006/10/power_aware_cord_tells_you_how.php REUK	
REUK, 2010 " <i>Wattson Energy Meter</i> " hämtad online 19 oktober 2010 http://www.reuk.co.uk/Wattson-Energy-Meter.htm	
Figur 31 (Skiss, Malin Baltzar 2010)	644
Figur 32 (Skiss, Malin Baltzar 2010)	645

BILAGA A-KOMPLETTERANDE INFORMATION TILL INVESTERINGSBEDÖMNING I AVSNITT 6.

MÄTUTRUSTNING

Mätutrustning från två olika företag valdes. Dels två trefaselmätare av olika prestanda från ABB, ODIN och DELTA. Vid besök på Danderyds sjukhus fanns nämligen mätare från ABB i ställverket och därför valdes mätare från ABB för investeringsbedömningen. Båda modellerna från ABB kan användas för direktmätning och mätning med transformatorer men DELTA har bättre mät noggrannhet och även ett inbyggt kommunikationssystem. ODIN kan utrustas med sändare och kan på så vis kommunicera med en PC. Mättransformatorer och sändare ingår inte i priset för mätare utan de köps separat. Till mättransformatorer har en delbar variant med håldiameter på 50x80 mm från Tälje Mätinstrument, modell TP58 xxx/5A, valts för analysen. Två elmätare från Tälje Mätinstrument av märket CONTO analyserades även, en direktmätare och en med mättransformatorer, se Tabell 12.

Tabell 11 Pris för elmätare

Elmätare	Investering (Kr)	Egenförbrukning (W)	Förbrukning/år (kWh)
ODIN direkt	3 575 ⁹	2,71 ¹⁰	23,76
DELTA direkt	6 862 ⁹	0,5 ¹⁰	4,41
CONTO D4-Pt Puls+RS485 ...5A	5 973 ¹¹	3 ¹²	26,28
CONTO D4-Pd Puls+RS485...63A	2 250 ¹¹	12 ¹³	26,28
ODIN med strömtrafo	7 433	2,71	23,76
DELTA med strömtrafo	10 720	0,5	4,41
Delbar strömtransformator (50x80mm)	1 286 ¹¹	-	-

SCHABLONMODELL

Kostnaden för en schablonmodell, förutom den första mätaren, är tiden det tar för en person att ta fram installerad effekt och driftstider för valda installationer. Data behandlas sedan med hjälp av dator för att utgöra hur stor del av den totala elen varje installation utgör. Varje gång en ny mätning ska till kostar metoden. Den genomsnittliga besiktningstiden i Stil2-studien var 26 h inklusive både för- och efterarbete (Energimyndigheten, 2008a) och det kan vara en bra riktlinje för den första besiktningen. Om utredningen sker flera gånger kan arbetstiden för

⁹ (Kelkoo, 2010)

¹⁰ (ABB, 2010c)

¹¹ (Dahlberg, 2010)

¹² (IME, 2006)

¹³ (IME, 2007)

utförandet kortas allt eftersom rutiner skapas och mer data från tidigare utredningar finns att tillgå. Kostnaden för att ha en person i arbete under en timme sätts till 260 kr¹⁴

Elmätare	Investering (Kr)	Egenförbrukning (W)	Förbrukning/år (kr)
DELTA med strömtrafo	10 720	0,5	4,41

HANDLINGSBASERAD

Kostnaderna för handlingsbaserad metod är dels en engångskostnad för mätutrustning, en fast mätare och en mobil mätutrustning, som måste köpas in och dels en löpande kostnad för arbetskraften som krävs för att uträtta mätningarna, vilket innebär nio förflyttningar på en timme vardera. Den valda mobila mätutrustningen är en fjärrövervakande trefas GPRS-logger från företaget Intab som skickar mätdata trådlöst till en internetsida vilket lämpar sig väl för en mätare som ska flyttas. Mätaren är även av tångtyp vilket innebär att tängerna kan knipras om ledningarna istället för att träs över vilket innebär att strömmen inte måste brytas. (Intab, 2010) Kostnaden för arbetet blir som i föregående exempel 260 kr/h. Kostnaden för batterier till loggern antas till 100 kr/år

Elmätare	Investering (Kr)	Egenförbrukning (W)	Förbrukning/år (kr)
DELTA med strömtrafo	10 720	0,5	4,41
GPRS-logger	16 900 ¹⁵	- batteri	100

BESPARINGSPOTENTIAL

De olika mätarna och de olika metoderna ger olika mängd information om hur elförbrukningen ser ut. Den dyraste mätaren ”DELTA transfo” har ett inbyggt kommunikationssystem för lätt insamling av data och kan även ge information om lastkurvor. Det innebär att DELTA kan ge goda underlag för var och hur en energibesparing är möjlig. En mätare som enbart mäter totalförbrukningen kan inte ge samma informativa resultat och borde därmed inte ge upphov till lika stora energibesparingar. I investeringsbedömningen antogs alla metoder ge lika stor besparing vilket får de dyrare modellerna att se ut som en sämre investering.

¹⁴ Beräknat på en månadslön på 30 000 för 160h i månaden. För arbetsgivaren kostar arbetet 1,4 gånger lönen.

¹⁵ (Intab, 2010)

Kostnadsanalys elmätare					
Generella data			Elmätarmodeller		
Kalkylränta (i)	6%		Elmätare	Delbar strömtransformator (50x80mm)	DELTA med strömtrafo
Livslängd	15		Investering	1286	10720
Nusummefaktorn (i=6, n=15)	9,7122		Egenförbrukning	0	0,521
Elpris	0,64	kr	Förbrukning / år	0	4,56396
timmar /år	8760	h	Kostnad /år	0	2,9209344
Data hus 22					
Elförbrukning/år	3000000	kWh	Elmätare	ODIN med strömtrafo	
Elkostnad /år	1920000	kr	Investering	7433	
Besparing / år			Egenförbrukning	2,721	
Förväntad elbesparing	1%		Förbrukning / år	23,83596	
Kostnadsbesparing	19200	kr	Kostnad /år	15,2550144	
Elmätarmodeller					
Elmätare		ODIN direkt	Kostnad /år	CONTO D4-Pt Puls +RS485..5A	CONTO D4-PdPuls RS485 63A
Investering	(Kr)	3575	6862	5973	2250
Egenförbrukning	(W)	2,712	0,521	3	12
Förbrukning / år	(kWh)	23,75712	4,56396	26,28	105,12
Kostnad /år	(Kr)	15,2045568	2,9209344	16,8192	67,2768
Övriga metoder					
		Schablonmodell	handlingsbaserad		
Investering	(Kr)	0	16900		
Egenförbrukning	(W)	0	1 batteri		
Förbrukningskostnad / år	(kr)	0	100		
Arbetsinsats	(h)	26	9		
lön /timme	(kr/h)	260	260		
Kostnad /år	(Kr)	6760	2440		

Kapitalvärdesmetoden		Lunds Tekniska Högskola				december 2010		KV
Metod	Grundinvestering	Intäkt	Kostnad	a	Nusummefaktor			
ODIN	3575	19200	152,0	19048,0	9,7122		181422,5	
DELTA	6862	19200	29,2	19170,8	9,7122		179328,6	
CONTO	2250	19200	672,8	18527,2	9,7122		177690,2	
CONTO trafo	5973	19200	168,2	19031,8	9,7122		178867,7	
ODIN trafo	7433	19200	152,6	19047,4	9,7122		177559,6	
DELTA trafo	10720	19200	29,2	19170,8	9,7122		175470,6	
Handling	27620	19200	2442,9	16757,1	9,7122		135128,1	
Schablon	10720	19200	6762,9	12437,1	9,7122		110071,4	
Payback-tid							PB	
ODIN	35750	19200	152,0	19048,0			1,88	
DELTA	68620	19200	29,2	19170,8			3,58	
CONTO	22500	19200	672,8	18527,2			1,21	
CONTO trafo	59730	19200	168,2	19031,8			3,14	
ODIN trafo	74330	19200	152,6	19047,4			3,90	
DELTA trafo	107200	19200	29,21	19170,79			5,59	
Handling	16900	19200	2442,92	16757,08			1,01	
Schablon	10720	19200	6762,92	12437,08			0,86	

Table of present value factor, df , for constant yearly expenditures.

Real discount rate (Interest rate (i) minus -Price increase (p)), in [%]													
No of years (n)	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.02	1.01	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.93	0.92	0.91
2	2.06	2.03	2.00	1.97	1.94	1.91	1.89	1.86	1.83	1.81	1.78	1.76	1.74
3	3.12	3.06	3.00	2.94	2.88	2.83	2.78	2.72	2.67	2.62	2.58	2.53	2.49
4	4.21	4.10	4.00	3.90	3.81	3.72	3.63	3.55	3.47	3.39	3.31	3.24	3.17
5	5.31	5.15	5.00	4.85	4.71	4.58	4.45	4.33	4.21	4.10	3.99	3.89	3.79
6	6.44	6.22	6.00	5.80	5.60	5.42	5.24	5.08	4.92	4.77	4.62	4.49	4.36
7	7.60	7.29	7.00	6.73	6.47	6.23	6.00	5.79	5.58	5.39	5.21	5.03	4.87
8	8.77	8.37	8.00	7.65	7.33	7.02	6.73	6.46	6.21	5.97	5.75	5.53	5.33
9	9.97	9.47	9.00	8.57	8.16	7.79	7.44	7.11	6.80	6.52	6.25	6.00	5.76
10	11.19	10.57	10.00	9.47	8.98	8.53	8.11	7.72	7.36	7.02	6.71	6.42	6.14
15	17.20	16.27	15.00	13.87	12.85	11.94	11.12	10.38	9.71	9.11	8.56	8.06	7.61
20	24.89	22.26	20.00	18.05	16.35	14.88	13.59	12.46	11.47	10.59	9.82	9.13	8.51
25	32.85	28.56	25.00	22.02	19.52	17.41	15.62	14.09	12.78	11.65	10.67	9.82	9.08
30	41.66	35.19	30.00	25.81	22.40	19.60	17.29	15.37	13.76	12.41	11.26	10.27	9.43

BILAGA B -RESULTAT ENKÄT TILL ENERGIEXPERTER

1. Vid ert arbete med energideklarationer vilken information angående elförbrukningen tycker ni ofta saknas?

- månadsstatistik över en längre period, ca 2 till 3 år. Månadsstatistiken ger bättre överblick över elanvändningen i i relation till utomhustemperaturen.
- Månadsavläsning (statistik för ett år)
- Typ av elutrustning som finns i lokal, bostad
- Fördelningen av det som är fastighetsel och verksamhets-/hushållsel saknas för det mesta. I deklARATIONEN ska det endast anges fastighetselen och den övriga elen ska inte vara med men mäts i minst 99,9 % avfallen med samma mätare.

2. Vilken/ vilka information (er) angående en fastighets elförbrukning hade varit mest värdefull för er i ert arbete med energideklarationer?

- månadsstatistik (för att analysera säsongsvariationer), timstatistik (för att analysera dygnsvariationer)
- Månadsavläsning (statistik för ett år)
- Fördelningen av det som är fastighetsel och verksamhets-/hushållsel saknas för det mesta. I deklARATIONEN ska det endast anges fastighetselen och den övriga elen ska inte vara med men mäts i minst 99,9 % avfallen med samma mätare.

3. Finns det någon information eller uppföljning som har störst potential att ligga till grund för en energieffektiviseringsåtgärd?

- Aktuella luftflöden för ventilationsaggregat, det är inte alltid dessa finns med i OVK protokoll.
- Fjärruppkoppling till fastigheten, för att kunna granska driftbilder från kontoret samt för att lägga in loggningar av driftsparametrar som sedan används för att analysera regleringen
- Luftbehandling (drifttider, VÅV)

Tillfrågade energikonsulter

ÅF-consult, Aktea Energy AB, Zetagraf, FVB

BILAGA C- METODIKHANDBOKEN

METODIK FÖR SYSTEMORIENTERAD UPPFÖLJNING AV ELANVÄNDNING PÅ SJUKHUS

Den här handledningen är skapad utifrån en studie på ett sjukhus men många utav momenten och tillvägagångssättet gäller även för andra typer av lokaler.

Malin Baltzar

Examensarbete 2010

Förord

Den här handboken är framarbetad som en del av ett examensarbete. Studien presenteras i examensrapporten ”Metodik för systemorienterad uppföljning av elanvändning på sjukhus” och den här handboken är produkten av studien och ska ses som en fristående del. Inga referenser nämns i handboken utan finns intresse över referensförteckning hänvisas man till examensrapporten.

Handboken är framtagen i samarbete med FVB Stockholm.

/Malin Baltzar

Fotot på nästa sida är taget av Ellen Baltzar, Pristina Kosovo 2010

Hur mycket EL använder du?

... och till vad?



Känner du minsta tveksamhet inför svaret på den frågan, läs vidare och se vad en bättre eluppföljning kan bidra till när det gäller att minska vår elanvändning och i förlängningen minska kostnaderna och påverkan på vår miljö.

Översikt

Varför behövs en bättre eluppföljning?

Energianvändningen lokalt och globalt ökar hela tiden. Jordens befolkning växer och fler kräver bättre möjligheter att få energi till hushåll och industri. Fram till 2030 spås den globala energianvändningen öka med 64 % jämfört med år 2004. Miljön och klimatet påverkas av vår stora energiförbrukning och för att förhindra påverkan eller i alla fall minska den måste energiproduktionen och energianvändningen förändras. Förnybar energi är en lösning men vi måste även minska vår energianvändning. En sparad kilowattimme är den mest miljövänliga kilowattimmen men hur vet man var den kilowattimmen finns?

Innan 2009 fick de flesta kunder i Sverige sin elräkning uppdelad på kvartal efter en mätning som utfördes en gång per år, men efter 1 juli 2009 måste elräkningen visa den faktiska förbrukningen per månad och kunden således faktureras varje månad. Förändringen innebär bättre eluppföljning men fortfarande är informationen om vad elen används till obefintlig.

Det kan liknas med att handla varor, utan kunskap om den enskilda varans pris, i matvarubutiken under en hel månad utan att betala och sen få en räkning i slutet av månaden som enbart visar totalsumman av inköpen, inte vilka varor du har köpt. Eftersom informationen om vad du köpt eller vad det kostade inte finns blir det väldigt svårt att sluta köpa det som är oerhört dyrt. För att erhålla kunskap om förbrukningen måste nya system där brukarna lättare kan ta del av hur mycket som förbrukas och också var det förbrukas etableras.

El är den ädlaste energiformen vi har eftersom den lätt kan transporteras och omvandlas till andra energislag som till exempel värme eller arbete. Varför slösa på denna fantastiska resurs genom okunskap om förluster, felaktigt inställda installationer eller genom att elda för kråkorna när vi låter utrustning stå på i standbyläge eller belysningen vara tänd i lokaler där ingen vistas.

Att redovisa exakt vilken apparat eller installation som förbrukar vad i en lokal kan ha flera fördelar. Dels får brukaren information om sin användning och dels kan felaktiga eller felinställda installationer upptäckas och överdriven elkonsumention på så sätt undvikas. Informationen kan även kopplas till automatiska styrsystem eller till eldistributören som kan använda informationen till att styra bort en del av effektbehovet till tidpunkter med lägre belastning på nätet. En uppfattning om vilka installationer som är mest elkrävande behöver inte heller vara den korrekta utan det kan finnas förutfattade meningar om vad som förbrukar vad. Bättre eluppföljning bidrar till att gissningar inte längre är nödvändiga, vi vet svart på vitt hur det ser ut.

För de flesta sjukhusområden finns inte ens en uppföljning av förbrukningen på byggnadsnivå utan enbart den totala förbrukningen för hela området registreras. För stora byggnadsområden, med många hus, som enbart har en elmätare som registrerar totala elförbrukningen kan en uppdelning med individuell mätning på varje hus generera information om var en insats är

mest värdefull. En förändring i förbrukningen för ett litet hus inom området innebär endast en liten eller knappt märkbar förändringen på den totala förbrukningen för området och blir på så sätt svår att upptäcka. Genom en större uppdelning kan små viktiga förändringar synliggöras och åtgärdas om förbrukningen ökat eller fungera som motivation om förbrukningen minskat

Hur påverkas miljön av elanvändning?

Eftersom el inte kan lagras, i någon större omfattning, måste den produceras i samma sekund som den förbrukas. Det innebär att den producerade effekten måste täcka förbrukningsbehovet i varje tidpunkt. De tidpunkter då mest el förbrukas kallas för effekttoppar. Med en ökad elanvändning och högre effekttoppar krävs utbyggnad av produktionen för att tillgodose effektbehovet. Det svenska elnätet är inte ett isolerat system utan är ihopkopplat med angränsande länderna. El importerats momentant från de andra länderna när den egna produktionen inte är tillräcklig. Egentligen sker import och export av el även när Sveriges förbrukning är balanserad av den inhemska produktionen.

Svensk el produceras framförallt av vattenkraft och kärnkraft och utsläppen av koldioxid, kväveoxider och svaveldioxid är relativt låga. Koldioxidutsläppen är för Sverige i genomsnitt ca 20 kg/MWh medan de för Norden är 100 kg/kWh och för EU(25) 415 kg/kWh. De största utsläppen, på grund av svensk elanvändning, sker därmed när elen importerats från andra länder.

Påverkan på miljön förutom utsläpp till atmosfären måste dock också beaktas, speciellt vad gäller nybyggnation. Vattenkraften innebär stora förändringar i närområdet då vattendrag dämms upp och skapar dammar och sjöar där det tidigare varit torrmark. Även fisken som leker i vattendragen påverkas av vattenkraften då den inte längre kan färdas fritt från havet till sina lekställen i vattendraget. Kärnkraften som bygger på kärnklyvning genererar varje år mellan 15-25 ton använt kärnbränsle. Utöver använt bränsle skapas även annat radioaktivt avfall i produktionsprocessen som driftavfall och rivningsavfall. På grund av sin radioaktivitet är avfallet oerhört skadligt för alla levande organismer och måste förvaras säkert i cirka 100 000 år innan radioaktiviteten klingat av.

Elproduktion påverkar även människans närmiljö genom att produktionsanläggningar byggs i områden där människor bor eller verkar. För att undvika import av el och för att reducera utbyggnaden av produktionsanläggningar är det önskvärt att minska effekttopparna och minska elanvändningen. En minskning kan på så sätt minska klimat- och miljöbelastningen genom att undvika import av fossil el, ta fossil spetslast ur drift samt minska behovet av nya produktionsanläggningar.

Statistik över elförbrukningen för sjukhus i Sverige

2007 kartlades el och energiförbrukning inom vårdinrättningar i Sverige i en studie som kallas för Stil2. Stil genomförs av energimyndigheten och står för Statistik i lokaler. Det genomsnittliga energibehovet för sjukhusen i studien var 218 kWh/(m²·år) och elförbrukningen 88,6 kWh/(m²·år). I studien undersöktes även vad elen användes till specifikt och det resulterade i följande tabell som visar vilka installationer inom vården som förbrukar mest el. Tabellen visar även en uppdelning av vad som klassas som verksamhetsel och vad som är fastighetsel. I tabellen syns tydligt att ventilation och belysning är de installationer som har klart högst förbrukning men det är också där den största potentialen för besparingar finns.

Installationstyp Fastighetsel	Förbrukning kWh/(m ² ·år)	Del av total förbrukning (%)	Installationstyp Verksamhetsel	Förbrukning kWh/(m ² ·år)	Del av total förbrukning (%)
Ventilation	32,5	36,7	Belysning	21,1	23,8
Pumpar	5,1	5,8	PC-enheter	2,6	2,9
Kylmaskiner	3,5	4,0	Storkök	1,8	2,0
Elvärme och värmepumpar	3,4	3,8	Kök/pentry	1,4	1,6
Hiss	1,1	1,2	Motorvärmare	1,0	1,1
Cirkulations- fläktar	0,3	0,3	Tryckluft	0,5	0,6
Kondensorfläktar	0,1	0,1	Röntgen	2,7	3,0
			Kyl/frys medicin	1,1	1,2
			Rengöring/steriliserin	0,9	1,0
			Sterilcentral	0,2	0,2
			Tvättutrustning	0,8	0,9
			Datahall/Server	0,2	0,2
			Skrivare	0,5	0,6
			Kopieringsmaskiner	0,5	0,6
			Annat Verksamhetsel	3,4	3,8
			Diverse	3,9	4,4

Går det att spara något?

Det finns stora potentialer att spara el genom bättre kunskap om hur mycket el, och till vad, som elen används. Bland annat kan, enligt Stil2-studien, mycket el sparas inom vårdinrättningar enbart genom att optimera belysning och ventilation. Genom att synliggöra den momentana förbrukningen via en display och genom informativa fakturor kan konsumtionen sänkas med upp till 15 %.

I Statens Offentliga Utredningar, SOU 2008:110, nämns att endast 15 % av de energibesparande lönsamma åtgärderna som det finns potential för utförs. I samma SOU beskrivs även att en bättre individuell uppföljning kombinerat med ekonomiska incitament, så kallad Individuell Mätning och Debitering IMD, kan ge besparingar för lokaler på mellan 5-10 %.

Faktiska exempel kan visa på att bättre eluppföljning ger potential för besparingar. I ett försök med bättre uppföljning på el med hjälp av mätutrustning på Ystads Saltsjöbad sparades 18 % el redan första året. Bättre upplysning ger helt klart bra underlag för besparingar. Besparingspotentialen i kommersiella byggnader är enligt Europeiska Kommissionen 30 % vilket innebär att det finns mycket att förbättra i de flesta byggnader.

Finns det några gemensamma mål?

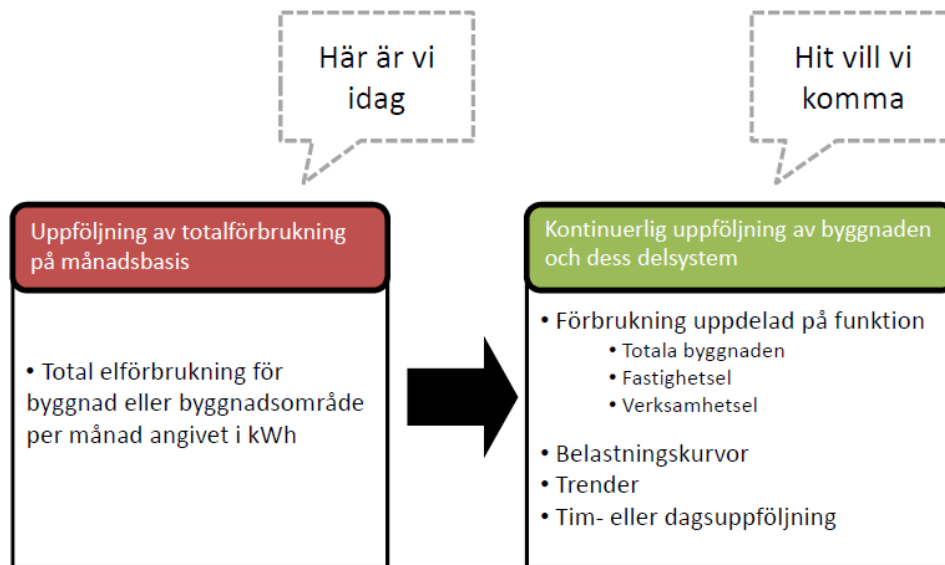
I juni 2009 lagstodgades i EU de nya klimat- och energimål som har kommit att kallas för 20-20-20 målen. 20-20-20 målen innebär att innan år 2020 ska:

- Emissionerna av växthusgaser inom EU ha minskat med 20 % jämfört med 1990 års nivåer
- 20 % av energikonsumtionen inom EU försörjas med förnyelsebara energikällor
- 20 % av energianvändningen inom EU minskas genom energieffektivisering

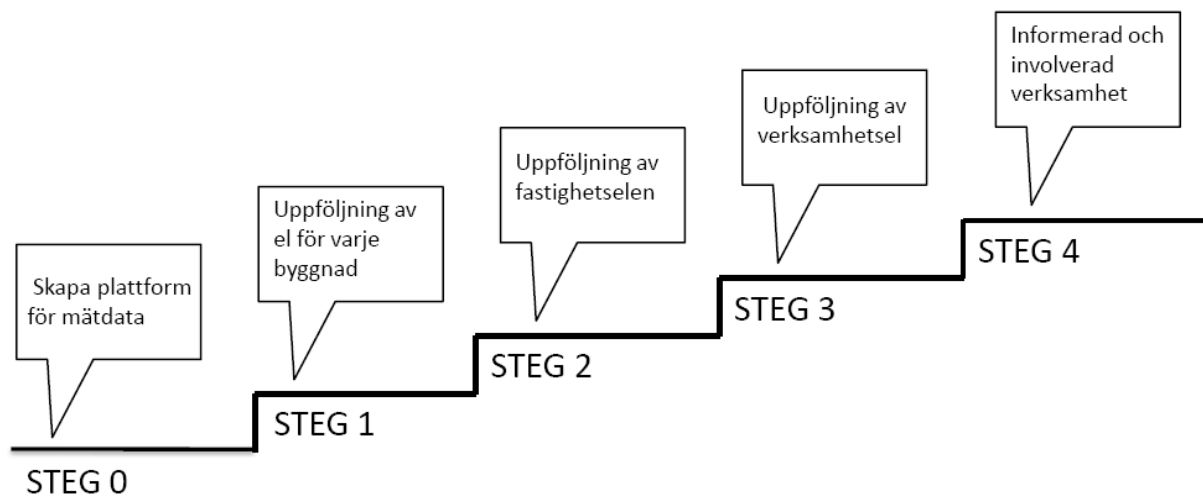
Den här handboken är ett verktyg för att främja arbetet med att uppnå den tredje punkten, att minska energianvändningen med 20 % fram till 2020. Riksdagen har satt upp ett delmål att energibesparingarna ska ha uppnått till 9 % redan till 2016 jämfört med nivåerna från 2001-2005. För enbart energieffektivisering i byggnader har svenska riksdagen satt upp nationella mål som innebär att den totala energianvändningen per uppvärmd areaenhet i bostäder och lokaler ska minska med 20 % till 2020 och 50 % till 2050. Bättre eluppföljning kan hjälpa till att nå dessa mål och visa att de har blivit uppnådda.

Stegmodellen

Som hjälp på vägen att minska sin elanvändning presenteras här en metod för att skapa bättre koll på elförbrukningen. Om elförbrukningen registreras i större utsträckning och resultatet visualiseras blir det tydligt vad elen används till. Det gör det lättare att veta var det finns behov av n åtgärder eller vilka vanor och mönster som måste förändras. Metoden är uppdelad i fyra steg där varje steg innebär en förbättring av eluppföljningen. Eftersom olika verksamheter kan befinna sig olika fas gällande sin eluppföljning är metoden utformad så att det är möjligt att starta på olika steg. Oavsett startsteg innebär varje ytterligare steg en utveckling till en bättre eluppföljning.



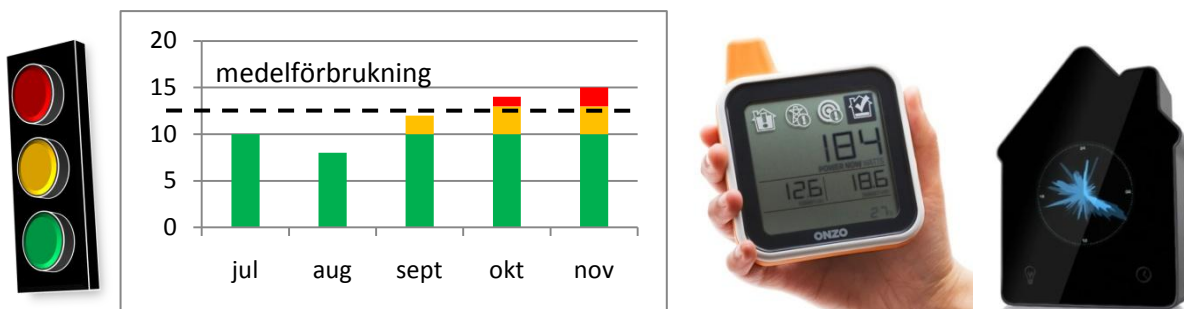
Bilden ovan till vänster i figuren visar var de flesta befinner sig idag medan den högra bilden visar vad som är målsättningen. På nästa sida börjar stegprocessen med Steg 0 som gäller alla oavsett vilken uppföljning som finns i dagsläget och efter det fortsätter stegen beroende på vilken uppföljning som finns idag på respektive verksamhet.



Steg 0 "Skapa en plats för mätdata"

Första steget för en bättre uppföljning är att skapa en plattform där all statistik om elförbrukningen kan samlas. En bättre uppföljning som genererar stora mängder data är oanvändbar så länge inte data samlas på en plats där den kan analyseras. Först och främst måste statistiken vara tillgänglig för driftspersonal men även fler kan ha nytta av statistiken så som energirådgivare. All inhämtad data ska sparas eftersom historisk data är mycket värdefull när det gäller att se säsongsvariationer och om eventuella effektiviseringsåtgärder gett resultat.

Plattformen med statistiken bör vara tillgänglig via internet för att på så sätt göra den lätt att nå och använda oavsett var man befinner sig. En internetbaserad plattform möjliggör även för enkel visualisering av förbrukningen för andra till exempel genom att sätta upp bildskärmar på olika platser i byggnaden uppkopplade till statistikhemsidan. Bildskärmen kan fungera som en påminnelse om att det pågår ett besparingsarbete i lokalerna och göra folk intresserade. Det kan medföra att de som vistas i lokalerna känner sig mer delaktiga i arbetet med att sänka elförbrukningen och därför påverkar deras egna vanor som att undvika standbytider. Gemensamt för alla typer av bildskärmar och statistik är att för att de ska nå fram med sitt budskap ska de bygga på enkelhet och lättillgänglighet. Stapeldiagram har visat sig vara populära och lätta att förstå och färgsymbolik är viktigt. De klassiska färgerna grön, gul och röd fungerar väldigt bra eftersom alla är välbekanta med symboliken från trafikljusen. Grön symboliserar bra nivåer och röd symboliserar varning och fara.

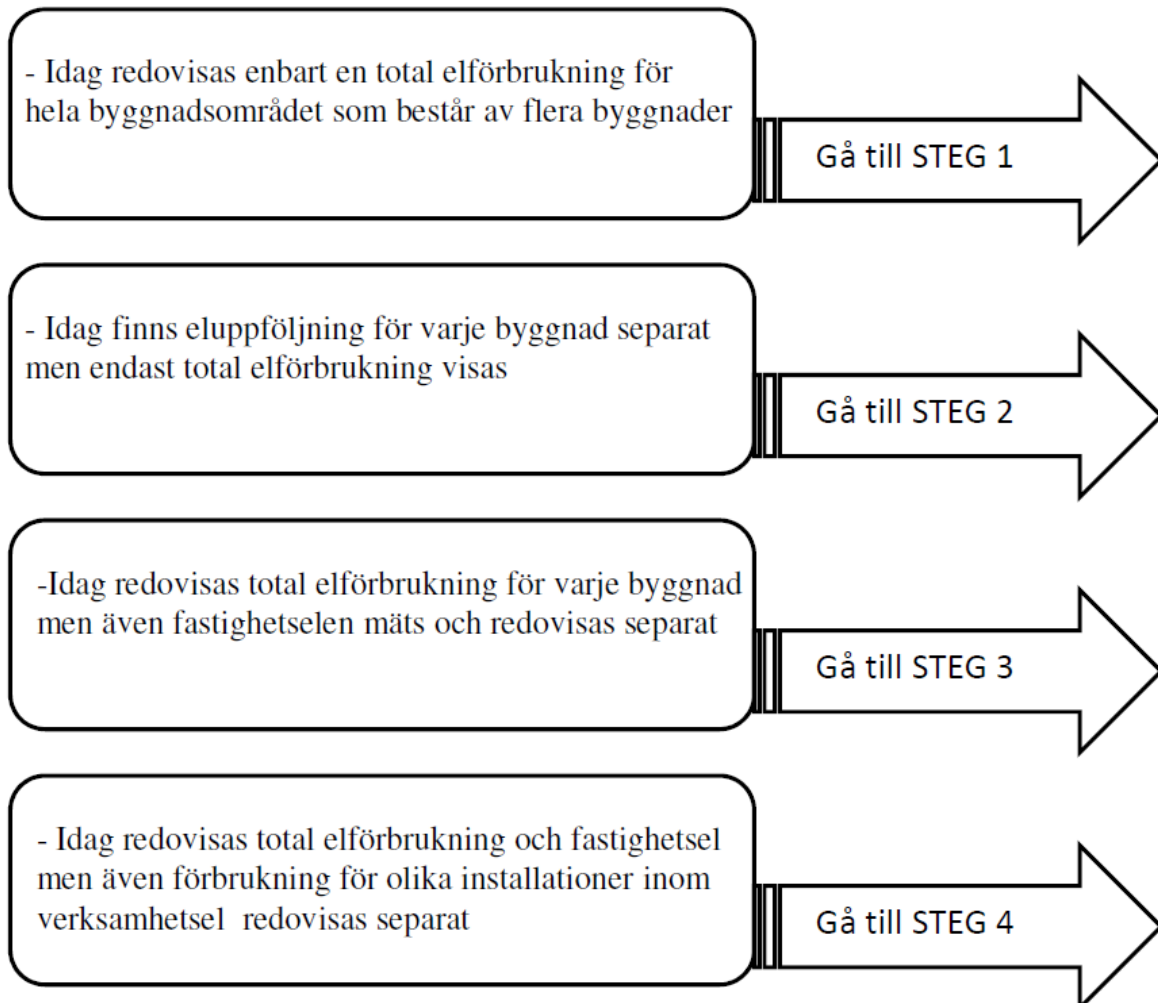


Det finns dock flera andra typer av visuella metoder som används för att visa elförbrukningen, inte bara siffror och grafer. Till exempel kan nämnas ljus som lyser med olika färg och intensitet beroende på förbrukningen eller en bild på en eld som brinner med olika intensitet. De tre bilderna ovan visar olika sätt att presentera elförbrukningen på, där de två bilderna till höger är instrument som är användbara för driftspersonal eller energirådgivare medan den vänstra visar informationen mer lättillgängligt för besökare i lokalerna. En display som drar blickarna till sig är att föredra.

Förutom att redovisa elförbrukningen i absoluta tal som kWh eller kW bör resultatet även redovisas som nyckeltal. Nyckeltal är standardiserade tal som möjliggör en jämförelse av resultatet med andra byggnader, med riktlinjer eller med andra studier. För energianvändning används fördelaktigen nyckeltalet "specifik energianvändning" som ger energiförbrukning per areaenhet, $\text{kWh}_{\text{el}}/(\text{m}^2_{\text{Atemp}} \cdot \text{år})$. Hur nyckeltalet beräknas visas på sida 25?

Vilken uppföljning finns idag på din fastighets eller fastighetsområde?

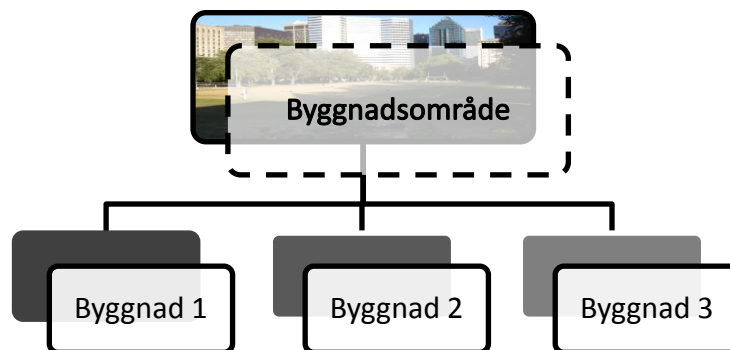
Hitta det påstående som bäst beskriver var er verksamhet befinner sig idag, börja uppifrån och när påståendet stämmer följ pilen till höger och följ anvisningarna.



De olika stegen följer i nummerordning med start på nästa sida →

Steg 1 "Idag redovisas enbart en total elförbrukning för hela byggnadsområdet som består av flera byggnader"

När elförbrukningen för flera byggnader redovisas i en klumpsumma slötar genomsnittet ut det som egentligen var en låg och en hög förbrukning. En stor förbrukningsökning i en byggnad syns enbart som en knapp ökning på den totala förbrukningen och inga åtgärder sätts in. Genom att istället, med enskilda mätningar, visa exakt hur mycket el som varje enskild byggnad förbrukar kan de byggnader med avvikande förbrukning upptäckas. En omotiverat hög förbrukning kan upptäckas och åtgärdas och därmed sparas både energi, ekonomi och miljö. Med samma resonemang kan även resultatet av en energieffektiviserande åtgärd synas som en lägre förbrukning och fungera som en morot för andra åtgärder.



Metod

För att få en uppföljning för varje enskild byggnad krävs en installation av mätare på den eller de huvudledningarna som försörjer byggnaden med el. Byggnadens strömförsörjning måste därmed först kartläggas. Mätarna behöver bara registrera totalförbrukning men eftersom ledningarna in till en byggnad kan ha ganska höga värden på spänning och ström krävs i de flesta fall elmätare med strömtransformatorer. Genom att besvara följande frågor kan en eller flera mätare av rätt dimension köpas in till byggnaden. Installationen av elmätarna kräver elbehörighet och därmed behövs en elektriker kontaktas.

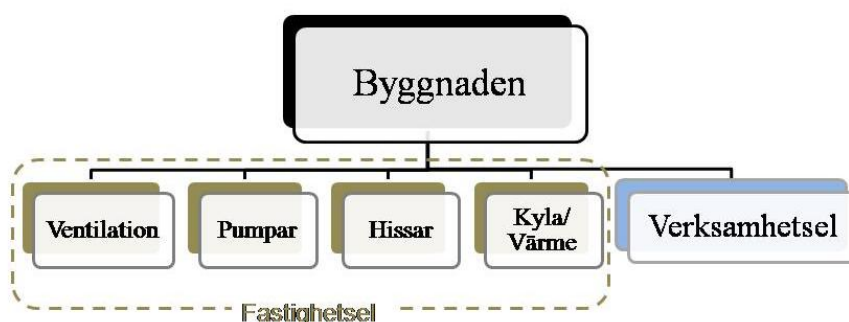
- Hur många ledningar försörjer byggnaden med el?
- Vilka storlekar på ström och spänning går igenom ledningen?

Mätarna utrustas fördelaktigen med ett bra kommunikationssystem med fjärravläsning där resultatet från alla mätare skickas till en gemensam mottagare och kan sedan avläsas från en central plats, som beskrivet i *steg 0*. Mer information om val av mätare finns på sidan 22.

Kostnaden för en mätare är beroende på vilken prestanda som väljs och hur stor ström och spänning det är i ledningarna. Priset på en mätare kan variera mellan 2 000kr-10 000kr men utöver det tillkommer även kostnader för installationen.

Steg 2 "Idag finns eluppföljning för varje byggnad separat men endast total elförbrukning visas"

När det finns uppgifter om vad varje byggnad förbrukar kan fokus sättas på de byggnader som har ovanligt hög förbrukning. Byggnaden kan dock liknas med en stor svart box där det fortfarande inte finns någon information om vad som händer inuti. I byggnaden kan elflödet delas upp de två systemen, fastighetsel och verksamhetsel. I Steg 2 är målet att skapa information om hur stor del av den totala elförbrukningen som utgörs av fastighetsel. Till fastighetsel hör de installationer som är kopplade till fastigheten så som ventilation, hissar, värme, kyla och pumpar, se figuren nedan. Eftersom varje installation utreds separat erhålls förutom kunskap om fastighetselen även kunskap om hur förbrukningen ser ut för de ingående installationerna. Förbättrad uppföljning av fastighetsel efterfrågas av energirådgivare för att kunna ge kvalitativa råd för energieffektiviserande åtgärder. Information om förbrukningen hos de enskilda installationerna innebär att driften av dem bättre kan optimeras. Potentialen för besparingar är stor bland annat för ventilation.



Metod

För att få förbrukningsstatistik för installationerna kan två olika metoder användas, dels kan fasta elmätare installeras vid varje installation eller så kan en mobil elmätare användas som flyttas runt mellan olika installationer. Den mobila utrustningen registrerar belastningskurvor vilket ger information om hur mycket effekt som används och under hur lång tid. Resultatet visar snabbt om installationen går som förväntat och kan även med lite enkel beräkning ge användbar information om totalförbrukningen. Fasta mätare mäter totalförbrukningen men ger oftast inte lika högupplösta belastningskurvor eftersom de inte skickar data lika frekvent. Beroende på antalet installationer, vilken kapacitet som krävs på mätaren samt vem som ska utföra förflyttningen av den rörliga mätutrustningen blir resultatet om vilken metod som är mest lämplig olika. Är antalet installationer väldigt få är det bättre att investera i fasta mätare men är antalet installationer många lönar det sig istället med en mobil mätutrustning. Var gränsen går är olika från fall till fall och det är därför svårt att ge några bra generella råd. Istället måste en kostnadskalkyl utföras för varje enskild situation. Hur man går tillväga för att utföra en enkel kostnadskalkyl finns beskrivet längre bak i häftet på sida 22. Ventilationsaggregat och kyl- och värmeanläggningar ska prioriteras vid mätningarna

eftersom det finns stor potential för besparingar för de installationerna genom att driften av dem kan optimeras.

Att använda mobil mätutrustning

Med en mobil mätutrustning som mäter och loggar den momentana effekten kan de faktiska driftstiderna och det verkliga effektbehovet erhållas. Installationerna inom fastighetsel har ofta egna apparatskåp och samtidigt finns det oftast bara en eller fåtal installationer inom samma kategori vilket möjliggör för separat mätning av varje enskild installation. Den mobila mätutrustningen flyttas runt till olika installationer och därmed behövs bara en utrustning köpas in. Utrustningen består av strömtänger som är kopplade till en logger som kan lagra mätvärdena eller skicka dem trådlös till en internetsida. Fördelaktigt används en mätare som skickar uppmätt data till en internetsida för enkel hantering. Strömtängerna kan knipas runt om ledningarna utan att strömmen bryts men oftast behövs en elektriker eller elbehörig för att koppla in utrustningen så mätarförflyttningen sköts lämpligast av driftspersonal.

Ett mätintervall ska vara ungefär en vecka långt eftersom då erhålls information om förbrukningsmönstret både under veckodagarna och också under helgen. Således skulle 52 olika installationer undersökas under ett år. Vid tidsbrist kan mättiden kortas men den måste alltid vara minst ett dygn lång. Viktigt är att tänka på vilken aktivitet som verksamheten har under mätveckan. Är det högsäsong eller lågsäsong och hur skiljer sig då belastningen på installationen. Rekommenderat är att mäta varje installation både under låg och högsäsong. Eftersom metoden bygger på att någon måste utföra förflyttningarna måste rutiner skapas som beskriver tillvägagångssättet, vilka installationer som ska mätas och hur ofta mätningen ska upprepas. Med en mobil mätutrustning kan även extra mätningar ske vid behov.

Totala förbrukningen kan beräknas genom att använda information om installerad effekt och driftstider. Med hjälp av belastningskurvan kan driftstider och effekt under mätperioden utläsas och totalförbrukning erhålls genom att multiplicera driftstiden med effekten, se exempel på sidan 23.

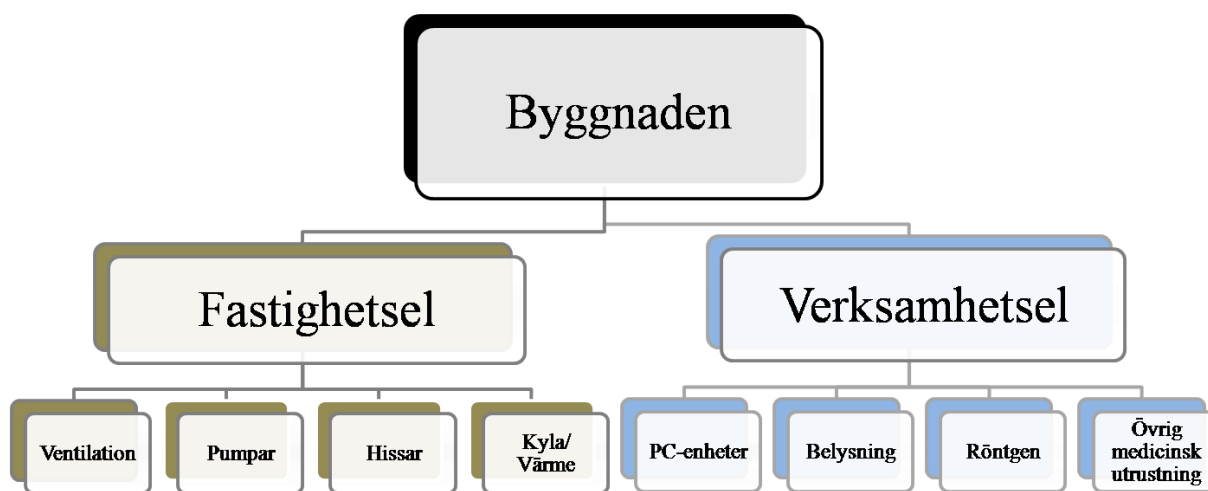
Att använda fast mätutrustning

Fast mätröstning innebär till skillnad från föregående metod att installera fasta elmätare på varje enskild apparat inom fastighetsel. På det viset kan data genereras kontinuerligt hela tiden istället för att en mätning sker under en kortare period, genom att någon går omkring och mäter. Resultatet blir trovärdigt eftersom det bygger på faktiska mätningar och insamlingen och lagring av data kan ske automatiskt. Arbetsinsatsen när mätarna är installerade blir minimal. Om mätarna är bra och kan registrera med korta intervall kan även belastningskurvor för de olika installationerna visas och felaktigheter i driften snabbt åtgärdas. En mätare som bara registrerar totalförbrukning kan, om pulsutgång finns, utrustas med en optisk avläsare och därmed kan effektkurvor genereras.

Enbart mätning av totalförbrukning för installationer som inte kräver mer än 63A kan utföras med direktmätning vilket innebär relativt billiga mätare, (2 000kr – 3 000kr) Om installationerna använder större strömstyrkor än 63A måste strömtransformatorer användas och då blir utrustningen dyrare, (mätaren plus kostnaden för strömtransformatorer, ca 1 000kr/st) Ska mätaren även klara av att generera belastningskurvor krävs ännu dyrare utrustning (6 000kr- 10 000kr)

Steg 3 "Idag redovisas total elförbrukning för varje byggnad men även fastighetsel mäts och redovisas separat"

När information om byggnadens totala elförbrukning och förbrukning för fastighetsel finns innebär nästa steg att utöka uppföljningen ännu mer. Trots att det nu går att se in lite i den svarta boxen, byggnaden, är fortfarande en stor del av elförbrukningen gömd. Det finns fortfarande ingen information om de installationer som finns inom verksamheten där det också finns stora energislukare som till exempel belysning.



Metod

Verksamhetselen ser till skillnad från fastighetselen väldigt olika ut från verksamhet till verksamhet. Vissa har en väldigt elintensiv verksamhet medan andra inte utnyttjar apparatur och elintensiv utrustning i någon större utsträckning. Inom verksamhetsel är det framförallt belysning som gemensamt för de flesta verksamheter är en tung post. Belysning är dock en av de svåraste installationerna att faktiskt mäta eftersom det består av väldigt många enskilda enheter utspridda överallt i en byggnad. De olika enheterna är ofta kopplade till olika elcentraler och ibland även till vägguttag vilket gör det oerhört omständigt att mäta varje enhet en och en. Resultat om belysningens förbrukning kan enbart erhållas med en schablonberäkning. Schablonberäkning går ut på att uppskatta den installerade effekten och drifttiderna istället för att utföra någon mätning. Samma resonemang gäller för till exempel PC-enheter som oftast också är utspridda i byggnaden. Det kan även i motsats till ovanstående exempel finnas enskilda stora elintensiva installationer. För ett sjukhus kan det till exempel vara röntgenutrustning eller enheter som storkök. Inom andra verksamheter kan det till exempel vara tillverkningsmaskiner av olika slag. Eftersom det oftast bara finns en eller fåtal av dessa i varje byggnad fungerar det bra att mäta dessa med en elmätare. Beroende på vilken typ av verksamhet som finns i byggnaden blir uppföljning av verksamhetselen olika. För verksamhet utan några större installationer räcker en beräkning av belysning och PC-enheter

medan finns elintensiva installationer kan dessa utrustas med fasta mätare eller mätas med mobil mätutrustning. Nedan följer rekommendationer för olika typer av verksamheter.

För verksamheter utan elintensiva installationer

Använd schablonmodellen för att beräkna elanvändningen för belysning och PC-enheter. Kartlägg vilken typ av belysning som finns i byggnaden med tanke på installerad effekt och om det är lysrör, glödlampor etc. Uppskatta sedan driftstiderna för respektive belysning. Det underlättar om belysningen delas upp rumsvis där rummets funktion antecknas. Utefter det kan driftstiderna för de olika rumstyperna uppskattas, t.ex. väntrum, patientrum, korridor, lagerutrymme. Även för PC-enheterna uppskattas effekt och drifttiderna. Används samma resonemang för liknande installationstyper som består av många olika enheter utspritt i byggnaden. Totalförbrukningen erhålls genom att multiplicera driftstiderna med den installerade effekten. För mer detaljerad handledning om schablonmodellen se sidan 24.

För elintensiv verksamhet

Finns elintensiva installationer inom verksamheten är det angeläget att se över hur dess förbrukning ser ut. Detta kan utföras med mobilmätare eller fasta mätare efter samma resonemang som presenterades i *Steg 2*. Finns endast få installationer är det bättre med fasta mätare men består verksamheten av många olika apparater och utrustning är en mobilmätare en bättre lösning. Finns redan en mobilmätare inom verksamheten efter *Steg 2* kan den med fördel användas även i detta syfte.

Steg 4 "Idag redovisas total elförbrukning och fastighetsel men även förbrukningen för olika installationer inom verksamhetsel"

Har steg 0-3 genomförts finns idag en väldigt bra eluppföljning i byggnaden. Både totalel, fastighetsel och viss verksamhetsel redovisas och felaktigheter i driften kan snabbt åtgärdas. Nyinvesteringar och åtgärder kan ske med beslut utifrån korrekta uppgifter om hur den gamla utrustningen fungerade och inte på antaganden. Men trots att verksamheten kommit långt med sitt elsparande ska arbetet såklart fortsätta.

Investera i displayer

Om det inte finns någon display där besökare och arbetande i byggnaden kan se hur elförbrukningen ser ut är det en självklar fortsättning med arbetet. Genom att få information om att det sker ett besparingsarbete och även se resultat om hur det går kan de som vistas i lokalen känna sig delaktiga och engagera sig.

Engagera med kampanjer

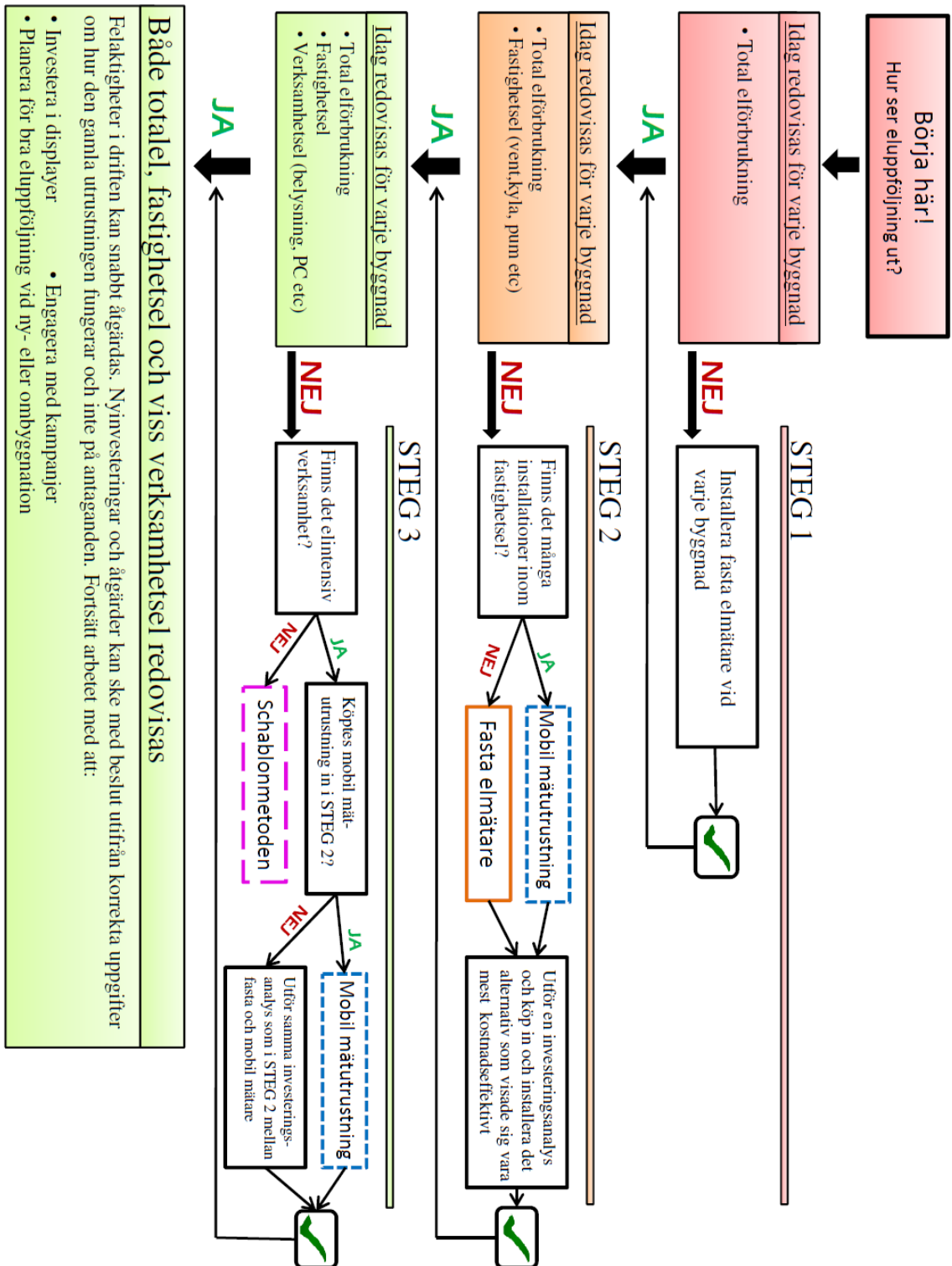
En ytterligare åtgärd för att få gemene man i byggnaden att engagera sig i besparingarna kan vara att gå ut med olika kampanjer. Här följer några exempel:

- Vilket är ditt bästa spartips?
Utlys en tävling där personal kan komma med idéer om hur el bäst kan sparas i verksamheten. Det bästa spartipset belönas med ett pris.
- "Elsnålaste" byggnaden på området!
Utmana andra byggnader på sjukhusområdet om att vara den som sparat mest el under en period.
- Välj trappen istället för hissen det gör gott för både hälsan och miljön!
Kombinera med en display som visar hur mycket el som sparas. Kanske till och med en display i hissen som visar hur mycket som används varje gång hissen åker.
- Släpp in dagsljuset!
När det är ljust ute kan solen ge oss ljus istället för lamporna, det sparar på miljön samtidigt som vi mår bättre av mer dagsljus inomhus.

Vid nybyggnation

Många av verksamhetsinstallationerna är svåra att mäta på grund av att de är utspridda på många olika elcentraler i en byggnad, till exempel belysning. En rekommendation vid ombyggnation eller nybyggnation är att samla en typ av installation vid en och samma elcentral. På det viset kan sedan förbrukningen för belysning eller annan utrustning mätas direkt vid elcentralen istället för som idag inte kunna mätas alls.

Grafisk bild över processen



Hjälpavsnitt för metoden

Innehåll

1. Definitioner som är bra att känna till
2. Vilken elmätare ska jag installera?
3. Hur utförs en kostnadsanalys
4. Hur utförs handlingsmetoden?
5. Hur utförs schablonmodellen?
6. Hur beräknas nyckeltal?

1. Definitioner som är bra att känna till

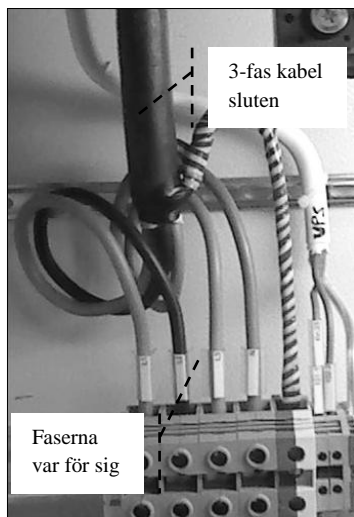
- Disaggregerat system** - Ett system som består av flera undersystem, med andra ord ett uppdelat system.
- Ström (I)** - Ett elektriskt flöde, anges i enheten ampere (A)
- Spänning (U)** - Spänningen för en elektrisk ström motsvarar trycket i ledningen och anges i enheten volt (V)
- Effekt (P)** - Hur stor mängd elektrisk energi som krävs under en sekund, anges i enheten W som står för Joule/sekund. Effekt erhålls i elläran genom att multiplicera strömmen med spänningen $P = I \cdot U$
- Elektrisk energi** - Summan av den effekt som används under en tidsperiod. Erhålls genom att multiplicera effekten med tiden och anges i enheten kWh
- Kilowattimme, kWh** - Den standardiserade enheten för elektrisk energi. Effekten multipliceras med tiden uttryckt i timmar.
- Driftstider** - Hur länge en apparat eller utrustning arbetar och används under en period, oftast uttryckt i timmar.
- Installerad effekt** - Vilken effekt som den installerade utrustningen benämns arbeta med. Finns fler installationer av samma sort kan även den installerade effekten summeras. Ett enkelt exempel är ett rum med tre lampor à la 11 W. Den totala installerade effekten i rummet är då 33 W
- 1-fas ström** - Strömledning som består av en fasledare med växelström och en nolledning.
- 3-fas ström** - Strömledning som består av tre fasledare med växelström, där strömmens fluktuation är förskjuten 120 grader mellan varje fas, och en nolledning
- Fördelningscentral** - Fördelar inkommande ström till flera olika ledningar som kan nå olika delar av en fastighet.
- Gruppcentral** - Fördelar strömmen från fördelningscentralen på olika belastningar till exempel spis, vägguttag, tvättmaskin

Apparatskåp	- Innehåller driftsystemet för en installation, kan liknas med en installations "hjärta och hjärna"
Fastighetsel	- El som används för att driva de installationer som är kopplade till fastigheten som ventilation, kyla, värme, hissar och pumpar
Hushållsel	- El som används inom ett hushåll, till exempel belysning, spis, tv och andra elektriska apparater
Verksamhetsel	- El som används inom en verksamhet, till exempel belysning, datorer eller annan eldriven utrustning som verksamheten använder
Specifik Energi-användning	- Normalsårskorrigerade förbrukningen angett som $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{år})$ där arean är A_{temp}
A_{temp}	- Golvarean som är avsedd att värmas till mer än 10°C och som begränsas av klimatskalets insida
BTA, bruttoyta	- Area av mätvärda delar av våningsplan, begränsad av omslutande byggnadsdelars utsida eller annan för mätvärdhet angiven begränsning
BRA, bruksarea	- Area av nyttjandeenhet eller annan grupp av sammanhörande mätvärda utrymmen, begränsad av omslutande byggnadsdelars insida eller annan för mätvärdhet angiven begränsning
BOA, boarea	- Bruksarea för utrymmen helt eller delvis ovan mark inrättade för boende
LOA, lokalarea	- Bruksarea för utrymmen inrättade för annat ändamål än boende, sidofunktioner till boende, byggnadens drift eller allmän kommunikation

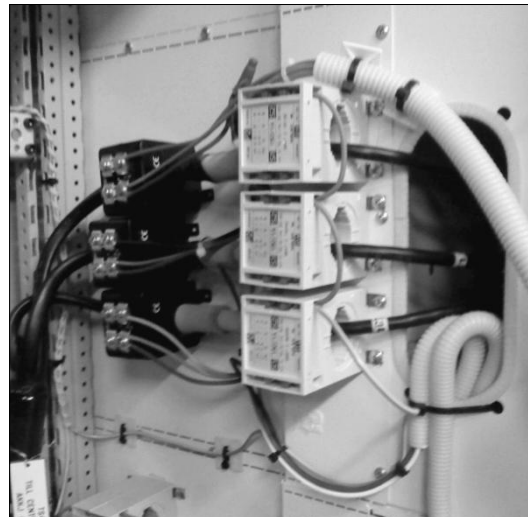
2. Vilken elmätare ska jag installera?

ENFAS - TREFAS

Först om främst gäller det att veta vilken typ av ledning som mätaren ska kopplas till, enfas eller trefas. För trefas brukar de tre faserna och nollan vara täckta innanför ett hölje så att det ser ut som en kabel egentligen är flera kablar. För att få fram totala strömmen för en trefasledning måste strömmen summeras i de tre olika faserna. Det innebär att varje fas måste mätas var för sig och ledningarna måste då vara fria från varandra, se Figur 4. För enfas finns bara en ledning och då mäts strömmen endast på den.



Figur 33 3-fas kabel



Figur 34 Strömtransformatorer på trefasledning

DIREKTMÄTNING- STRÖMTRANSFORMATORER

Direktmätning innebär att mätaren direkt kopplas på ledningarna vilket är möjligt om inte strömmen är för stor, rekommenderad maxström är 63A. Om strömmen är större blir belastningen för mätarna för stora och istället används strömtransformatorer. Strömtransformatorer sätts runt ledningarna och kopplas sedan till elmätaren. I strömtransformatorerna transformeras strömmen ner till en lägre strömstyrka och den faktiska strömmen fås sedan genom att multiplicera med strömtransformatorns nedskalningfaktor. Strömtransformatorer kan vara hela eller öppningsbara och de öppningsbara kan med fördel fästas runt ledningarna utan att ledningarna och tillika strömmen kopplas från, se Figur 5. Då fasledningarna inte är fria eller då det är för trångt för att koppla på strömtransformatorer runt ledningarna där se sitter måste strömmen brytas för att en inkoppling ska kunna ske.

INFORMATION

Alla elmätare registrerar förbrukningen av el i kWh men med mer avancerade elmätare kan betydligt mer information genereras. Exempel på det kan vara belastningskurvor, värden på aktiv och reaktiv ström och mätning av el i båda riktningarna, både ”importerad” och ”exporterad”. Värden på exporterad el kan vara värdefull då el också genereras, till exempel då det finns en solcellsanläggning.

MÄTNOGGRANNHET

För att en mätare ska vara kunna användas för debitering krävs det att den har en MID-märkning. MID står för Metering Instrument Directive vilket är ett direktiv under EU som skapades för att skapa en gemensam marknad för elmätare i Europa. Direktivet möjliggör för MID-märkta mätare att användas inom vilket EU-land som helst oavsett var mätaren är tillverkad. Inom MID finns ett klassificeringssystem som visar en mätares noggrannhet. Klasserna är uppdelade i A-D där A har lägst noggrannhet på ± 2 % och D har högst noggrannhet med $\pm 0,2$ %. Förutom den europiska standarden MID finns även den internationella standarden IEC, International Electrotechnical Commission. Enligt standarden IEC 61036 kan mätaren vara klassad som klass 1 eller 2 där lägre klass ger bättre noggrannhet. Klass 2 har en noggrannhet på ± 2 %

KOMMUNIKATIONSSYSTEM

Ett kommunikationssystem gör att mätare kan kopplas samman och avläsas gemensamt från en och samma plats. Det innebär att varje enskild mätare inte behöver besökas och avläsas manuellt. Kommunikationen kan ske med lokala nätverk och den nya standarden inom EU för fjärravläsning av el och gas kallas för m-bus. Med m-bus överförs data bara från en mätare i taget trots att de sitter sammankopplade på samma nätverk. Det innebär att kommunikationskablarna kan vara betydligt mindre än för andra nätverk eftersom de inte behöver hantera så mycket information på en gång och metoden blir väldigt kostnadseffektiv. Vissa av mätarna har inbyggda kommunikationssystem medan andra kan utrustas med kommunikationssystem i efterhand. Kravet för att kunna installera ett kommunikationssystem på en mätare är att det finns en så kallad pulsutgång. Via pulsutgången sänds en signal eller puls varje gång en viss mängd energi har förbrukats. Ofta sänds signalen via infrarött ljus. En sensor med kommunikationsutrustning kan kopplas till pulsutgången, registrera förbrukningen och skicka informationen till en mottagare. De nyaste mätinstrumenten kan även använda sig att trådlösa nätverk för att kommunicera med en mottagare, Detta innebär att informationen kan lagras via internet direkt och kommas åt via en PC eller en mobiltelefon vilket gör insamling och bearbetning av data smidigt.

3. Hur utförs en kostnadsanalys?

En enkel analys kan utföras genom att jämföra investeringskostnaden och driften för en fast elmätare med investeringskostnaden och kostnaden för arbetet för en mobil utrustning. I den här analysen undersöks kostnaderna för mätarna under en livstid på tio år.

Kostnaden för fast mätutrustning kan uttryckas med formeln $f(x)$ nedan där x är antal installationer som behöver mätare, G är grundinvesteringen, k är kostnaden för drift och n är livslängden

Kostnaden för att mäta installationer med mobil utrustning kan uttryckas med ekvationen nedan, $g(x)$ där x är antalet installationer som ska mätas. G är grundinvestering för den mobila mätutrustningen, a är antalet timmar som krävs för att flytta utrustningen mellan installationerna, l är timkostnaden för arbetet och n är livslängden.

Så länge skillnaden $g(x)-f(x)$ är positivt är det lönsamt att investera i fast utrustning

Antal installationer (x)	$f(x)$	$g(x)$	$g(x)-f(x)$
1	6 141	19 534	13 393
2	12 282	22 168	9 886
3	18 424	24 802	6 378
4	24 565	27 436	2 871
5	30 706	30 070	- 636
6	36 847	32 704	- 4 143

Eftersom differensen $g(x)-f(x)$ är negativ när antalet installationer är fem, se röd cirkel, är det i det här exemplet lönsamt att investera i fasta mätare så länge det inte är fler än fyra installationer som behöver mätare.

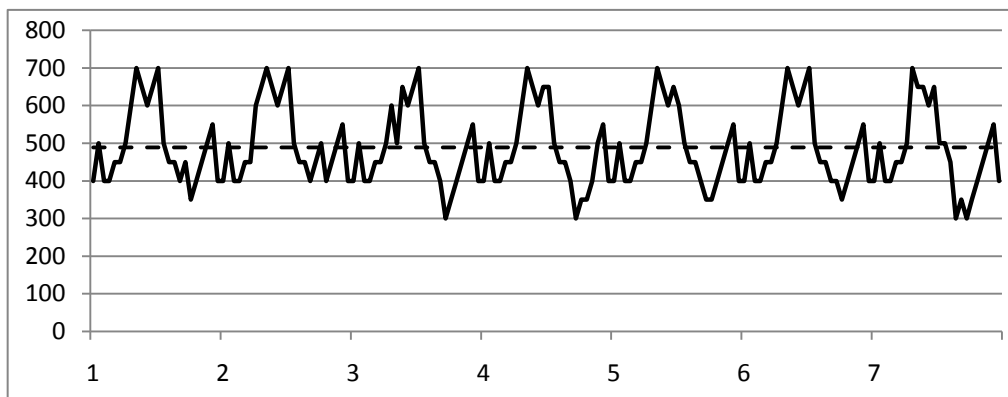
4. Hur utförs handlingsmodellen?

Här finns ett exempel på hur en rutin kan se ut för en förflyttning av mobil utrustning.

Installation	Förflyttning (måndagar)	Ansvarig personal	Utförd flytt
Ventilations aggr. 1	v 17	Lasse	X
Ventilations aggr. 2	v 18	Lasse	X
Ventilations aggr. 3	v 19	Kenneth	X
Ventilations aggr. 4	v 20	Kenneth	
Värmepump 1	v 21	Kenneth	
Värmepump 2	v 22	Maja	
Kylmaskin 1	v 23	Maja	
Kylmaskin 2	v 24	Maja	

Efter en veckas mätningar erhålls ett resultat i form av en belastningskurva som kan se ut som figurer nedan.

Ventilations aggregat 1



Ur grafen kan utläsas att aggregatet är i drift under dygnets alla timmar eftersom effekten hela tiden är större än noll. Om effekten i kurvan är noll är aggregatet inte igång. Om aggregatet i exemplet inte ska vara i drift konstant betyder det att aggregatet inte går som det ska och behöver ses över. Belastningskurvan är därmed en väldigt bra indikator på om aggregatet fungerar rätt. Genom att ta ett medelvärde av effektbehovet för ventilationen kan den genomsnittliga förbrukningen av el under en vecka genereras. Medeleffekten är markerad med den streckade linjen och uppgår till 489,3W

Driftstid under en vecka

—

Medeleffektsbehov under veckan = **489,3 W**

Förbrukning under en vecka _____

Om den uppmätta veckan representerar en normal vecka för verksamheten kan resultatet användas för att beräkna årsförbrukningen genom att multiplicera med 52. Det är viktigt att reflektera över vilken typ av verksamhet som sker under mätveckan, till exempel huruvida det är lågsäsong, högsäsong eller semestertider innan veckoresultatet beräknas om till årsförbrukningen.

Årlig förbrukning för **vent aggr. 1** _____

För att få fram nyckeltalet specifik energianvändning divideras den årliga förbrukningen med A_{temp} . I det här fallet visade sig A_{temp} vara _____.

Specifik energianvändning = _____

Den specifika energianvändningen kan jämföras med resultat från andra byggnader eller med energimyndighetens resultat som visades på sida 6.

5. Hur utförs schablonmodellen?

Schablonmodellen bygger enbart på uppskattade värden av installerad effekt och driftstider.

Att ta reda på installerad effekt och driftstider

Uppgifter om installerad effekt kan finnas beskrivet på apparaturen eller i produktdatablad. Ta även reda på om det finns resultat från en tidigare utredning. För att ta reda på driftstider är det lämpligt att fråga driftspersonal om aktuella tider. Finns inga driftstider antecknade ta reda på vilken aktivitet som finns i lokalen, är det enbart aktivitet under dagen eller befinner sig folk i lokalerna även under natten. Fråga anställda om hur ofta och hur länge som maskiner eller apparater används. Om det är inte är möjligt att få fram någon information om driftstider alls kan resultat från andra studier över liknande lokaler användas, se tabell nedan över driftstiderna från energimyndighetens utredning. Dock blir uppskattningen väldigt grov och resultatet måste värderas utifrån det. För att få ett gott resultat ska driftstiderna helst tas fram i de lokalerna som utreds.

Tabell Genomsnittliga driftstider för fläktar och belysning inom sjukhus efter resultat från Stil2-studien

Fläktar	Drifttid/år
Verksamhets tid > 12h/dygn	7012 h
Verksamhets tid < 12h/dygn	6078 h
Belysning	Drifttid/år
Verksamhets tid > 12h/dygn	2 714 h
Verksamhets tid < 12h/dygn	1 961 h

I exemplet nedan visas en beräkning av belysningens förbrukning baserat på installerad effekt och driftstider. Genom att kategorisera belysning på olika rumstyper där driftstiderna antas vara samma i samma rumstyp underlättas beräkningarna, se tabellen nedan. Årsförbrukningen erhålls genom att multiplicera den installerade effekten för en rumstyp med respektive driftstider.

Rumstyp	A _{temp} (m ²)	Installerad effekt (kW)	Driftstider (h/år)	Årsförbrukning (kWh)
Patientbundna lokaler	1 302	9,5	4 300	40 850
Personalbundna lokaler	1 573	12,9	6 000	77 400
Försörjning	2 006	11,1	5 100	56 610
Kommunikation	3 049	16,7	4 500	75 150
Övrigt	454	5,9	3 100	18 290

För att få den totala förbrukningen för belysningen i byggnaden adderas de olika rumstypernas årsförbrukning.

För att även redovisa resultatet som nyckeltalet specifik energianvändning adderas även areorna för rumstyperna och årsförbrukningen divideras med summan av areorna.

6. Att redovisa resultatet i nyckeltal

Nyckeltalet för energianvändning i byggnader brukar även kallas specifik energi användning och uttrycks som $\text{kWh}_{\text{el}} / (\text{m}^2 A_{\text{temp}} \cdot \text{år})$ För att beräkna nyckeltalet behövs information om årsförbrukning av el och A_{temp} , vilket är en speciell definierad area.

Hur beräknas A_{temp} ?

A_{temp} definieras som ”Golvarean som är avsedd att värmas till mer än 10° och som begränsas av klimatskalets insida ”Arean för en byggnad beskrivs dock inte alltid som A_{temp} utan kan även uttryckas som areorna BTA, BRA, LOA och BOA. Från definitionerna i Svensk standard SS 02 10 53 uttrycks de olika areorna på följande vis:

BTA, bruttoarea- Area av mätvärda delar av våningsplan, begränsad av omslutande byggnadsdelars utsida eller annan för mätvärdhet angiven begränsning.

BRA, bruksarea- Area av nyttjandeenhet eller annan grupp av sammanhörande mätvärda utrymmen, begränsad av omslutande byggnadsdelars insida eller annan för mätvärdhet angiven begränsning.

BOA, boarea- Bruksarea för utrymmen helt eller delvis ovan mark inrättade för boende.

LOA, lokalarea- Bruksarea för utrymmen inrättade för annat ändamål än boende,

Om A_{temp} saknas kan areorna BTA, BRA, LOA och BOA räknas om till A_{temp} enligt en omräkningsschablon från boverket, se nedan.

$$A_{\text{temp}} = 1,25 \cdot (\text{BOA} + \text{LOA}) \text{ -för flerbostadshus med uppvärmd källare över } 10^\circ$$

$$A_{\text{temp}} = 1,15 \cdot (\text{BOA} + \text{LOA}) \text{ -för flerbostadshus utan uppvärmd källare över } 10^\circ$$

$$A_{\text{temp}} = \text{BRA}$$

$$A_{\text{temp}} = 0,9 \cdot \text{BTA}$$

När A_{temp} är beräknad divideras den årliga förbrukningen av el med A_{temp} och nyckeltalet erhålls.
