

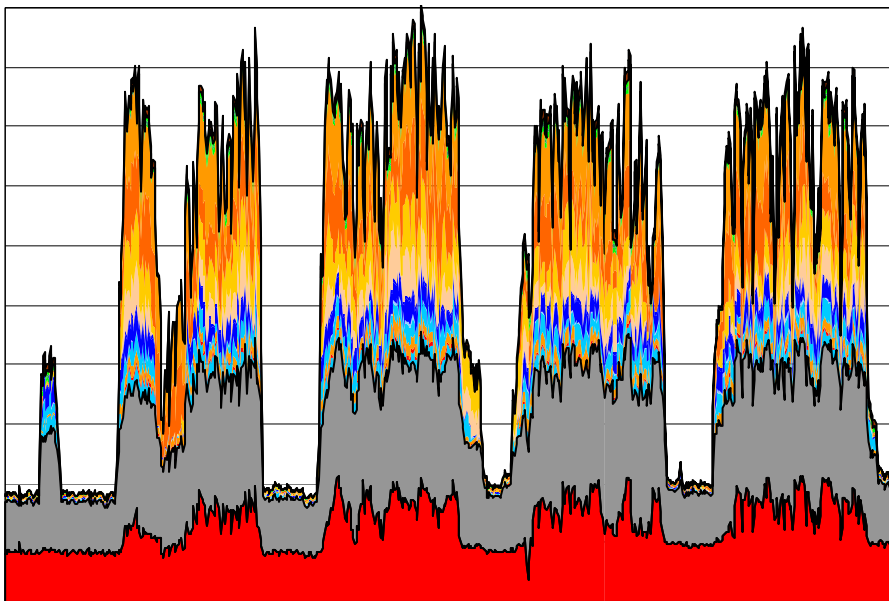


LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA

Lunds universitet

Institutionen för teknik och samhälle
Avdelningen för miljö- och energisystem

Energieffektivisering med hjälp av EnergiDirigent™ på Tetra Pak Packaging Material Lund AB



Karl Berg

Examensarbete

Augusti 2004

**Energieffektivisering med hjälp av EnergiDirigent™
på Tetra Pak Packaging Material Lund AB**

Examensarbete

Karl Berg

Dokumentutgivare, dokumentet kan erhållas från LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA vid Lunds universitet Institutionen för teknik och samhälle Avdelningen för miljö- och energisystem Gerdagatan 13 223 62 Lund Telefon: 046-222 00 00 Telefax: 046-222 86 44	Dokumentnamn Examensarbete
	Utgivningsdatum September 2004
	Författare Karl Berg

Dokumenttitel och undertitel

Energieffektivisering med hjälp av EnergiDirigent™ på Tetra Pak Packaging Material Lund AB

Sammandrag

Ett verktyg som kallas EnergiDirigent installerades år 2000 på Tetra Pak Packaging Material Lund AB (TPPM) med avsikten att användas som internmätssystem. Än så länge har systemet bara använts i viss omfattning.

Syftet med detta examensarbete är att undersöka hur EnergiDirigent på TPPM kan användas på bästa sätt. Exempel på tillämpningar av EnergiDirigent föreslås, genomförs och diskuteras. Aspekter som påverkar energianvändningen på TPPM på olika nivåer identifieras. Förslag ges till framtida förbättringar i fråga om energieffektivitet och användandet av EnergiDirigent.

Det visas att en hög och jämn produktion sänker energiförbrukningen per producerad enhet. Långa inställningstider och stopp i produktionen har påtaglig negativ inverkan på energieffektiviteten.

Den höga bakgrundsförbrukningen av elenergi, som tydligast visar sig under helger, ger anledning att vidta åtgärder för att minska användandet av el som inte används i produktionen och el som används för produktion av tryckluft, värme och kyla.

Det föreslås att fler personer på TPPM bör lära sig hur man använder EnergiDirigent. För att uppnå bästa resultat bör någon med erfarenhet från produktionen på TPPM kontinuerligt arbeta aktivt med energieffektivisering och koppla samman information från EnergiDirigent med övrig information om produktionen. För att förenkla analysarbetet bör befintlig programvara förbättras och ny programvara utvecklas.

Nyckelord

EnergiDirigent, energieffektivitet, internmätning, energianvändning

Sidomfång 54	Språk Svenska Sammandrag på engelska	ISRN ISRN LUTFD2/TFEM--04/5006--SE + (1-52)
-----------------	--	--

Organisation, The document can be obtained through LUND UNIVERSITY Department of Technology and Society Environmental and Energy Systems Studies Gerdagatan 13 SE-223 62 Lund, Sweden Telephone: int+46 46-222 00 00 Telefax: int+46 46-222 86 44	Type of document Master's thesis
	Date of issue September 2004
	Author Karl Berg

Title and subtitle

Energy efficiency aided by EnergiDirigent™ at Tetra Pak Packaging Material Lund AB

Abstract

As measuring system at Tetra Pak Packaging Material Lund AB (TPPM), a tool called EnergiDirigent was installed in 2000. So far the system has only been partly utilised.

The aim of this master's thesis is to examine how EnergiDirigent at TPPM can be used in the best way. Examples of tasks involving EnergiDirigent are proposed, carried out and discussed. Aspects affecting the energy consumption of TPPM at different levels are identified. Guidelines for future improvements regarding energy efficiency and the use of EnergiDirigent are given.

It is shown that a high and steady production level lowers the energy consumption per produced unit. Long setup times and breaks in the production have significant negative impact on the energy efficiency.

The high background energy consumption, clearest visible during weekends, give reason for taking measures to reduce the use of non-production electricity and electricity for compressed air, heating and cooling.

It is suggested that more people at TPPM should learn how to use EnergiDirigent. To achieve optimal results someone with experience from the production at TPPM should continuously work actively with energy efficiency issues, linking information from EnergiDirigent with knowledge about the production. In order to simplify the analysis work, old computer software should be enhanced and new software should be developed.

Keywords

EnergiDirigent, energy efficiency, internal measuring, energy utilization

Number of pages 54	Language Swedish, English abstract	ISRN ISRN LUTFD2/TFEM--04/5006--SE + (1-52)
-----------------------	--	--

Förord

Detta examensarbete avslutar min civilingenjörsutbildning i teknisk fysik vid Lunds Tekniska Högskola. Arbetet är gjort under våren 2004 på Tetra Pak Packaging Material Lund AB i samarbete med Avdelningen miljö- och energisystem på Institutionen för teknik och samhälle på Lunds Tekniska Högskola.

Ett stort tack riktas till min handledare på LTH, Lars Nilsson, och till min handledare på Tetra Pak, Sara Granholm. Jag vill även tacka Cay Nyberg, Timo Nikander, Joakim Torudd, Patrik Nilsson, alla på avdelningen Quality Assurance (på Tetra Pak Packaging Material Lund AB) där jag skrev mitt exjobb och samtliga andra som hjälpt mig i mitt arbete på ett eller annat sätt.

Lund, 7 juni, 2004

Karl Berg

Innehåll

Förord	i
Innehåll	ii
1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.1.1 Om Tetra Pak.....	1
1.1.2 Om Tetra Pak Packaging Material Lund AB.....	2
1.1.3 Vad är EnergiDirigent?.....	3
1.1.4 Vilka var anledningarna till att EnergiDirigent köptes?.....	3
1.2 Syfte och mål	3
1.3 Metod och avgränsningar	4
1.4 Disposition.....	4
2 Hur används EnergiDirigent på TPPM idag?	5
2.1 Elmätning på TPPM	5
2.1.1 Elsystemet på Tetra Pak	5
2.1.2 Vilka elmätare är kopplade till EnergiDirigent?.....	5
2.1.3 Vad ingår i en mätpunkt?.....	6
2.1.4 Vilka parametrar kan TPPMs elmätare mäta?	8
2.1.4.1 Värden på systemnivå.....	8
2.1.4.2 Värden per fas	8
2.1.5 Hur går elmätningarna till?.....	8
2.2 Gasmätning på TPPM.....	8
2.3 Var lagras alla mätvärden?	9
2.4 Hur används mätvärdena idag?	9
2.5 Problem med mätningar	10
3 Förslag till vad EnergiDirigent kan användas till	11
3.1 EnergiDirigent som internmätssystem	11
3.1.1 EnergiDirigent i sig själv	11
3.1.1.1 Undersökning av <i>var</i> energin förbrukas	11
3.1.1.2 Undersökning av <i>när</i> energin förbrukas.....	13
3.1.1.3 Uppföljning efter specifika insatser.....	15
3.1.2 EnergiDirigent tillsammans med andra applikationer	15
3.1.2.1 Undersökning av hur driftsläge påverkar energiförbrukningen	16
3.1.2.2 Undersökning av hur produktionshastighet påverkar effektuttaget....	20
3.1.2.3 Undersökning av när effekttoppar uppstår	21
3.1.2.4 Undersökning av hur energiförbrukningen påverkas av produktionshastighet och produktions sätt	22
3.1.3 EnergiDirigent för presentation	25
3.2 Laststyrning	25
3.3 Andra funktioner	26

4 Felkällor och kompensation för dessa	27
5 Diskussion och förslag till uppföljning	28
5.1 Åtgärder för att öka användandet av EnergiDirigent	28
5.2 Åtgärder för att göra data från EnergiDirigent mer tillförlitlig	28
5.3 Åtgärder för att göra data från FIX-systemet mer användbar och lätthanterlig	28
5.4 Åtgärder för att minska energianvändningen på TPPM	28
5.4.1 Effektivare produktion	29
5.4.2 Minskat användande av tryckluft	29
5.4.3 Minskat användande av övrig el	30
5.5 Bolagsöverskridande åtgärder	30
5.6 Jämförelse med andra Tetra Pak-anläggningar i världen	31
6 Slutsatser och sammanfattning	32
Referenser	34
Tryckta referenser	34
Personliga referenser	34
Internet	35
Internt material	35
Appendix: Mätvärdesfiler	36
Att använda mätvärdesfilerna	36
Anmärkningar till mätvärdesfilerna	36

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Så gott som all utvinning, omvandling och användning av energi medför miljöpåverkan på ett eller annat sätt. Miljöproblem kan vara lokala t ex i form av punktutsläpp av föroreningar till luft och vatten, regionala t ex i form av övergödning och försurning, eller globala t ex i form av nedbrytning av ozonlagret och ökande växthuseffekt. [14.]

Strategier för att komma tillrätta med miljöproblemen har förändrats dramatiskt de senaste hundra åren. Fram till 1960-talet litade man i princip på tesen "The solution to pollution is dilution" vilken gick ut på att haven och luften kan späda ut alla utsläpp till nivåer där de inte längre märks. Efterhand blev man dock medveten om att strategin inte fungerar i praktiken och den ersattes först med strategier som byggde på rening och filtrering, sedan på återvinning och därefter på förebyggande åtgärder. Den sistnämnda strategin är ur miljösynpunkt ofta den mest effektiva och syftar till att lösa problemen vid källan genom att hindra utsläppen från att uppstå. För ett företag innebär förebyggande miljöåtgärder bl a att man minskar på sin energianvändning. Ofta medföljer lägre kostnader och en effektivare produktion. [1.],[14.]

Även om teknik är avgörande för en effektivare energianvändning har det visat sig vara otillräckligt att förlita sig på teknik i sig för att nå uppsatta mål; för bästa resultat krävs även en bra organisation och ledningsstruktur. Störst framgång når man om företaget är engagerat i arbetet på alla nivåer. Som en hjälp i arbetet kan man använda sig av ett energiledningssystem. I moderna ledningssystem fokuserar man ofta på den kontinuerliga förbättringen. Att göra mätningar är där en viktig del i företagets effektiviseringsarbete, men mätningarna i sig medför inga förbättringar automatiskt utan måste efterföljas av analyser och åtgärder. [2.]

Sedan år 2000 finns på bolaget Tetra Pak Packaging Material AB i Lund ett verktyg som heter EnergiDirigent vilken bl a kan användas som internmätsystem. EnergiDirigent har hittills bara använts i begränsad utsträckning beroende på att ingen riktigt har satt sig in i hur systemet fungerar och vad det kan användas till. För att utreda saken närmare formulerades därför detta examensarbete på Lunds Tekniska Högskola.

1.1.1 Om Tetra Pak

Tetra Pak är ett av världens ledande företag inom process och förpackning av livsmedel. Företaget har cirka 20 900 anställda i mer än 165 länder. I Sverige har Tetra Pak cirka tjugo bolag med sammanlagt omkring 4200 anställda och år 2003 omsatte man 13,7 miljarder kronor. [3.]

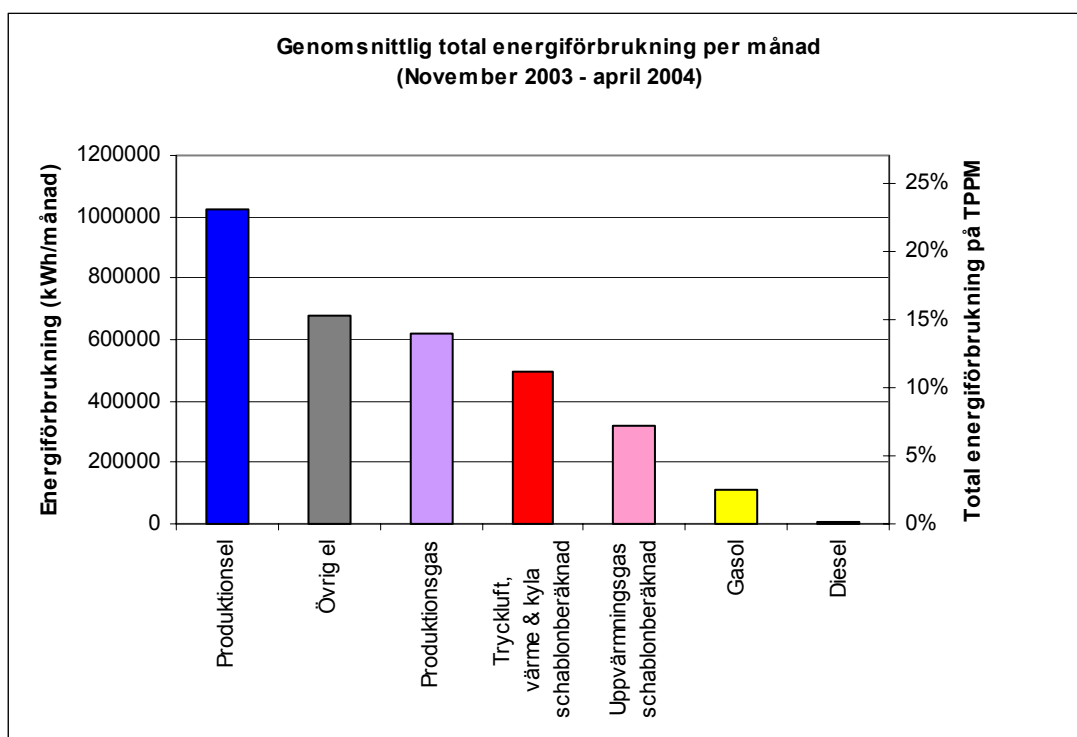
Ett av Tetra Pak-koncernens miljömål är att senast år 2005 ha uppnått en förbättring i energieffektivisering med totalt 15 % jämfört med basåret 2002. Konverteringsfabrikerna, som tillverkar kartongbaserat förpackningsmaterial, står för 80 % av den totala energiförbrukningen och är därmed de mest betydelsefulla för att nå energimålet. [3.]

1.1.2 Om Tetra Pak Packaging Material Lund AB

Tetra Pak Packaging Material Lund AB, i denna rapport förkortat TPPM, är en konverteringsfabrik och ett av bolagen i Tetra Pak-koncernen. Produktionen vid TPPM består i att trycka, belägga och skära förpackningsmaterial avsett för automatiska fyllnadsmaskiner för flytande livsmedel. Kortfattat kan man beskriva processerna som följande:

Vätskekartongen levereras i rullar. Vid tryckningen får vätskekartongen det tryck kunden bestämt. Därefter beläggs kartongen med polyeten på både in- och utsida och eventuellt även med ett tunt aluminiumskikt om aseptiska egenskaper önskas. I skärprocessen skärs rullarna upp i smalare rullar för att anpassas till kundens fyllnadsmaskiner. [18.]

Figur 1 visar den totala genomsnittliga energiförbrukningen per månad på TPPM under november 2003 till april 2004¹. Totalt uppgick energiförbrukningen till i genomsnitt 3 247 MWh per månad. [25.]



Figur 1 Energiförbrukning på TPPM

TPPM är sedan 1998 certifierade enligt miljöledningssystemet ISO 14001 och ett av miljömålen för år 2004 är effektivisera energianvändningen på bolaget. [18.]

I januari 1999 fick Sydkraft Elförsäljning AB (SEFAB) i uppdrag att genomföra en utredning enligt arbetsmetodiken ”EnergiloopenTM” i samarbete med TPPM. Syftet var att effektivisera den totala energianvändningen på TPPM, att hitta lämpliga lösningar på internmätssystem och att bedöma rimligheten i det rådande internmätssystemet. Ett nytt internmätssystem som föreslogs i utredningen och som sedan även installerades på TPPM var ”EnergiDirigentTM”. [19.]

¹ Till produktionsele räknas i denna rapport den el som förbrukas i de största maskinerna på TPPM. Övrig el omfattar exempelvis ventilation, belysning och kontorsutrustning, men även en del mindre maskiner. Närmare bestämt vilka de största maskinerna är framgår i Figur 3 i avsnitt 3.1.1.1.

1.1.3 Vad är EnergiDirigent?

I forskarbyn Ideon i Lund finns företaget Powerit MIC AB som utvecklar produkter för energi- och effektstyrning. Produkterna kallas med ett gemensamt namn Powerit ECS (Energy Control System). Genom ett samarbete med Sydkraft marknadsförs och säljs dessa produkter under namnet ”EnergiDirigent” som är Sydkrafts varumärke. [6.], [19.]

Huvudfunktionen är att man med hjälp av ett datoriserat system kan koppla in och ur valda eldrivna enheter enligt vissa regler så att effektuttaget begränsas. Detta kan medföra en lägre kostnad för elabonnemanget. [19.]

EnergiDirigent har även funktioner för tidsstyrning, internmätning, övervakning och alarmering. Systemet är inte begränsat till tillämpningar rörande el utan kan även mäta och logga förbrukning av olja, gas och vatten och parametrar som luftfuktighet, koldioxidhalt m m. [19.]

1.1.4 Vilka var anledningarna till att EnergiDirigent köptes?

Det huvudsakliga syftet med inköpet av EnergiDirigent till TPPM var att man ville ha ett mätsystem, medan det som systemet ursprungligen är utvecklat för, nämligen laststyrning, var mindre intressant.

Anledningen till att man behövde ett mätsystem var främst att man ville ha bättre kunskap om sin energiförbrukning. I åtanke hade man då devisen att ”det man kan mäta kan man också förbättra”. Med en minskad energiförbrukning ville man inte bara uppnå uppenbara ekonomiska besparingar utan man hade även som mål att minska belastningen på miljön genom exempelvis minskade koldioxidutsläpp och minskat användande av naturresurser som härrör från utvinning och omvandling av energi. [20.]

Ett mätsystem kunde även vara till hjälp för att verifiera riktigheten i debiteringen av elförbrukningen.

1.2 Syfte och mål

Det övergripande syftet med detta examensarbete är att undersöka hur EnergiDirigent på TPPM kan användas på bästa sätt. I arbetet ingår att göra en analys av nuläget som syftar till att besvara följande frågor:

- Vad mäter TPPM idag genom EnergiDirigent?
- Vad saknar TPPM mätning av?
- Hur ser förbrukningen ut i olika driftssituationer i de punkter EnergiDirigent mäter?
- Vilka faktorer påverkar energianvändningen?

I resultatet ska ingå förslag till fortsatt uppföljning och analys av energiförbrukningen i de punkter EnergiDirigent mäter.

1.3 Metod och avgränsningar

Materialet i detta examensarbete har hämtats på tre olika sätt:

- Genom samtal och e-postkorrespondens, främst med anställda på Tetra Pak;
- Genom skriftligt material, till största delen internt material (exempelvis rapporter av olika slag) men även från publicerade texter och Internet;
- Genom egna datorberäkningar som bygger på data från EnergiDirigent och från andra applikationer.

Det undersökta datamaterialet begränsas med något undantag till material från tiden efter oktober 2003, eftersom stora delar av äldre data är skadade eller ofullständiga. Samtliga maskiner och processer har inte undersökts i detalj då detta skulle vara allt för tidskrävande, men det valda materialet täcker de energiförbrukningsmässigt väsentligaste områdena.

1.4 Disposition

I kapitel 1 beskrivs bakgrunden till examensarbetet; Tetra Pak och TPPM beskrivs kortfattat, och EnergiDirigent introduceras. En redogörelse för hur EnergiDirigent fungerar och används på TPPM idag, återfinns i kapitel 2 tillsammans med en beskrivning av elsystemet på Tetra Pak. I kapitlet förklaras vad som ingår i en mätpunkt, vad som mäts och vad som händer med mätvärdena. I kapitel 3 presenteras ett antal förslag till tillämpningar av EnergiDirigent. Exempel på analyser inom föreslagna användningsområden, som alla har med energiförbrukning att göra ur någon aspekt, har genomförts och presenteras i diagram och text. De genomförda analyserna kan i sig vara till användning på TPPM, då de fastställer samband för vad energiförbrukningen påverkas av. Felkällor i analyserna samt hur dessa i möjligaste mån kompenseras för behandlas i kapitel 4. Kapitel 5 innehåller en diskussion och förslag till uppföljning av detta examensarbete. Här föreslås olika åtgärder för att göra arbetet med EnergiDirigent mer produktivt och effektivt. Även förslag till hur energianvändningen på TPPM kan minskas tas upp, bl a som en följd av de analyser som presenteras i kapitel 3. En sammanfattning med slutsatser återfinns i kapitel 6. Som appendix finns en beskrivning av mätvärdesfiler och hur man använder dem.

2 Hur används EnergiDirigent på TPPM idag?

2.1 Elmätning på TPPM

I dagsläget används EnergiDirigent enbart som ett mätsystem där el- och gasförbrukningen mäts. En inledande beskrivning av elsystemet på Tetra Pak kan behövas för att klargöra en del begrepp.

2.1.1 Elsystemet på Tetra Pak

För att minska risken för en total strömlöshet har Tetra Pak på Råbyholm två elabonnemang och får sin el via två olika mottagnings- och fördelningsstationer. Dessa kallas S2 och S3 och är belägna på geografiskt olika platser på Råbyholmsanläggningen. S2 och S3 är kopplade till en tredje mottagnings- och fördelningsstation, S4, och är dessutom kopplade till varandra så att alla tre stationerna är kopplade till varandra i en ring. Därigenom kan det vid ett normalt avbrott för underhåll eller vid ett haveri någonstans (såväl på Tetra Pak som utanför) ändå finnas en möjlighet att skicka ström via andra ledningar än de drabbade. [21.],[7.]

Elen har i stationerna S2, S3 och S4 en spänning på 10 kilovolt och måste transformeras ned till en lägre spänning, 400 volt. Detta sker i ett 20-tal olika transformatorer på olika platser på Tetra Pak. Från transformatorerna går det sedan ledningar ut till olika centraler. Centralerna kan till exempel utgöras av huvudskåp med matning till enskilda större maskiner, men kan även utgöras av gruppcentraler till vilka man kopplat ett antal mindre maskiner eller belysning och vägguttag. Ibland har man även kopplat flera fördelningscentraler efter varandra; t ex är Södra väggen kopplad till Norra väggen som i sin tur är kopplad till Nordvästra hallen. Varje central har en unik beteckning som beror på vilken hall centralen befinner sig i. [8.],[22.]

Den el som används på avdelningen TPPM kommer från elva olika transformatorer. Förutom dessa finns även tre transformatorer, kallade T203-1, T203-2 och T203-3, som levererar el till anläggningar för produktion av tryckluft, värme och kyla som används både på TPPM och på andra bolag. TPPM debiteras för all el som går till de elva förstnämnda transformatorerna samt för 75 % av elen till de tre sistnämnda (T203-X) medan övriga berörda bolag debiteras för resterande 25 %. Att det är just 75 % beror på att man genom beräkningar och uppskattningar kommit fram till att TPPM står för cirka 75 % av förbrukningen av tryckluften, värmen och kylan. Anledningen till att man inte mäter exakt är att ledningarna är förgrenade i TPPM och leder ut vidare till andra bolag; av kostnadsskäl finns i dagsläget inte separata mätare vid förgreningarna utan man mäter enbart på elförbrukningen som går åt för dessa tjänster. [8.]

2.1.2 Vilka elmätare är kopplade till EnergiDirigent?

I förslaget som Energiloopen ledde fram till ingick det att de tolv mest elförbrukande maskinerna på TPPM skulle få egna mätpunkter. I samband med införskaffandet av EnergiDirigent installerades därför ett antal nya elmätare. Beläggarna och två av tryckpressarna är så pass effektkrävande att de behöver två elmatningar vardera beroende på att kablagen annars skulle få orimligt stora dimensioner. Därför var man även tvungen att installera två mätare vardera för att mäta elförbrukning i dessa maskiner. Sammanlagt installerades därmed sexton nya elmätare. [8.],[19.]

Förutom dessa sexton elmätare kopplade man även in ett antal befintliga elmätare (som installerats vid ett tidigare tillfälle av Lunds Energi) till EnergiDirigent. Fjorton av dessa elmätare sitter på högspänningssidan av de transformatorer som levererar el till TPPM och två elmätare mäter på den inkommande elen till Råbyholmsanläggningen, det vill säga i mottagningsstationerna S2 och S3. [7.]

Närmare bestämt vilka maskiner elmätare 1-16 mäter och vilka transformatorer elmätare 17-30 mäter framgår i Figur 2 på sida 7. Där framgår även vilka transformatorer de olika maskinerna är kopplade till, samt vilka övriga större centraler som finns kopplade till de fjorton transformatorerna som är relevanta för TPPM. Endast namn på övriga centraler med säkringar på 200 ampere eller mer har skrivits ut. Undantaget är de centraler som är kopplade till T106-2, eftersom denna transformator inte levererar el till någon större central. Observera att det inte med nödvändighet är just de övriga centraler som nämns som är de som förbrukar mest el bara för att de har störst säkringar. För att veta exakt måste specifika mätningar göras, men säkringarnas storlek är i alla fall ett riktmärke.

I figuren finns även S2, S3 och S4 med, då det finns mätare på S2 och S3, men figuren tar inte upp samtliga transformatorer som är kopplade till dessa utan bara de som är relevanta för TPPM. Hur S2, S3 och S4 är kopplade är av mindre betydelse då dessa ändå är ringkopplade så att bara summan av den inkommande elen spelar en roll i sammanhanget.

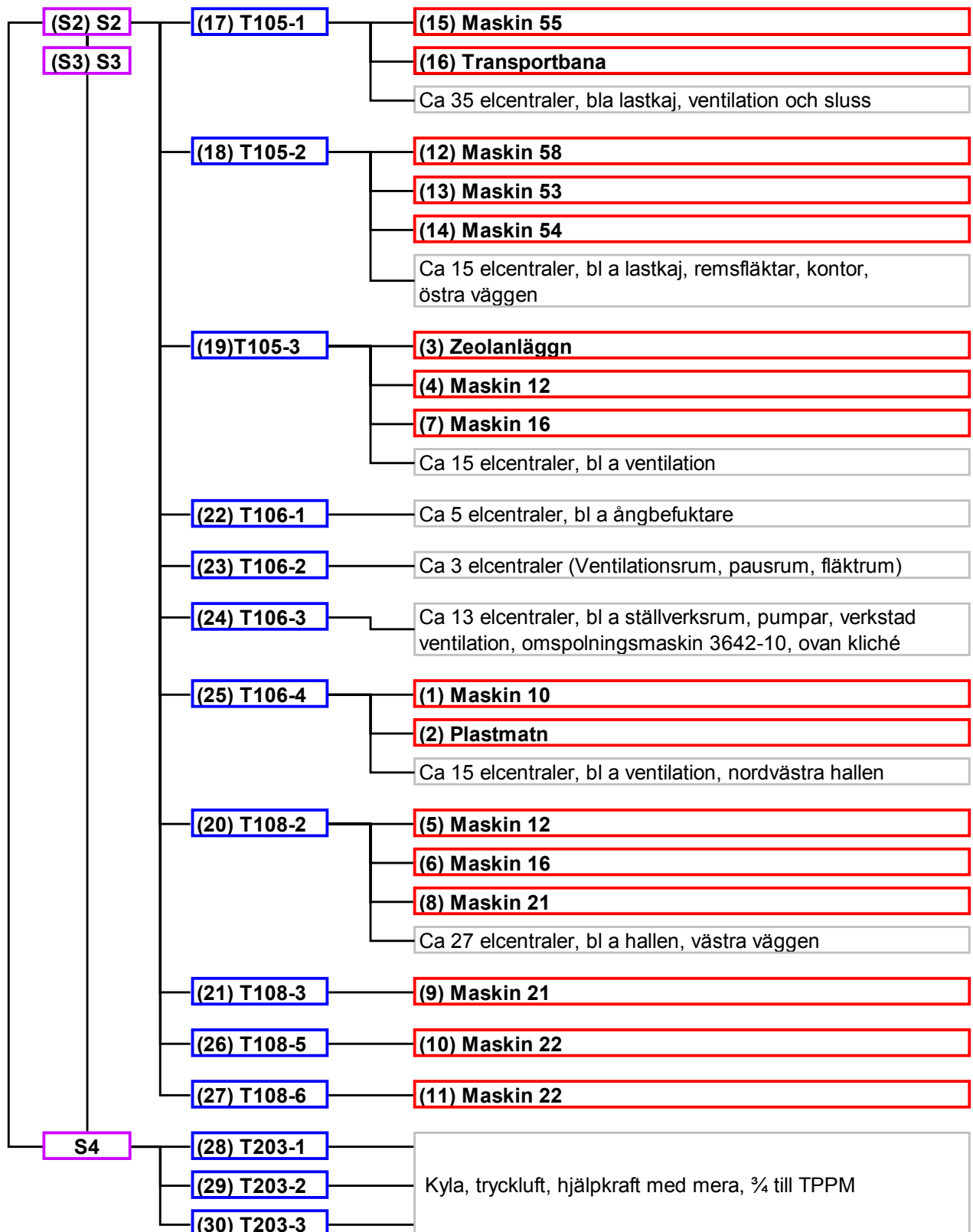
2.1.3 Vad ingår i en mätpunkt?

I mätpunkterna 1 till 16 mäter man på den el som förbrukas i respektive maskin, vilket inkluderar alla motorer och elektriska element och även viss kringutrustning. Det finns även uttag för kringutrustning till varje maskin, eftersom man vid service vill kunna bryta all ström till maskinen men ändå ha el till belysning och datorer och eventuella elverktyg som man behöver använda i servicearbetet. Dessa eluttag är därför kopplade till andra elcentraler än maskinerna och ingår således inte i mätpunkterna. [8.]

I mätpunkterna 17 till 30 mäts elen på högspänningssidan av transformatorerna vilket därmed omfattar allt som är kopplat till respektive transformator. Denna el utgör tillsammans summan av den el som används på TPPM. Tre av transformatorerna (T203-X) levererar som nämnts el som inte kommer enbart till TPPM.

Mätare på mottagnings- och fördelningsstationerna S2 och S3 mäter slutligen på all inkommande el till Tetra Pak på Råbyholm.

Sammanfattningsvis sker det alltså en överlappning av mätningar i EnergiDirigent så att elförbrukning i de största maskinerna mäts på tre nivåer (i S2 och S3, på transformatornivå och maskinspecifikt) medan all annan elförbrukning mäts på de två förstnämnda nivåerna.



Figur 2 Schema över samtliga elmätare (beteckningar inom parentes) kopplade till TPPMs EnergiDirigent.

2.1.4 Vilka parametrar kan TPPMs elmätare mäta?

Elsystemet på Tetra Pak bygger på 3-fas växelström. TPPMs elmätare kan mäta både på systemnivå och på varje enskild fas. Följande storheter kan mätas: [23.]

2.1.4.1 Värden på systemnivå
P: Aktiv effekt (kW)
S: Skenbar effekt (kVA)
Q: Reaktiv effekt (kVAr)
W: Aktiv energi (kWh)
Ws: Skenbar energi (kVAh)
Wr: Reaktiv energi (kVArh)
cos φ : Effektfaktor (enhetslös)
Vavg: Medelvärdet, spänning fas-fas (V)
Imax: Maximal ström (A)
f: Frekvens (Hz)
Pp: Medelvärde, aktiv effekt (kWavg)

2.1.4.2 Värden per fas
Aktiv effekt (kW)
Skenbar effekt (kVA)
Reaktiv effekt (kVAr)
cos φ , Effektfaktor (enhetslös)
Spänning (V)
Ström (A)

2.1.5 Hur går elmätningarna till?

TPPMs mätare är av typen SPT-DIN och mäter med en samplingshastighet på 1900 Hz. [23.] Alla mätenheter är kopplade till en centralenhet (Microflex) via en fältbuss. Värdena lagras i mätenheterna till dess att centralenheten anropar dem. När detta sker, skickas värdena över till centralenheten. Mätarna använder en cirkulär buffert vilket innebär att om inget anrop sker när mätarens minne är fullt lagras de äldsta värdena över med nya värden. Centralenheten i sin tur är kopplad till en operatörsstation som är en vanlig PC. På PC:n finns ett grafiskt användargränssnitt, Micbild. PC:n är i sin tur kopplad till en server som är ansluten till nätverket på Tetra Pak, vilket gör att samtliga användare som är anslutna till nätverket kan få tillgång till alla mätvärden. [19.]

2.2 Gasmätning på TPPM

Till TPPMs EnergiDirigent finns kopplat tolv stycken gasmätare samt en trettonde mätare som är huvudgasmätare. Detta examensarbete fokuserar inte på dessa mätare, men något kan ändå nämnas om dem. Mätvärden för förbrukning (i enheten $0,1 \cdot \text{m}^3$ för gasmätare 1-13 och i m^3 för huvudgasmätaren) loggas i filer med upplösningen en timme respektive en dag. Gasmätare 1-13 mäter dock inte rätt utan måste kalibreras. [24.]

Ett annat problem med gasmätningen härstammar från gasers kompressibilitet. Gasmätarna på TPPM mäter levererad volym gas, men när den säljs uttrycks mängden i enheten normalkubikmeter (Nm^3) som är den volym som gasen tar upp vid en viss temperatur och ett visst tryck (vanligtvis 20° och 1 atmosfär [15.]). I och med att tryck och temperatur inte hålls på en konstant nivå utan varierar kan den levererade volymen gas vara mycket större eller mindre än den sålda volymen. Allt detta måste man vara medveten om så att man inte drar några ogrundade slutsatser utifrån TPPMs gasmätningar. [15.],[6.]

2.3 Var lagras alla mätvärden?

Alla mätvärden behandlas i operatörsprogrammet (Micbild) på PC:n. En del parametrar kan bara studeras i realtid, medan andra även lagras i olika mätvärdesfiler, tillsammans med uppgifter om vilken mätpunkt och storhet som avses samt datum och klockslag för varje mätning. Filer finns för olika tidsupplösning; tiominutersvärden, timvärden och månadsvärden loggas för närvarande för elmätare och timvärden och månadsvärden för gasmätare. Det går att använda kortare loggningsintervall, men en gräns går vid ungefär en minut, eftersom det tar tid för centralenheten och mätenheten att kommunicera. [6.]

När en mätvärdesfil har vuxit till en viss storlek sparas den som en arkivfil, vilken kan hämtas fram i operatörsprogrammet. Mätvärdesfiler (inklusive arkivfiler) kan omvandlas automatiskt till ett format för databehandling i kalkylblad. Man kan välja filformat för antingen Lotus 1-2-3 eller Excel.

Vad de olika mätvärdesfilerna innehåller mer i detalj har sammanställts i Appendix: Mätvärdesfiler.

2.4 Hur används mätvärdena idag?

Timo Nikander på teknikavdelningen hämtar över data från EnergiDirigent och sätter en gång i månaden samman en månadsrapport i form av ett kalkylblad. Detta innehåller uppgifter om hur mycket elenergi som förbrukats i maskinerna, hur mycket elenergi transformatorerna levererat samt uppgifter om gasförbrukning. [9.]

Tetra Pak Business Support (TPBuS) är det bolag som TPPM köper sin el av. Detta företag har en egen EnergiDirigent som är anslutet till delvis samma mätare som TPPMs EnergiDirigent. Hit skickas månadsrapporten, till Victoria Johansson som är energi/miljöadministratör. Hon lägger in värden för gasförbrukningen och elförbrukningen i transformatorerna så som de mätts av TPBuS EnergiDirigent. Eftersom det är samma mätare som är kopplade till två olika EnergiDirigent-system skiljer sig vanligtvis mätvärdena inte åt nämnvärt. Att det ändå förekommer variationer beror oftast på att mätarna anropas vid olika klockslag så att det blir en viss förskjutning av när energiförbrukningen redovisas, men detta har ingen betydelse då det bara rör sig om en förskjutning som kompenseras för i nästföljande månadsförbrukning. Skillnaderna är för övrigt små eftersom tidsförskjutningen är i storleksordningen en timme vilket ska jämföras med en månads totala antal timmar. [7.]

En annan skillnad i mätvärdena i månadsrapporten är att man på TPBuS har subtraherat 25 % av värdena för transformatorerna T203-X då TPPM inte ska debiteras för denna energi.

Värdena från transformatormätningarna, inklusive T203-X, använder TPBuS som grund vid debitering av den el TPPM direkt eller indirekt förbrukat.

I månadsrapporterna kan man kontrollera att mätningarna är i princip lika och verifiera att debiteringen är korrekt. Eventuella skillnader som inte beror på ovanstående orsaker diskuteras mellan bolagen så att man finner orsaken.

Slutligen använder Sara Granholm, som är miljökoordinator på TPPM, månadsrapporterna i sitt arbete. I månatliga energiuppföljningsrapporter läggs värden för konsumerad energi av olika slag in och i dessa kan man följa hur energiförbrukningen och miljöarbetet utvecklar sig månad för månad. [10.]

2.5 Problem med mätningar

Periodvis har det varit problem med elmätningarna på TPPM. Problemen har främst yttrat sig antingen i form av borttappade mätvärden eller i att mätvärdesfiler lagrat värdet noll, fast det uppenbarligen skett en elförbrukning i berörd mätpunkt.

Korrekta och tillförlitliga mätvärden saknas för bland annat större delen av år 2003. Orsaken som låg bakom det här felet var att det skett en kortslutning i en elmätare så att hela systemet kollapsade. Att det tog så pass lång tid att åtgärda felet uppges bero på oklarheter om vem som var ansvarig för felet. [9.]

Borttappade mätvärden är ett annat problem som troligtvis har sin förklaring i att elmätarnas minne blivit överfulla så att gamla värden lagrats över utan att först ha sparats över till operatörsstationen. I upptäckta fall är det enbart mätvärdesfiler för timvärden och tiominutersvärden som blivit drabbade medan mätvärdesfiler för månadsvärden är korrekta.

Sedan 8 oktober, 2003 har alla mätvärden registrerats i samtliga mätvärdesfiler.

Förutom ovan nämnda fel har det också under arbetets gång framkommit att det länge varit fel på mätare 21 som mäter på transformator T108-3. Felet yttrar sig i för låga mätvärden för transformatorn och håller i skrivandets stund på att åtgärdas. Transformator T108-3 levererar el endast till beläggare 21 och därför mäts elen även av mätare 9 (dock efter transformereringen från 10 kilovolt till 400 volt). I denna rapport har därför mätvärden från mätare 21 ersatts med mätvärden från mätare 9, med ett tillägg för transformationsförluster på 4,57 % som är en uppskattning grundad på transformationsförlusterna i T108-6 och T108-5.

3 Förslag till vad EnergiDirigent kan användas till

EnergiDirigents viktigaste funktion är laststyrning, men denna och övriga funktioner kommer att tas upp efter en grundlig genomgång av hur man kan använda EnergiDirigent som internmätssystem då detta är det mest aktuella användningsområdet för TPPMs del.

3.1 EnergiDirigent som internmätssystem

EnergiDirigent på TPPM mäter och loggar värden för gas och el. Nya mätfunktioner kan läggas till om det skulle uppkomma ett behov av att kontinuerligt mäta t ex luftfuktighet, koldioxidhalt eller dylikt.

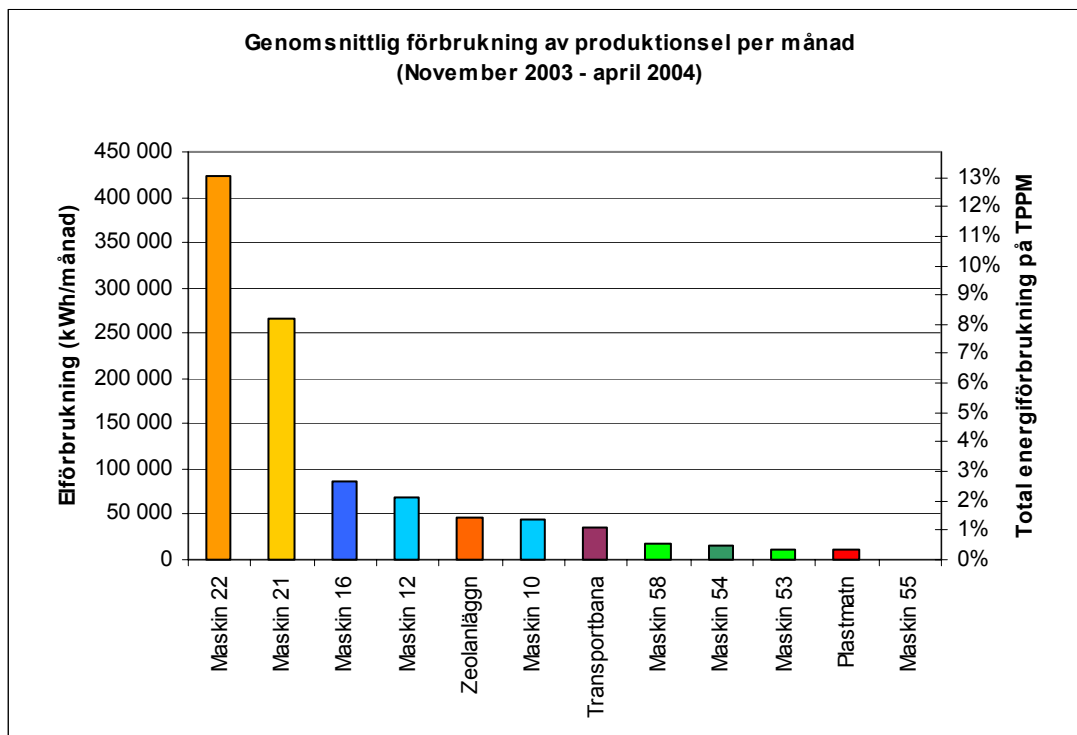
För att kunna använda mätvärdesfilerna i någon större utsträckning måste man veta vad som har loggats och vilka olika enheter mätvärdena har i filerna. Sådan information har sammanställts i Appendix: Mätvärdesfiler.

Mätvärden från EnergiDirigent kan dels användas som de är och dels i kombination med data från andra applikationer. Ett antal olika förslag på användningsområden kommer att tas upp i följande stycken.

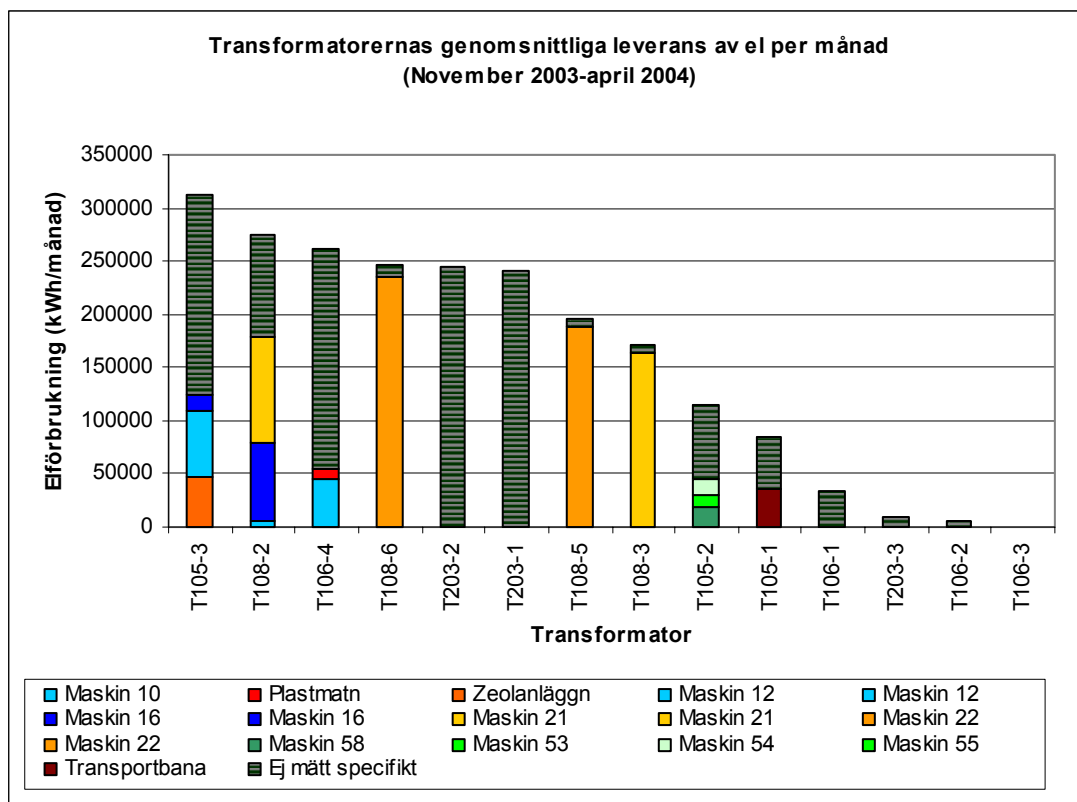
3.1.1 EnergiDirigent i sig själv

3.1.1.1 Undersökning av var energin förbrukas

En enkel och användbar tillämpning är att undersöka var elenergin förbrukas, och hur mycket elenergi som omsätts under en viss tid. Informationen kan vara användbar t ex vid diskussioner om var satsningar på energieffektiviseringar kan göras.



Figur 3 De största elförbrukande maskinerna på TPPM



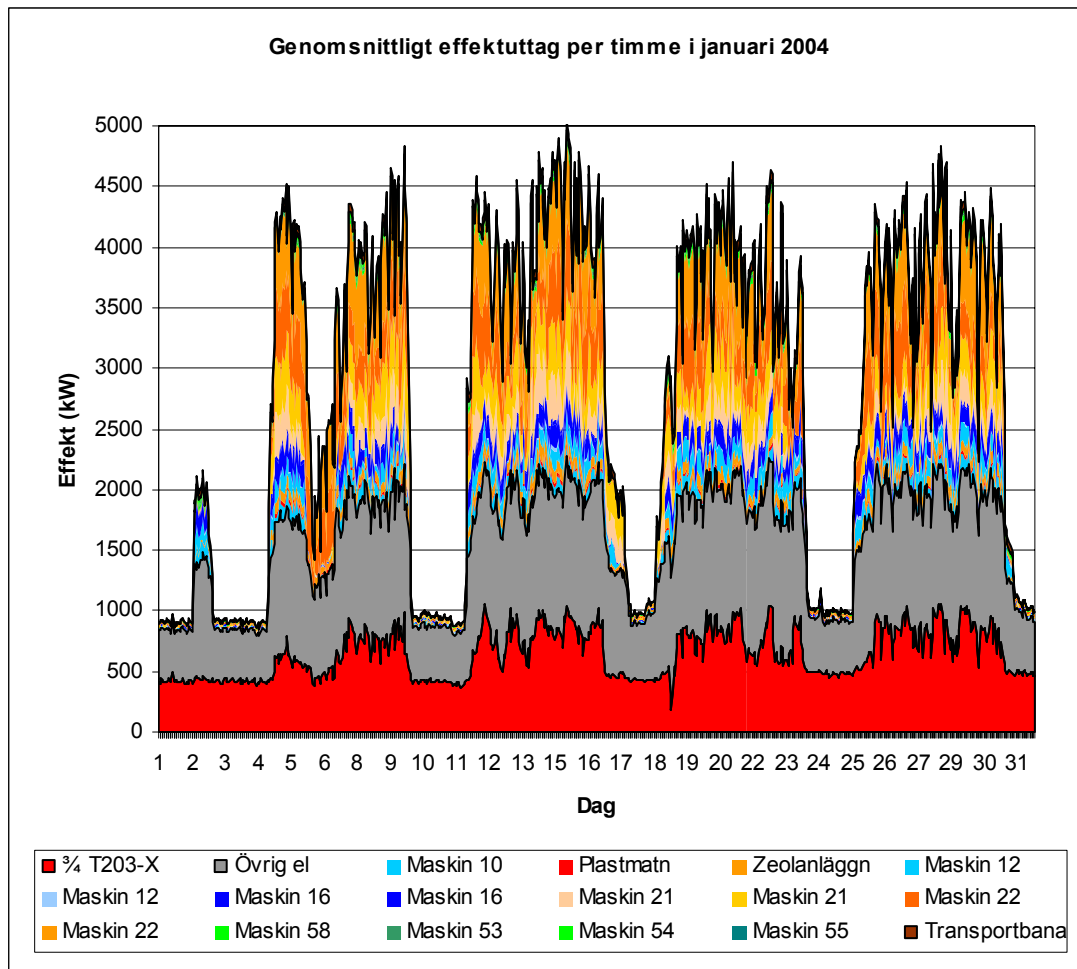
Figur 4 Genomsnittlig elleverans mätt i transformatorerna till TPPM

I Figur 3 och Figur 4 har mätdata från november 2003 till april 2004 använts och värdena i figurerna avser genomsnittlig elförbrukning per månad. Som framgår i Figur 3 är den största elförbrukande maskinen på TPPM maskin 22, vilken är en beläggare. Orange färg har använts för enheter tillhörande beläggning, blå färg för tryckpressar och grön färg för skärmaskiner. Med ”transportbana” avses el till transportbanor och krympugnar.

I Figur 4 framgår dels hur mycket elenergi var och en av transformatorerna levererar, samt hur stor del av denna energi de största maskinerna på TPPM förbrukar. Figuren ger även en bild av vilka transformatorer som levererar ”övrig el”; det senare blir intressant om man i framtiden funderar på att lägga till fler mätpunkter till systemet och vill veta var under rubriken ”övrig el” de stora energiförbrukningarna sker.

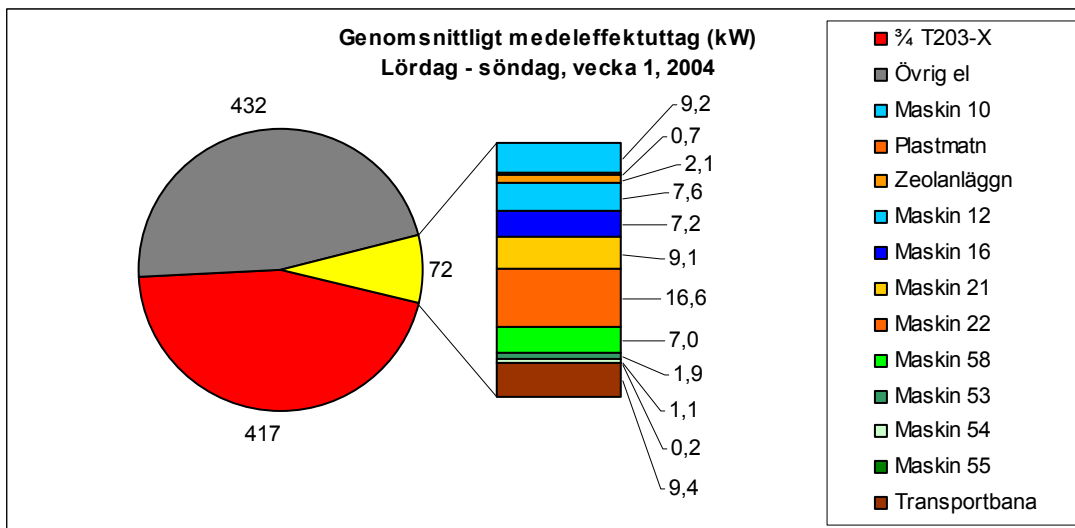
3.1.1.2 Undersökning av *när* energin förbrukas

Mätvärden från EnergiDirigent kan även användas för att studera hur energiförbrukningen varierar under en viss tid. Olika tidsupplösning kan användas vid olika studier. Tidsupplösningen i Figur 5 är en timme. Figuren visar det totala timmedeleffektuttaget på TPPM i januari 2004.



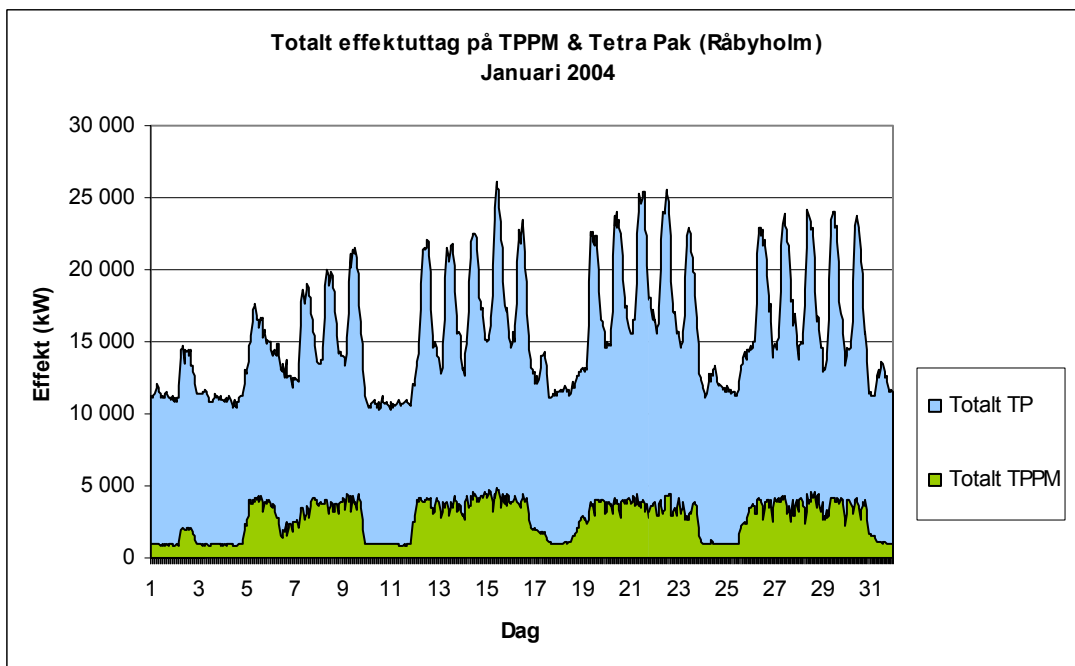
Figur 5 Det totala timmedeleffektuttaget på TPPM i januari 2004

Figuren bygger på mätningar av antalet kilowattimmar som förbrukats under varje timme, vilket är ekvivalent med det genomsnittliga effektuttaget under samma timmar. Mätdata har hämtats från elmätare dels på maskinnivå (mätare 1-16) och dels på transformatornivå för övrig el och T203-X. Som framgår i figuren utgörs topparna under veckodagar till stor del av beläggare och tryckpressar (orange respektive blå färg), men även av övrig el och el till tryckluft, kyla och värme (T203-X). Under veckoslut går effektuttaget ner markant, särskilt för de maskinerna, men kvar ligger en grundlast på nära 1000 kW.



Figur 6 Genomsnittligt effektuttag under första veckoslutet i januari 2004

En närmare studie av det första veckoslutet i januari, vilket var en typisk helg utan övertidsarbete, presenteras i Figur 6 som visar att effektuttaget var i genomsnitt 921 kW under helgen. 45 %, eller 417 kW utgjordes av el från T203-X, 47 % eller 432 kW av övrig el, och 72 kW eller 8 % av el från TPPMs största maskiner. Under just denna helg konsumerades 44 209 kWh el på TPPM till ett värde av 15 473 kr. Information som denna kan vara till användning om man funderar på att utföra åtgärder för att minska energiförbrukningen för tidpunkter då TPPM inte bedriver någon verksamhet.

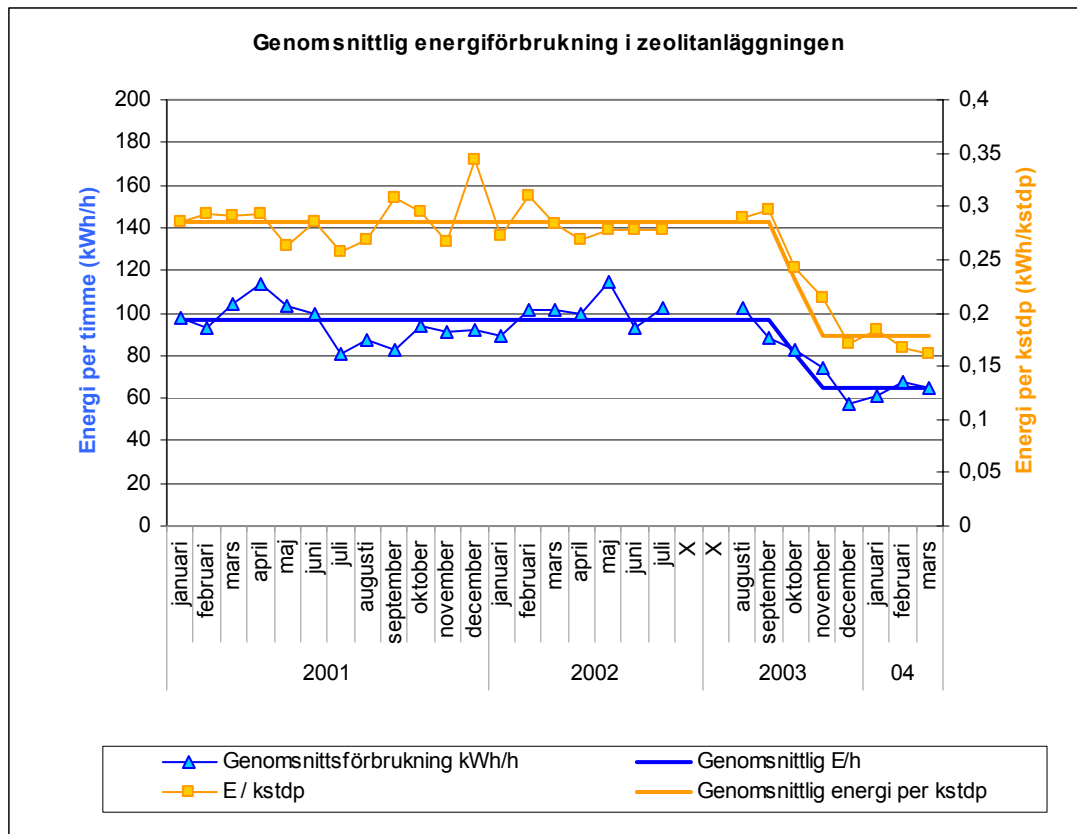


Figur 7 Timmedeleffektuttag på Tetra Paks Råbyholmsanläggning och på TPPM

I och med att TPPMs EnergiDirigent även tar emot mätdata från mätare på den inkommande elen till Tetra Pak kan man se förhållandet mellan elförbrukningen på TPPM och den totala elförbrukningen på Råbyholmsanläggningen, vilket framgår i Figur 7.

3.1.1.3 Uppföljning efter specifika insatser

I oktober 2003 genomfördes en modernisering av zeolitreningssystemet som används för att rena plaströk och ozon. Vid moderniseringen installerades frekvensstyrning på en av fläktarna vilket innebar en sänkning av energiförbrukningen. [18.] Med hjälp av EnergiDirigent kan man beräkna hur stor energisänkning moderniseringen medförde.



Figur 8 Genomsnittlig energiförbrukning i zeolitanläggningen före och efter moderniseringen 2003

Figur 8 visar energiförbrukningen före och efter moderniseringen. Tack vare mätdata från EnergiDirigent kan man alltså dra slutsatsen att införandet av varvtalsstyrda fläktar ledde till en minskning av den genomsnittliga energiförbrukningen per timme med 33 % och energiförbrukningen per producerad standardförpackning med 37 %. Det senare uttryckssättet förutsätter information om hur många standardförpackningar som produceras under en viss tidsperiod. [25.]

3.1.2 EnergiDirigent tillsammans med andra applikationer

På Tetra Pak i Lund använder man i produktionen ett integrerat kontrollsystem som heter FIX och som påminner om EnergiDirigent till sin uppbyggnad. Kärnan i FIX är en PLC (Programmable Logic Controller) till vilken man kopplat olika maskiner och sekundära enheter så som fläktar, så att PLC:n kan styra och ta emot signaler från dessa. Maskinoperatörerna kommunicerar med PLC:n via ett grafiskt användargränssnitt på terminaler vid maskinerna. [11.]

Från FIX skickas information om bland annat vad som pågår i maskinerna, i form av ett antal olika aktivitetskoder, till en server. Datavärden lagras i en databas och kan studeras i detalj i programmet ProAnalyse. Med programmet Business Objects kan statistik sammanställas över vilka aktiviteter som pågått under vissa klockslag, hur mycket som producerats, vilka order

som varit inblandade m m. Statistiken kan användas i kombination med data från EnergiDirigent. Mätvärden från EnergiDirigent finns lagrade i jämna tidsintervall, medan statistik från Business Objects kommer i oregelbundna tidsintervall, vilket gör att en del numeriska metoder krävs för att kunna samköra informationen. Trots att en viss osäkerhet (om ett par procent i vissa fall) är ofrånkomlig kan man utvinna mycket ny värdefull information när data från de två systemen kombineras.

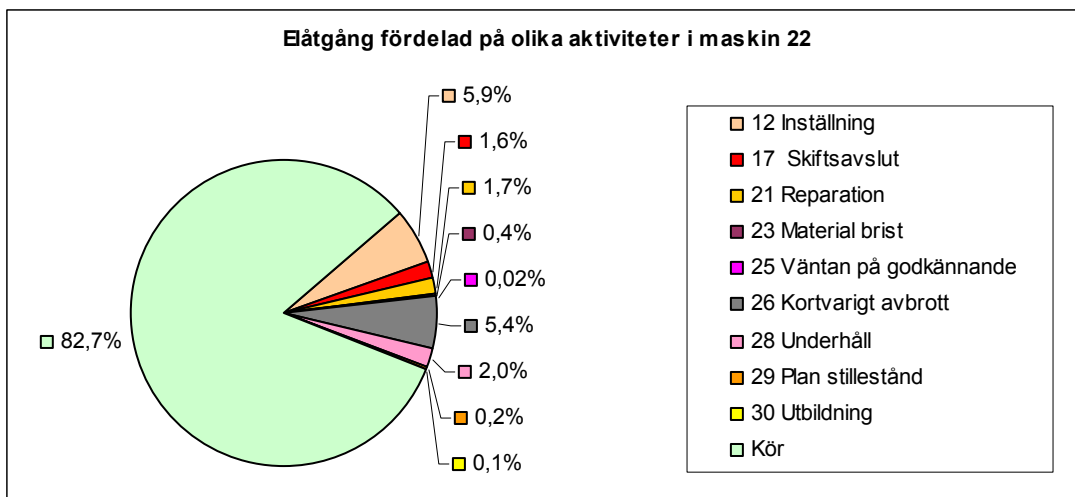
3.1.2.1 Undersökning av hur driftsläge påverkar energiförbrukningen

Maskinerna förbrukar olika mycket el vid olika driftslägen, vilket exempelvis visar sig i att de drar mer el när de kör jämfört med när de står på tomgång. Beräkningar över hur mycket el en maskin förbrukar beroende på aktivitet har gjorts för januari och februari år 2004. Värdena bygger på data från EnergiDirigent och från Business Objects och för de olika beräkningarna ingår mellan cirka 400 och 600 order i underlaget.

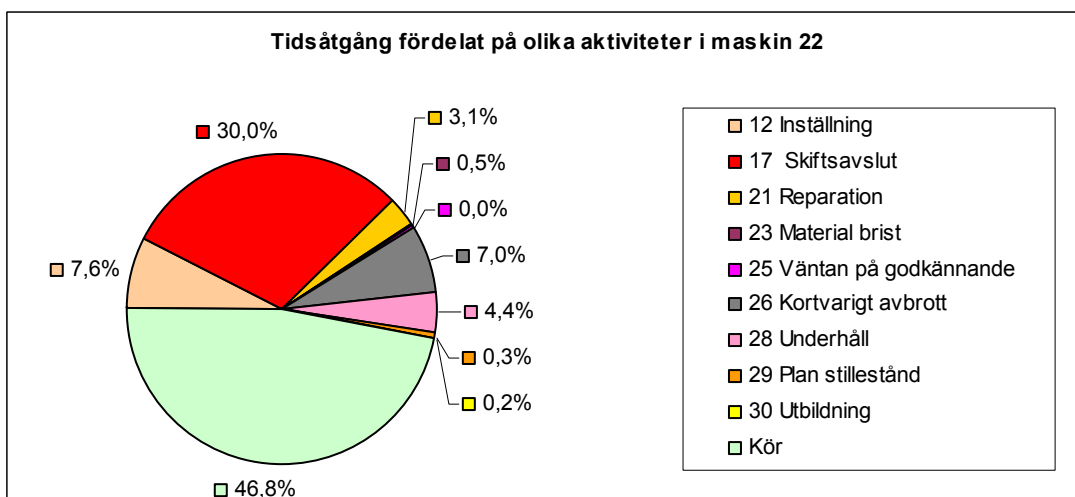
I Figur 9 visas hur mycket elenergi maskin 22, som är en beläggare, förbrukat under varje aktivitetskod². I Figur 10 visas hur mycket tid som åtgått för varje aktivitet. I Figur 11 visas den genomsnittliga medeleffekten och tidsåtgången per månad för olika aktiviteter. Medelvärdena avser värden för januari och februari 2004. I figuren motsvarar arean av varje aktivitet den totala genomsnittliga energiförbrukningen per månad, uttryckt i kilowattimmar per månad för respektive aktivitet.

I Figur 12, 13 och 14 presenteras samma information som ovan men för maskin 16 vilken är en tryckpress och den tredje största maskinen på TPPM. Figur 15, 16 och 17 visar samma information men för maskin 54 som är en skärmaskin.

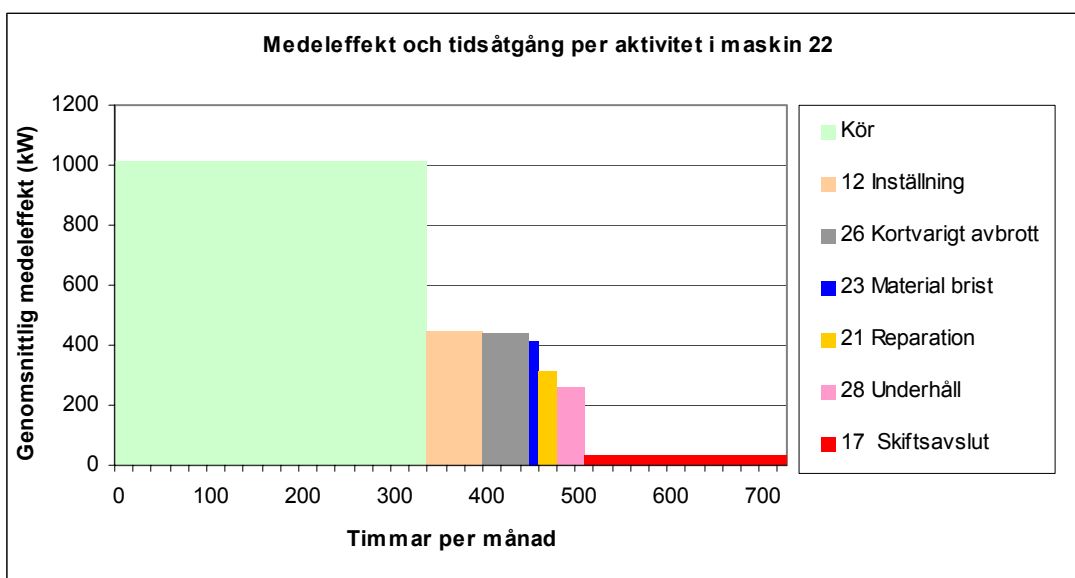
² Samma aktivitetskoder som används vid rapporteringen och i de olika dataprogrammen på Tetra Pak har använts i diagrammen i denna rapport. ”29 Plan stillestånd” innebär ett planerat stillestånd i maskinen.



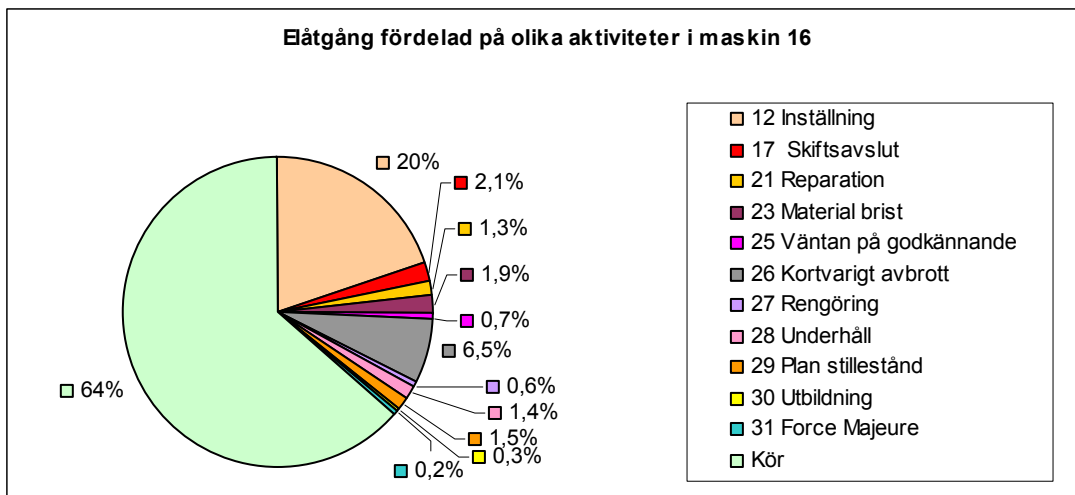
Figur 9 Fördelning av elförbrukning på olika aktiviteter i maskin 22, jan-feb 2004



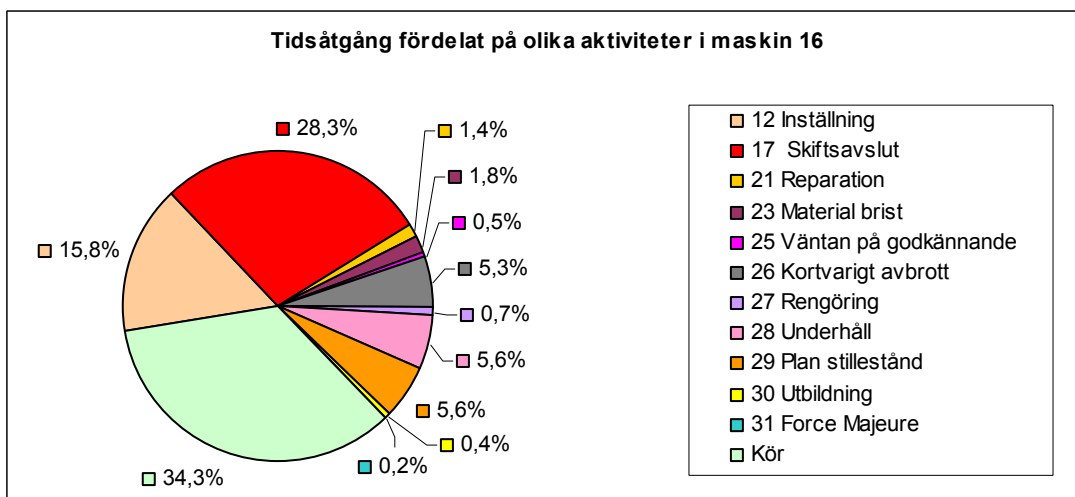
Figur 10 Fördelning av tidsåtgång på olika aktiviteter i maskin 22, jan-feb 2004



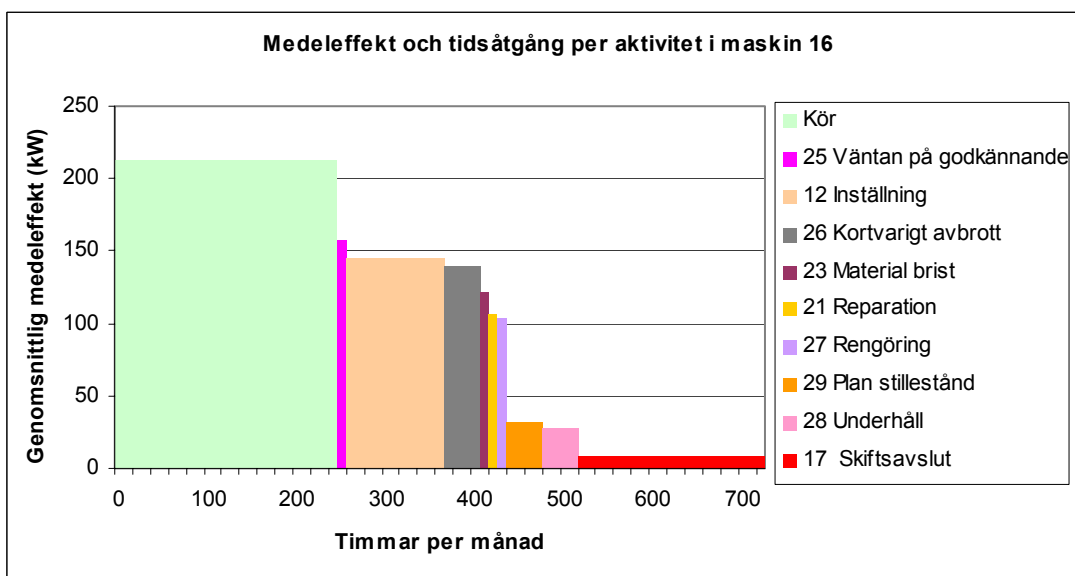
Figur 11 Genomsnittlig medeleffekt och tidsåtgång för olika aktiviteter i maskin, 22 jan-feb 2004



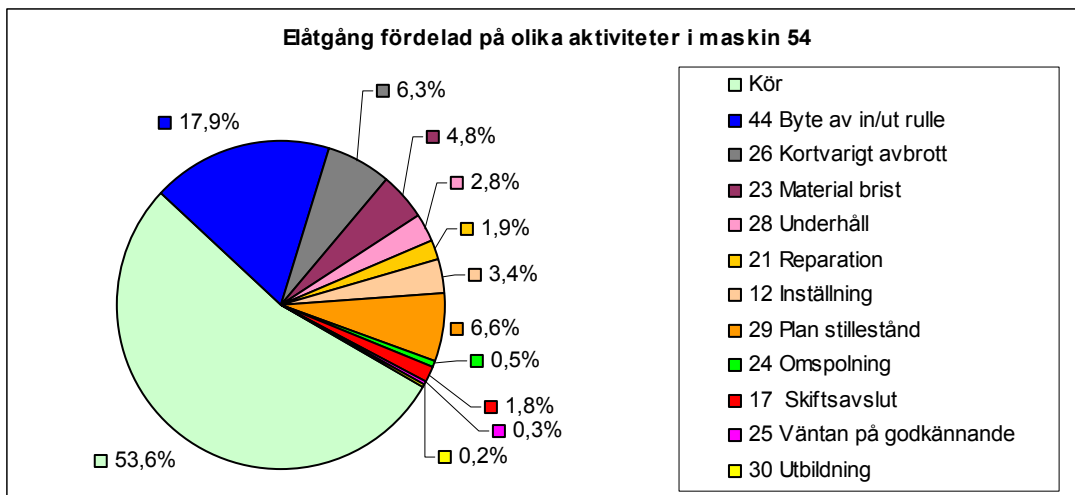
Figur 12 Fördelning av elförbrukning på olika aktiviteter i maskin 16, jan-feb 2004



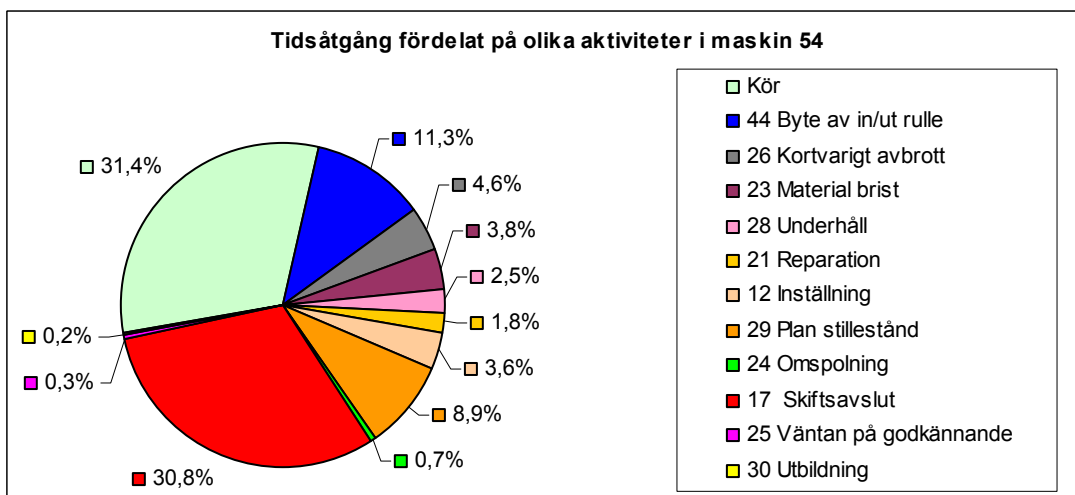
Figur 13 Fördelning av tidsåtgång på olika aktiviteter i maskin 16, jan-feb 2004



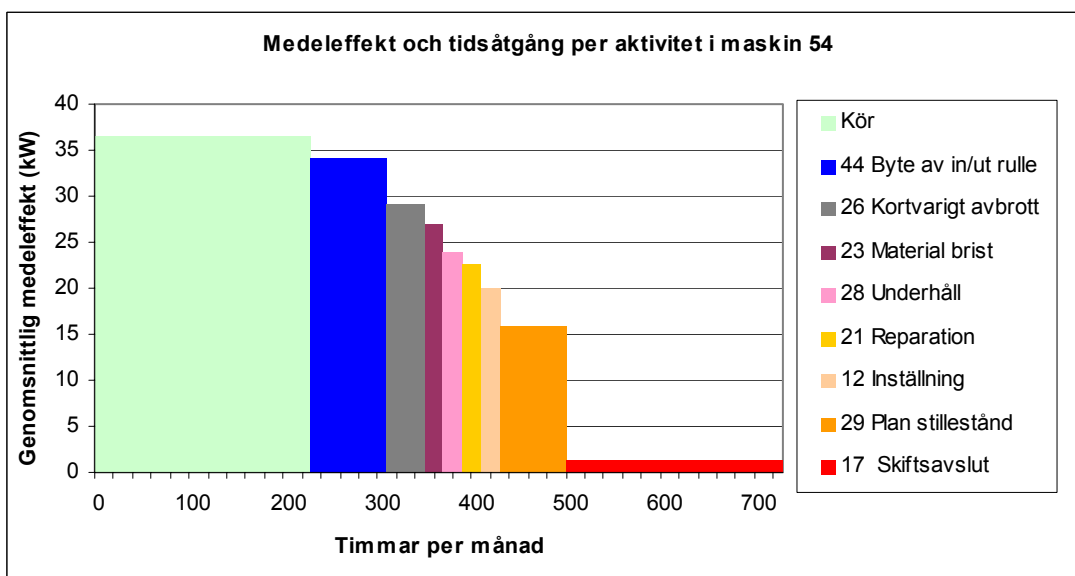
Figur 14 Genomsnittlig medeleffekt och tidsåtgång för olika aktiviteter i maskin 16, jan-feb 2004



Figur 15 Fördelning av elförbrukning på olika aktiviteter i maskin 54, jan-feb 2004



Figur 16 Fördelning av tidsåtgång på olika aktiviteter i maskin 54, jan-feb 2004



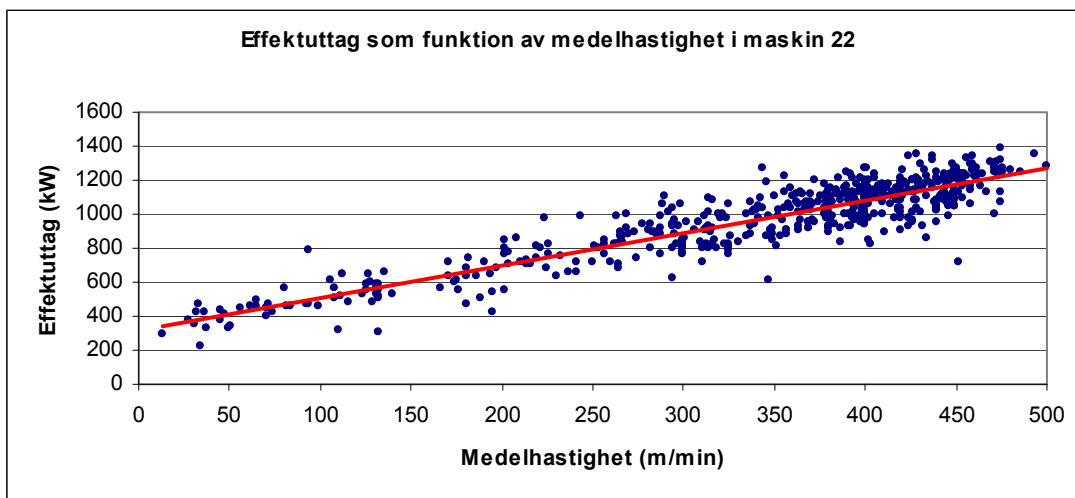
Figur 17 Genomsnittlig medeleffekt och tidsåtgång för olika aktiviteter i maskin 54, jan-feb 2004

3.1.2.2 Undersökning av hur produktionshastighet påverkar effektuttaget

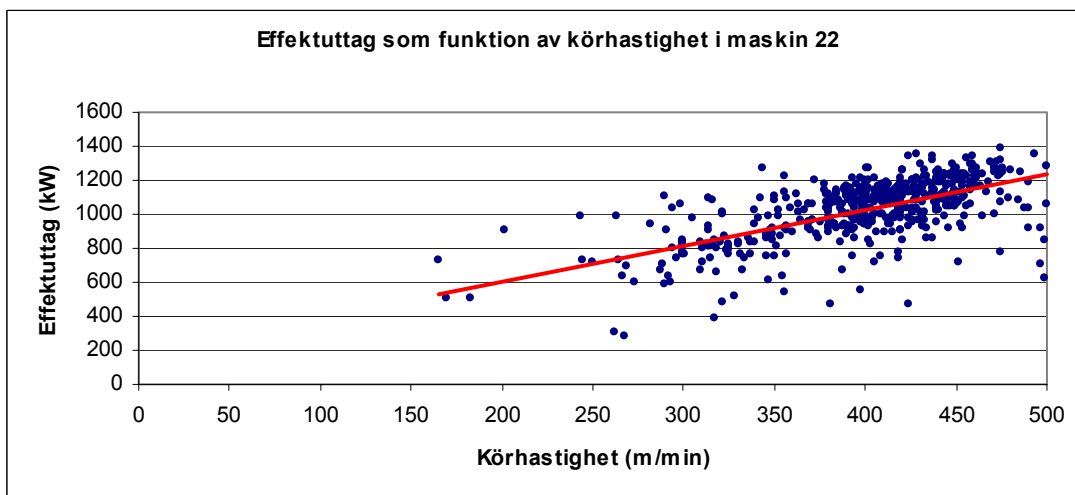
Från programmet Business Objects kan man erhålla information om hur mycket material som producerats för varje order, samt klockslag för när olika aktiviteter pågått och vilka order som varit inblandade i dessa aktiviteter (dock inte specifika klockslag för varje order, även om dessa kan tas fram på annat sätt, se vidare avsnitt 4 *Felkällor och kompensation för dessa*).

När man talar om produktionshastigheter förekommer det olika begrepp och definitioner. *Körhastigheten* (Run speed) beräknas som mängden producerade meter dividerat med körtiden, d v s den tid som maskinen stått under koden Kör, medan *Medelhastigheten* (average speed) även tar med inställningstid och stopptid i beräkningarna.

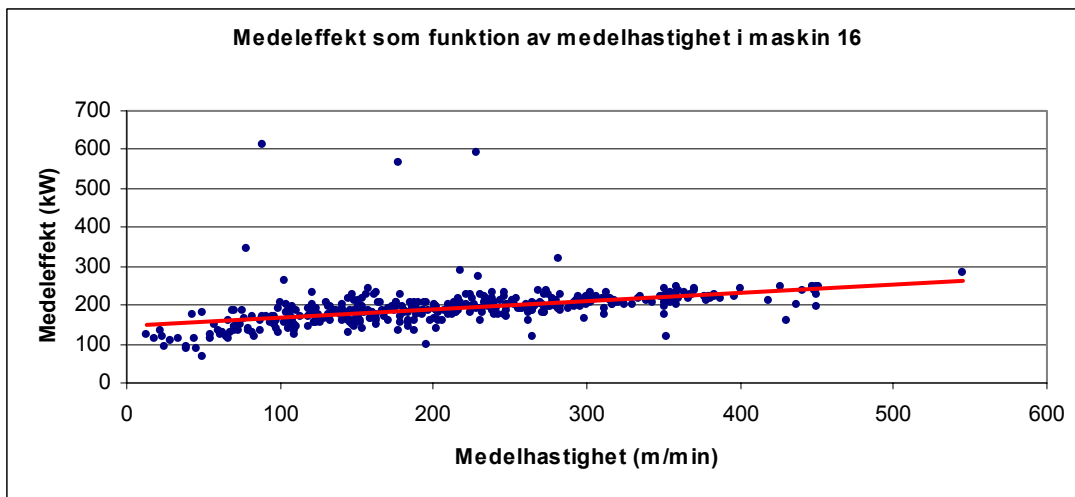
I Figur 18 och 19 visas hur effektuttaget påverkas av medel- respektive körhastigheten i maskin 22. Varje punkt i diagrammet motsvarar en order. Effekten ökar uppenbarligen med såväl ökad kör- som medelhastighet.



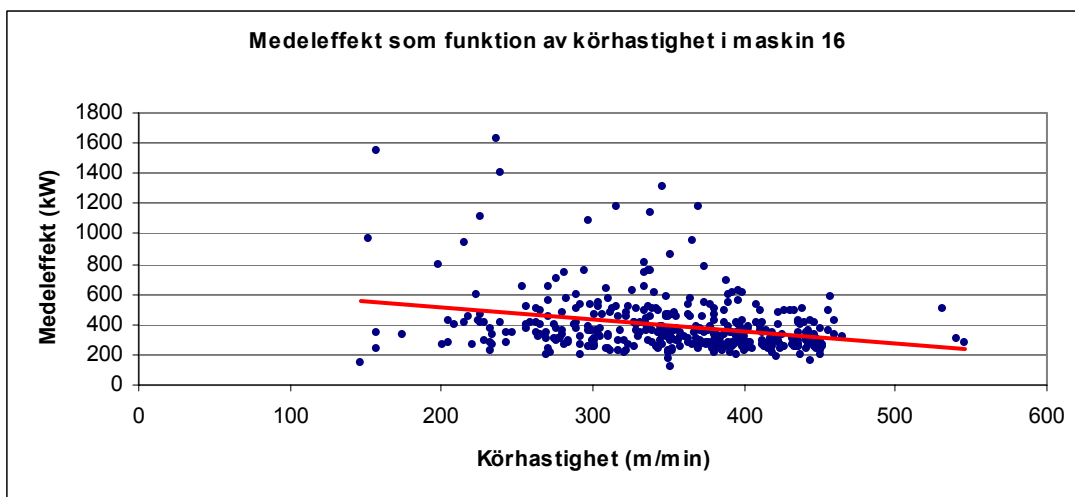
Figur 18 Effektuttag som funktion av medelhastighet i maskin 22, jan-feb 2004



Figur 19 Effektuttag som funktion av körhastighet i maskin 22, jan-feb 2004



Figur 20 Effektuttag som funktion av medelhastighet i maskin 16, jan-feb 2004



Figur 21 Effektuttag som funktion av körhastighet i maskin 16, jan-feb 2004

Motsvarande undersökning har gjorts för maskin 16; medan effektuttaget ökar med ökad medelhastighet, som ses i Figur 20, minskar den svagt med ökad körhastighet, Figur 21. En möjlig förklaring (som dock inte är bekräftad) skulle kunna vara att maskinerna kräver mer effekt för en order som befinner sig i inledningsskedet av en körning, jämfört med en efterföljande order där hastigheten är högre.

Oavsett om effektuttaget ökar med produktionshastigheten så ökar mängden producerat material per tidsenhet med produktionshastigheten. Hur den totala energiförbrukningen per producerad enhet påverkas av produktionshastighet behandlas i stycke 3.1.2.4.

3.1.2.3 Undersökning av när effekttoppar uppstår

Som nämnts tidigare, och som behandlas närmare i avsnitt 3.2, finns det ett intresse av att begränsa de maximala effektuttagen. Maskin 22 har den enskilt största inverkan på effekttopparna. EnergiDirigent kan användas för att ta reda på under vilka förhållanden de största effektuttagen sker.

Var tionde minut loggas ögonblicksvärden av effektuttaget. I januari och februari varierade effekten i maskin 22 mellan 12 kW och 1485 kW och var i medeltal 586 kW. Genom att

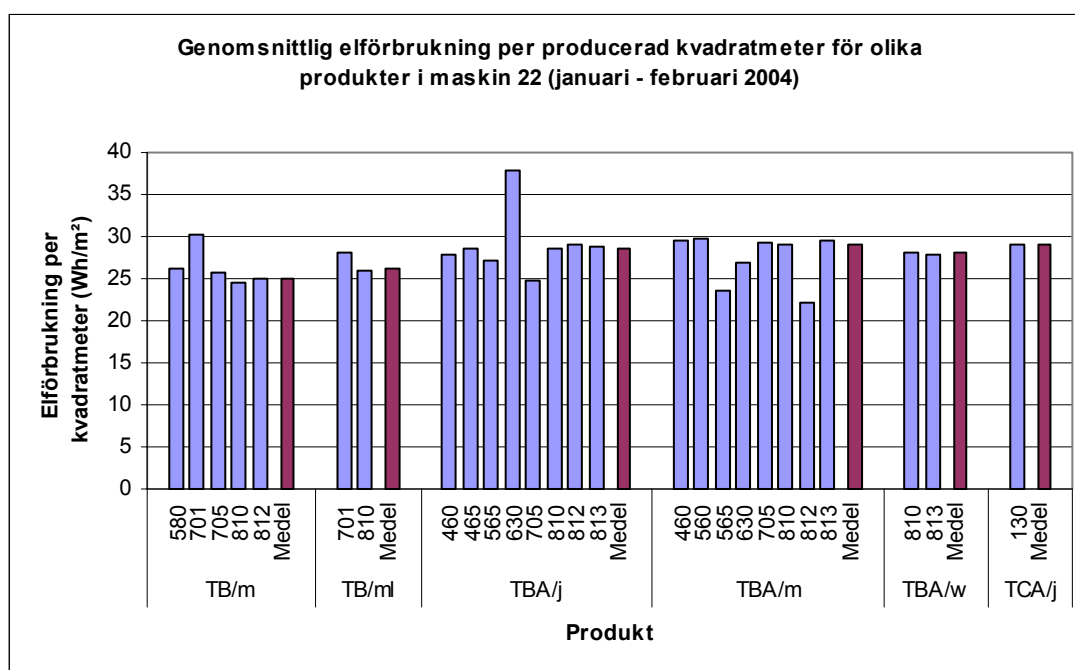
jämföra tidpunkterna för när de högsta effektvärdena inträffade med tidpunkter i ProAnalyse kan man se vilka aktiviteter som pågick vid aktuella tidpunkter.

En närmare undersökning av de tio största effektuttagen under januari och februari gav att de i samtliga fall inträffade under rubriken "Kör" och skedde mitt under en pågående order. En av dessa tio effekttoppar skedde vid byte av folierulle och ett antal andra, men inte alla, vid bytet av pappersrullar. Det är alltså möjligt att dessa aktiviteter ökar effektuttaget momentant, men det förklarar inte samtliga fall. Enbart ProAnalyse ger inte tillräckligt detaljerad information för att dra några ytterligare slutsatser.

Tvärtemot vad många verkar tro så är effektuttaget vid planerad uppvärmning av maskinerna (vilket går under aktivitetskoden "28 Underhåll") inte särskilt högt utan betydligt lägre än det genomsnittliga effektuttaget vid vanlig körning.

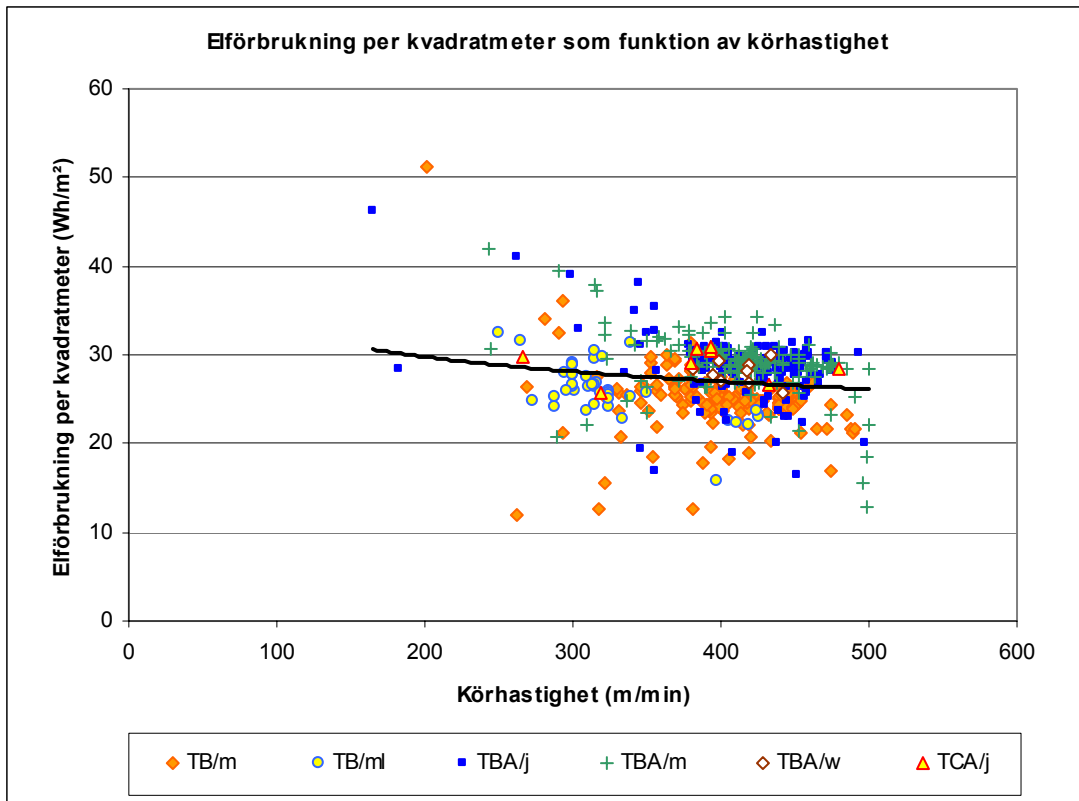
3.1.2.4 Undersökning av hur energiförbrukningen påverkas av produktionshastighet och produktionsätt

Olika produkter tillverkas på olika sätt, vilket gör att energiförbrukningen per producerad enhet blir olika stor för olika produkter. Figur 22 visar hur energiförbrukningen vid körning i maskin 22 varierar för olika produkter, uppdelat både efter kvalitetsbenämning och efter storlekskod. Beräkningarna bygger på värden för januari och februari år 2004. För säkrare resultat krävs att ett större underlag används. Exempelvis beställdes bara två order med TBA/j och storlekskod 630, varav det ena beräknade värdet var betydligt högre än det andra. För TBA/m med storlekskod 812 bygger siffrorna på en enda order. Med ett större underlag hade kanske energiförbrukningen för dessa två produkter varit mer lik den för övriga produkter.

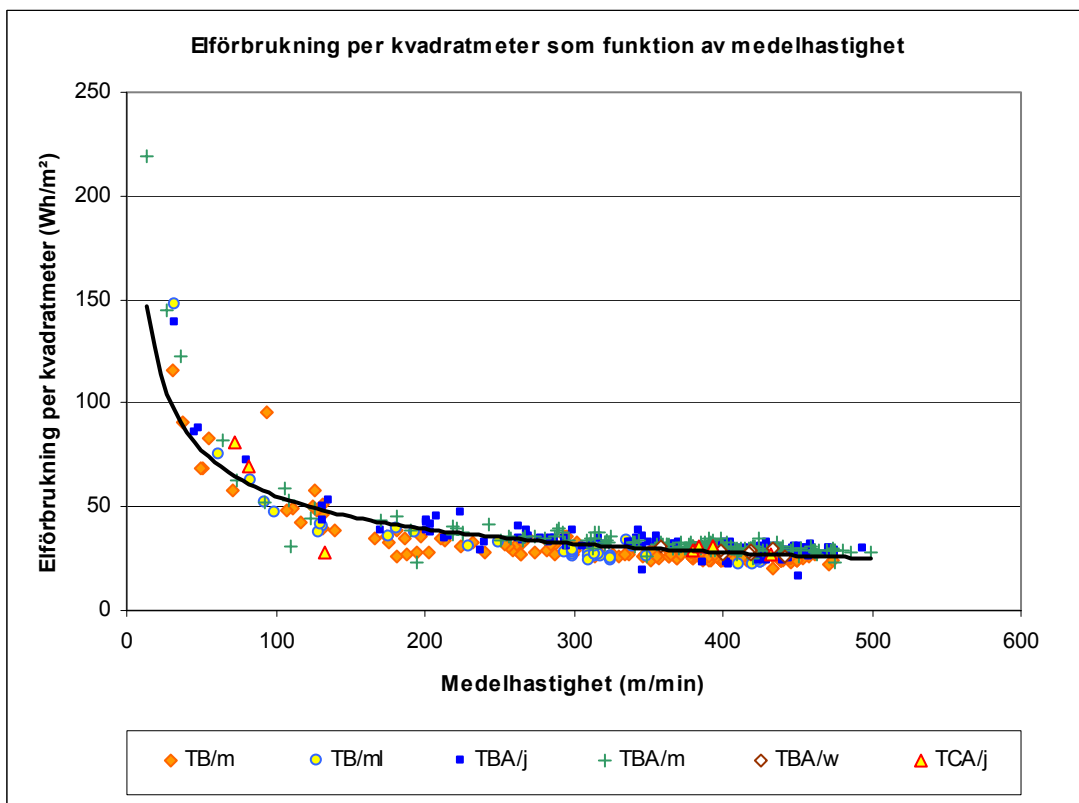


Figur 22 Genomsnittlig elförbrukning per producerad kvadratmeter för produkter med olika kvalitetsbenämning och storlekskod i maskin 22

Produktionshastigheten inverkar dock också, och spridningen mellan olika order är stor. Energiförbrukningens generella beroende av dessa faktorer har beräknats och framgår i Figur 23 och 24.



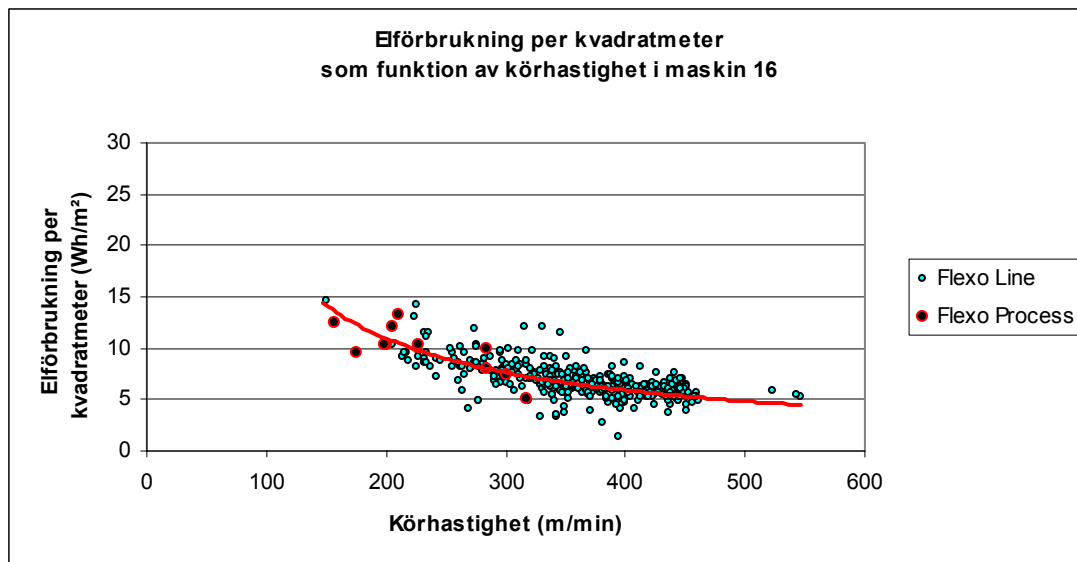
Figur 23 Energiförbrukning som funktion av körhastighet för olika produkter i maskin 22



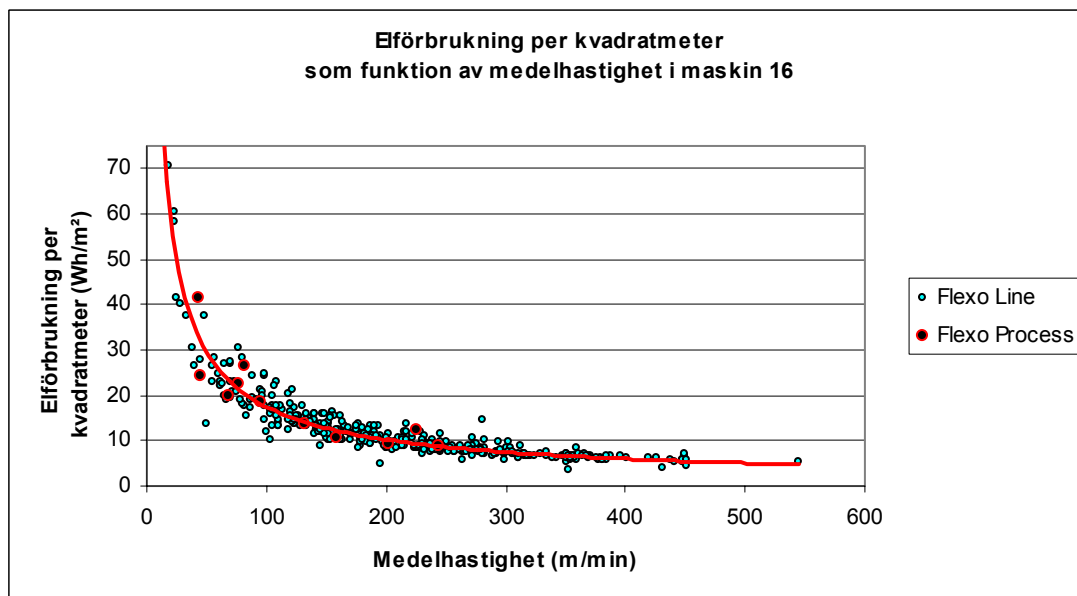
Figur 24 Energiförbrukning som funktion av medelhastighet för olika produkter i maskin 22

Som framgår i Figur 23 och 24 är spridningen relativt stor. Generellt gäller att produkter med aseptiska egenskaper (TBA och TCA) kräver en högre energiförbrukning, vilket även kunde

ses i Figur 22 på sida 22. Det framgår också tydligt att den totala energiförbrukningen påverkas mycket av inställningstid och stopptid, eftersom det är motsvarande aktiviteter som medför skillnaden mellan kör- och medelhastighet. Enligt gällande rapporteringssystem är det vid inställning och stopp en enskild order som belastas, så att t ex inställning följt av körning av flera likadana order medför en total tidsåtgång som är högre för den första ordern än de övriga. Även energiförbrukningen blir därmed högre för den första ordern.



Figur 25 Energiförbrukning som funktion av körhastighet för olika tryckmetoder i maskin 16



Figur 26 Energiförbrukning som funktion av medelhastighet för olika tryckmetoder i maskin 16

Figur 25 och 26 visar elförbrukningen i maskin 16. Vid tryckning spelar produktvalet mindre roll; ordena är uppdelade efter tryckmetod. Den övervägande majoriteten av alla order trycks med metoden flexo line och bara en mindre del med flexo process vilket gör att underlaget är för litet för att dra några säkra slutsatser om skillnader i energiförbrukning för de båda metoderna, men möjligen kan man ana att man vid flexo process, som är en mer komplicerad tryckmetod än flexo line, generellt håller en lägre produktionshastighet.

Med ett större underlag skulle man kunna använda beräkningar som ovan för att göra säkrare prognoser över hur mycket elenergi som kommer att gå åt en viss månad om man känner till produktmixen. Informationen behövs om man vill kunna dra säkrare slutsatser från analys av t ex en effektivisering av något slag som råkar sammanfalla med förändringar i produktmixen, för att veta vad en eventuell förändrad energiförbrukning beror på.

Med mer aktivt utnyttjande av EnergiDirigent skulle man kunna lära sig vad den stora spridningen mellan olika order beror på och eventuellt ändra driftstrategi för att få en effektivare energianvändning.

3.1.3 EnergiDirigent för presentation

Om man inte behöver göra några beräkningar på mätvärdena går det bra att använda programmet Micbild för presentation av värdena. I programmet kan man bl a ta fram tidsdiagram över de olika mätobjekten baserade på valfria mätvärdesfiler, och det finns även en funktion för automatiska rapportsammanställningar.

Faktum är att en del mätvärden inte lagras i några filer (även om man kan lägga till funktioner för detta om behov skulle uppstå) och dessa mätvärden kan därför bara studeras i realtid. Detta gäller bl a för effektfaktor och för reaktiv effekt (som dock lagras för S2 och S3). Dessa storheter kan vara speciellt intressanta att titta på för att få rätt dimensionering vid exempelvis nyköp av maskiner eller byte av motorer på befintliga maskiner.

Reaktiv effekt fås genom multiplikation av spänning och ström som inte ligger i fas, till skillnad från aktiv effekt där spänningen och strömmen ligger i fas. Medan aktiv energi kan omvandlas till ett fysikaliskt arbete, används reaktiv energi för att t ex bygga upp magnetfält i motorer. Oftast har elleverantören ett högsta värde av hur stor andel reaktiv effekt man får ta ut och kräver straffavgifter om detta värde överskrids. Vidare medför en minskning av den reaktiva effekten även en minskning förluster i form av aktiv effekt. Om man studerar effektfaktorn, som anger förhållandet mellan aktiv och reaktiv effekt, kan man även få en bild av utnyttjandegraden av maskinerna. Exempelvis har en asynkronmotor som körs med en belastning på 100 % en effektfaktor på 0,85; vid en belastning på 50 % är effektfaktorn 0,73. [3.],[17.]

3.2 Laststyrning

Ett elabonnemang består framför allt av två delar; dels betalar man för mängden energi man förbrukar, dels betalar man en avgift för det högsta timmedeleffektuttaget man har haft under en viss period, vanligtvis ett år eller en månad. Den senare avgiften tas ut eftersom elnätet måste dimensioneras efter det största väntade effektuttaget, och denna kostnad läggs i hög grad på de största effektförbrukarna. Överskrider man elabonnemangets storlek, d v s om man tar ut mer effekt än vad man betalar för, tillkommer straffavgifter för detta. [7.],[16.]

Idén med laststyrning är att man sprider ut energiförbrukningen över tiden genom att koppla in och ur vissa valda elförbrukande enheter så att medelvärdet av effekten under en timme aldrig passerar ett på förhand bestämt värde. Därigenom kan man minska de högsta effekttopparna så att man hamnar på en lägre abonnemangskostnad och man undviker straffavgifter för överskridande av abonnemangsstorleken. [16.]

Om man vill använda EnergiDirigent för laststyrning är det dock olämpligt att styra maskiner som behövs i produktionen. Vad man däremot kan styra är enheter som inte behövs direkt i produktionen så som fläktar, värme- och kylanläggningar och tryckluftskompressorer –

enheter som kan vara ur drift en kortare period utan allvarliga konsekvenser för människor eller produktion. Man sätter då upp speciella regler för under vilka förhållanden dessa enheter kan vara ur drift – till exempel att en kylanläggning kan vara ur drift till dess att temperaturen överskrider ett visst värde, eller att en kompressor kan vara ur drift till dess att trycket sjunker under ett visst värde.

Redan idag sker en viss laststyrning på TPPM, men inte med EnergiDirigent utan med det sedan tidigare befintliga FIX-systemet. Om man vill använda EnergiDirigent för laststyrning på TPPM kan man utnyttja det befintliga FIX-systemet eftersom EnergiDirigent kan kommunicera med detta. Huruvida användandet av laststyrning på TPPM bör utvecklas eller inte diskuteras mer i stycke 5.5.

3.3 Andra funktioner

EnergiDirigent kan även användas för tidsstyrning, vilket innebär att enheter kopplas in och ur enligt ett visst tidsschema. För detta ändamål är redan FIX-systemet i bruk, men om man skulle vilja sköta styrningen via EnergiDirigent går det bra.

Vidare kan EnergiDirigent även användas för övervakning och alarmering. Man låter då EnergiDirigent skicka ut ett larm när ett speciellt kriterium uppfylls, t ex då något kritiskt värde överskrids eller om kommunikationen mellan mätare och centralenhet upphör. Larm kan skickas på olika sätt, t ex lokalt eller via skrivare, sms eller e-post. [19.]

4 Felkällor och kompensation för dessa

Som nämnts i avsnitt 2.5 har det varit en del problem med mätningarna sedan installationen av EnergiDirigent. I beräkningar i avsnitt 3.1.1.3 då mätvärden från före den 8 oktober 2003 ingår har linjär interpolation använts för att uppskatta förlorade data. Detta gäller för mätvärden i juli 2002 som endast har mätvärden för de första tio dagarna i månaden, augusti 2003, som saknar värden för de första sju dagarna på månaden, mätvärden för september 2003 som saknar data från de sista åtta dagarna och mätvärden för oktober 2003 som saknar data från de första sju dagarna.

Vidare uppstår det en osäkerhet när man använder sig av mätvärden som är lagrade i tiominutersintervall när dessa ska användas tillsammans med värden som är lagrade med godtyckliga intervall. Vid uträkningar av energiförbrukning för olika aktiviteter, i avsnitt 3.1.2, har medeleffekt beräknats för alla hela tiominutersperioder som inte sträcker sig över aktivitetsskiften (exempelvis för en körning mellan 12.03 och 12.45 skulle bara tiden från 12.10 till 12.40 användas). Uträknad medeleffekt har sedan antagits gälla för varje aktivitet vid de tiominutersperioder där mer än en aktivitet förekommer (d v s för tiden 12.03 till 12.10 och för 12.40 till 12.45 i föregående exempel).

Beräkningar i avsnitt 3.1.2 bygger till stor del på data från Business Objects. För en del order är dock vissa värden i Business Objects defekta. Exempelvis hade minst 2,4 % eller 15 av de sammanlagt 616 orderna i maskin 22 i januari och februari 2004 oriktiga värden. För 11 av dessa order hade angivits en hastighet som överskred den teoretiskt möjliga, tre av dem hade hastighet noll (trots att material producerats) och för en order var den angivna hastigheten negativ. Ofta har en order med för hög angiven hastighet efterföljts av en order med väldigt låg hastighet, vilket tyder på att tidsrapporteringen gynnat en order på bekostnad av en annan. De order som med stor sannolikhet haft fel mätvärden har tagits bort ur beräkningsunderlaget, men det är omöjligt att veta hur många av de övriga orderna som inte är helt korrekta.

Slutligen anges i Business Objects tyvärr inte ett specifikt klockslag för när arbetet med en enskild order börjar och slutar inom en viss aktivitet, utan gemensamma klockslag för samtliga order som varit inblandade under tiden för aktuell aktivitet. I några fall har en viss order körts flera gånger omväxlande med andra order under en och samma aktivitetsperiod, vilket gjort att den totala energiförbrukningen för dessa order blivit något mer approximativ. Ett klockslag när en enskild order är helt färdig med alla processer kan erhållas, vilket kan vara till stor hjälp, men vissa klockslag måste letas upp i programmet Pro Analyse, order för order. Dessa problem gör analysarbetet komplicerat och tidskrävande.

Som nämnts i stycke 2.5 har mätvärden från mätare 21 på T108-3 varit felaktiga och har i denna rapport därför ersatts med mätvärden från mätare 9, med kompensation för förluster. Transformatorvärdena har bestämts så att förlusterna blir 4,57 %. (Med andra ord är mätvärdena från mätare 9 alltså 95,43 % av de beräknade transformatorvärdena.) Uppskattningen av förlustandelen grundas på förlusterna i T108-6 och T108-5 som är 4,78 % respektive 4,45 %. Rimligheten i att ersätta transformatormätningarna enligt ovan kan bedömas så snart felet med mätare 21 är åtgärdat och nya mätvärden samlats in.

5 Diskussion och förslag till uppföljning

5.1 Åtgärder för att öka användandet av EnergiDirigent

För att användandet av EnergiDirigent ska öka krävs det att fler personer lär sig hur EnergiDirigent fungerar. Som det ser ut i dag är det framför allt en person på TPPM som är noga insatt i EnergiDirigent.

Programmet Micbild är möjligtvis inte optimalt i fråga om användarvänlighet men det krävs inte så mycket för att lära sig hur det används. Programmet kan installeras på flera datorer utan några extra licenskostnader. Behörighet kan ställas in om man vill att användare bara ska kunna använda programmet för presentation och konvertering av mätvärdesfiler och inte kunna ändra programinstruktioner till Microflex. [6.]

Vidare borde all dokumentation som rör EnergiDirigent, eller åtminstone information om var olika delar av dokumentationen finns, vara samlad på ett ställe.

5.2 Åtgärder för att göra data från EnergiDirigent mer tillförlitlig

Det är osäkert om det kommer att uppstå nya fel på elmätningarna eller om felen är korrigerade en gång för alla. Om EnergiDirigent ska användas i större utsträckning än idag och det fortsätter att uppstå nya fel på mätningar kan det vara lämpligt att gå till botten med varför dessa fel uppstår. EnergiDirigents larmfunktion skulle kunna användas för att larma om pulser från mätare försvinner för att man snabbt ska få kännedom om nya fel.

Om det finns ett intresse av att använda data från gasmätningarna bör gasmätarna kalibreras så att de anger korrekta värden. Felet på elmätare 21 håller som nämnts på att åtgärdas.

För att eventuella nya fel ska åtgärdas så snabbt som möjligt borde ansvarsområden klargöras.

5.3 Åtgärder för att göra data från FIX-systemet mer användbar och lätthanterlig

Programmet Business Objects kan förslagsvis utvecklas så att man får ut data både om vilken aktivitet och exakt vilken order som är i gång vid varje tidpunkt. Eftersom denna information kan presenteras grafiskt i Pro Analyse borde det vara möjligt att lägga till funktionen även för datapresentation i Business Objects. Vinsten skulle vara att man på ett smidigt sätt kan få fram tillförlitlig data för vidare analys av energiförbrukning.

För att all data ska vara användbar fullt ut krävs det att rapporteringen från maskinoperatörerna är korrekt. Som det ser ut idag förekommer en del felaktigheter vilket bl a yttrar sig i rapporter om maskinhastigheter som överskrider vad som är teoretiskt möjligt. Detta försvårar analysarbetet och minskar tillförlitligheten i resultaten. [12.],[13.]

5.4 Åtgärder för att minska energianvändningen på TPPM

För att göra de stora energibesparingarna bör man fokusera på de stora energiförbrukarna. Den enskilt största elförbrukande enheten på TPPM är maskin 22. Man känner till områden på vilka maskinen kan förbättras, exempelvis i fråga om utnyttjande av friktionsvärme för att

sänka extrudertemperaturerna. Samtidigt är maskin 22 en av de mer komplexa enheterna och uppges av flera anställda redan vara energieffektiv.

Å andra sidan ska man inte ignorera så kallade lågt hängande frukter som kan ge snabba och enkla besparingar; t ex kan man undersöka möjligheterna att bryta strömmen för maskiner när de inte är i drift. Åtgärder som att täta läckor i tryckluftssystemet och att installera tidur eller rörelsedetektorer på t ex belysning, kan också räknas till enkla effektiviseringar som ändå kan ge väsentliga besparingar.

5.4.1 Effektivare produktion

Ett antal faktorer som inverkar på energiförbrukningen har identifierats, bl a hur mycket elenergi olika maskiner förbrukar, hur förbrukningen varierar med olika aktiviteter, vilken inverkan kör- och medelhastigheten i maskiner har, samt hur olika produkter eller produktionssätt är olika elenergikrävande. Resultaten i rapporten ger en bild av vad som har störst inverkan på energiförbrukningen och kan förhoppningsvis användas som underlag vid diskussioner om vilka områden kommande insatser ska göras inom.

För att få en fullständig bild av vad energiförbrukningen bestäms av skulle man kunna utföra en testserie för den eller de maskiner man är intresserad av. Ett schema skulle då sättas upp med olika aktiviteter och olika produkter och produktionshastigheten i maskinen skulle varieras enligt en förutbestämd plan. Noggranna loggningar av tider och delmoment vore förstås en förutsättning för att man skulle kunna tolka resultaten från EnergiDirigent rätt. Viktigt vid en undersökning som ovan är att man använder sig av tillräckligt långa tidsintervall mellan varje delmoment så att EnergiDirigent kan logga hela perioder. Om allt skulle gå väl skulle man efter en del beräkningar erhålla en ekvation som exakt beskriver en maskins energiförbrukning som funktion av användandet av alla olika element i maskinen.

Om man vill utnyttja EnergiDirigent fullt ut borde det utses någon som analyserar data från EnergiDirigent och som helst är väl insatt i produktionen för att veta vad analyserna ska fokusera på. Vid sådant arbete skulle det vara en stor hjälp med någon form av dataprogram som gör att analysen kan ske mer automatiskt än idag. Det bästa vore kanske ett system där man i en databas lagrar information av olika slag som energiförbrukning för en viss tidsperiod och för en viss produkt. Olika databasfunktioner skulle sedan kunna läggas till efter hand, så att t ex alla värden som avviker från det normala identifieras automatiskt, eller så att man kan följa en produkts totala energiförbrukning genom alla maskiner.

Företaget Powerit MIC AB som utvecklat programvaran till EnergiDirigent har en utökad version som innehåller funktion för databashantering. Om denna programvara skulle inköpas eller om man skulle utveckla egen programvara måste undersökas. Man kan även köpa energieffektiviseringstjänster av Tetra Pak Business Support. Man får då hjälp med mätning, uppföljning och rådgivning. För närvarande finns inga funktioner för samkörning av data från andra applikationer för att utföra beräkningar på hur energiförbrukningen varierar med produktionshastigheten och annat som föreslås i avsnitt 3.1.2, utan vid intresse måste dylika funktioner i så fall först skapas. [7.]

5.4.2 Minskat användande av tryckluft

Som nämnts i stycke 3.1.1.2 hade TPPM första veckoslutet i januari ett effektuttag på cirka 420 kW för produktion av tryckluft, värme och kyla. Vid tillfällen då TPPM inte bedriver någon verksamhet sker heller ingen produktiv förbrukning av tryckluft, d v s all tryckluft som förbrukas beror på förluster i form av läckor i systemet. I det ideala fallet skulle det inte spela

någon roll om tryckluftskompressorerna var på eller av på helgtid eftersom trycket skulle förbli konstant men i verkligheten kommer läckor att göra att trycket sjunker så fort man stänger av kompressorerna. Man kan därför inte bara stänga av tryckluftskompressorerna på helger, eftersom detta skulle få negativa konsekvenser i vissa maskiner som t ex kräver ett visst lägsta tryck för att hålla uppe kolvar. [8.]

För att minska tryckluftsförbrukningen bör man jobba mer med att upptäcka och tätta läckor. På Tetra Pak räknar man med att ett enda hål på fem millimeter i en tryckluftsledning orsakar ett läckage som kostar 25 000 kr om året. Den totala kostnaden för tryckluftsläckage på Tetra Pak i Lund är uppskattningsvis 300 000 kr per år. [26.] För att upptäcka läckor finns det speciella instrument, men större läckor kan även upptäckas om man går runt på avdelningarna och lyssnar en vanlig helg utan övertidsarbete. [8.]

I förlängningen bör man installera tryckluftsmätare för att ha bättre koll på tryckluftskonsumtionen och debiteringen för denna. Eftersom ledningarna förgrenas och går ut till andra bolag än TPPM krävs det mätare vid förgreningarna också. Med tryckluftsmätare skulle man få en rättvisande bild av hur stor konsumtionen är just på TPPM, vilket kan ligga till grund för debiteringen – istället för att som nu använda schablonberäkningar. Specifika, individuella debiteringar skulle skapa större incitament att göra något åt läckagen.

I den mån det är möjligt bör man övergå till elmaskiner eftersom dessa har en bättre verkningsgrad än tryckluftsdrivna maskiner, vilka kan ha en verkningsgrad på endast 4-5 %. [5.]

5.4.3 Minskat användande av övrig el

Förbrukning av övrig el varierade något mellan helg- och vardagar i januari, men gick sällan under 430 kW. En stor del av denna bakgrundsbrukning av el går åt för ventilation. Idag går de stora ventilationsaggregatens fläktar ner på halvfart på helgtid då ingen produktion sker (vid övertidsarbete skickas signaler från styrsystemet FIX så att fläktarna går igång på full fart) [8.]. Kanske finns det möjlighet att sänka ventilationen ytterligare vid tidpunkter då ingen produktion sker, genom att införa frekvensstyrning på fläktarna. Detta skulle inte spara enbart den energi som går åt att driva fläktarna utan även energi som går åt för att värma eller kyla luften. Även belysning och andra elektriska enheter som inte behöver vara igång vid vissa tidpunkter skulle kunna stängas av automatiskt med hjälp av tidur, rörelsedetektorer och eventuellt FIX-systemet för att få ned onödig energiförbrukning ytterligare.

5.5 Bolagsöverskridande åtgärder

Som beskrivits i avsnitt 3.2 har EnergiDirigent funktioner för laststyrning. Att införa laststyrning på TPPM är förmodligen inget att rekommendera, bl a eftersom TPPM inte har något eget elabonnemang. I värsta fall kan en laststyrning på TPPM innebära en suboptimering som medför att Tetra Paks totala effektuttag ökar vid en viss tidpunkt som inte sammanfaller med TPPMs högsta effektuttag. Ska en laststyrning ske så bör den ske under samordnade förhållanden, eventuellt under bolaget TPBuS ansvar. I Figur 7 som visar timmedeleffektuttaget på Tetra Pak och på TPPM kan man se tydliga dagliga effekttoppar för Tetra Paks Råbyholmsanläggning. Om dessa toppar kunde jämnas ut över dygnet skulle den maximala effekten per månad sänkas markant, tillsammans med elabonnemangskostnaderna. Dagens effektavgifter uppges dock inte vara tillräckligt höga för att motivera några dyra investeringar på Tetra Pak i Lund. [7.]

För närvarande debiteras inte TPPM i sig för sitt effektuttag utan endast för energiförbrukningen. Ekonomiska styrmedel visar sig ofta fungera bra och att göra varje bolag ekonomiskt ansvarigt för sin egen effektanvändning skulle skapa incitament för att genomföra åtgärder mot höga effektuttag. Risken för suboptimering som nämnts ovan blir emellertid åter aktuell då och måste i så fall undersökas närmare.

5.6 Jämförelse med andra Tetra Pak-anläggningar i världen

EnergiDirigent skulle kunna användas för benchmarking mellan Råbyholmsanläggningen och andra anläggningar. Är elförbrukningen per producerad enhet på Tetra Pak högre på anläggningar i Sverige än andra anläggningar i världen? Denna fråga borde vara värd att undersökas närmare eftersom besparingar då uppenbarligen kan göras.

Att energianvändningen inom industrin generellt sett skulle vara högre i Sverige än på kontinenten har bl a undersökts i en doktorsavhandling av Dag Süleyman. Süleyman har studerat två likvärdiga Volvo-anläggningar i Sverige och i Belgien och visat att elförbrukningen per producerad enhet på anläggningen i Sverige är ungefär dubbelt så hög som den i Belgien. Den främsta anledningen till den högre elanvändningen på anläggningen i Sverige visar sig vara den stora skillnaden i priset på el i de båda länderna. Elpriset är cirka hälften så högt i Sverige vilket gör att kostnaderna för el blir ungefär lika stora för de båda anläggningarna. Liknande observationer har gjorts för Electrolux och författaren är inte främmande för att en onödigt hög elkonsumention förekommer på flera håll inom den svenska industrin. [5.]

Utvecklingen går mot en gemensam europeisk elmarknad. Detta betyder att åtgärder för att minska elanvändningen blir mer värda, eftersom elpriset kommer att bli högre än vad det är i Sverige idag.

6 Slutsatser och sammanfattning

Ett av Tetra Pak-koncernens miljömål är att senast år 2005 ha uppnått en förbättring i energieffektivitet (mätt i energi per producerad förpackning) med totalt 15 % jämfört med basåret 2002. Att Tetra Pak har formulerat detta mål för hela företaget signalerar att man tar miljöfrågorna på allvar samtidigt som chanserna för ett bra genomslag förbättras. Förutom minskade utsläpp av koldioxid och annan miljöpåverkan medföljer även andra positiva effekter så som minskade kostnader och ökad effektivitet för företaget.

I det kontinuerliga effektiviseringsarbetet spelar mätning av olika slag en central roll. Generellt kan man säga att EnergiDirigent har goda förutsättningar för att aktivt användas som internmätssystem så som det är idag, och skulle behovet uppstå kan man ansluta nya mätare. För bästa resultat krävs dock att mätningarna analyseras och efterföljs av åtgärder i högre grad än vad som görs idag.

En del problem med själva mätningarna har identifierats. Mätvärden loggas hela tiden och ett stort material finns arkiverat för framtida analyser, även om en del av denna information är defekt och oanvändbar. Bara en liten del av all tillgänglig information används idag så det finns potential att använda EnergiDirigent i betydligt större utsträckning.

EnergiDirigent har i och för sig utvecklats för laststyrning, men för TPPMs del kan fokus ändå ligga kvar på dess internmätfunktion. Mätvärden från EnergiDirigent kan användas antingen för sig själva eller tillsammans med data från annan programvara, beroende på vad man vill utreda. Ett antal olika användningsområden har presenterats i detta arbete tillsammans med resultat av utförda undersökningar. Olika samband för vad som påverkar energiförbrukningen har visats för enskilda maskiner och för produktionen och verksamheten på TPPM i stort. Bland annat har det visats att en hög produktionshastighet medför lägre energiförbrukning per producerad enhet och att inställningar och stopp i produktionen har stor inverkan på energieffektiviteten. Det har även konstaterats att bakgrundsförbrukning av el till tryckluft, värme och kyla samt övrig el är hög, vilket tydligast framgår av det höga effektuttaget på helgtid då ingen verksamhet bedrivs.

För att EnergiDirigent ska kunna användas bättre krävs det att fler lär sig systemet. De problem som gör att felaktiga mätvärden genereras måste åtgärdas. För korrekta slutsatser krävs även att maskinoperatörernas rapportering sker korrekt. Ny skräddarsydd programvara skulle kunna underlätta analysarbetet väsentligt.

För bästa resultat ifråga om energieffektivisering borde någon som är insatt i produktionen följa och löpande analysera informationen från EnergiDirigent. En sådan person skulle kunna bedöma vilka områden som är intressantast att studera och om åtgärder ska sättas in mot de största energiförbrukande enheterna inom produktionen, vilket förmodligen innebär ett relativt komplext arbete, eller om arbetet i första hand skulle inriktas på mindre invecklade problem som den höga bakgrundsförbrukningen av el till tryckluft, värme och kyla och övrig el.

Som det ser ut idag finns det inga ekonomiska incitament till att använda EnergiDirigent för laststyrning på TPPM. Däremot skulle en utökad laststyrning på hela Råbyholmsanläggningen

kunna medföra besparingar, men ansvaret skulle då snarare ligga hos Tetra Pak Business Support.

Slutligen skulle det vara intressant att se hur elförbrukningen ser ut på andra motsvarande bolag inom Tetra Pak ute i världen. Om Tetra Pak-anläggningar i Sverige länge har blivit erbjudna billig el, kan det finnas mycket att lära från anläggningar som haft hårdare krav på energieffektivitet på grund av högre priser runt om i världen. Svenska företag, Tetra Pak inräknat, håller i samband med rådande utvecklingen mot en gemensam europeisk elmarknad på att förlora den konkurrensfördel som billig svensk el bidragit med i många år.

Referenser

Tryckta referenser

- [1.] **Karlsson, M. & Rodhe, H. (red.)** (2003) *Textbook on Cleaner Production*. IIEEE. Lund: KFS AB. ISSN 1650-1675. s. 2-5.
- [2.] **Brown, M. & Kuhel, G.** (2001) *Using ANSI/MSE 2000 to Enhance Energy Productivity*. 2001 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Industry, Proceedings Volume 1. Washington, D.C.: ACEEE. ISBN 0-918249-47-3. s. 1-10.
- [3.] *Miljöredovisning 2003*. (2004) Miljöredovisning för Tetra Pak i Sverige. Tetra Pak Sverige AB. Stockholm: Jernström Offset.
- [4.] **Alaküla, M., Gertmar, L. & Samuelsson, O.** (2003) *Elenergiteknik*. Lund: KFS AB. s. 51-72.
- [5.] **Süleyman, D.** (2000) *Volvo Faces a Deregulated European Electricity Market*. Dissertation No. 663. Linköping: Linköpings Universitet. ISBN 91-7219-897-2/4. ISSN 0345-7524. s. 133-137.

Personliga referenser

- [6.] **Norrsén, Thomas.** (2004) Powerit MIC, Lund.
- [7.] **Nilsson, Patrik.** (2004) Energi/miljöansvarig. Tetra Pak Business Support AB, Lund.
- [8.] **Nyberg, Cay.** (2004) Fastighetsansvarig. TPPM Lund AB, Lund.
- [9.] **Nikander, Timo.** (2004) Automationsingenjör, TPPM Lund AB, Lund.
- [10.] **Granholm, Sara.** (2004) Miljökoordinator, TPPM, Lund.
- [11.] **Olsson, Sten-Åke.** (02-2004) Teknikchef (fram till 03-2004) TPPM Lund AB, Lund.
- [12.] **Nilsson, Peter.** (2004) Prepresschef, TPPM Lund AB, Lund.
- [13.] **Lundell, Per.** (2004) Systemägare PPM, TPPM Lund AB, Lund.

Internet

- [14.] *Energiläget 2003*. (2004) Energimyndigheten. Tillgänglig: <[http://www.stem.se/web/biblshop.nsf/FilAtkomst/ET20_03.pdf/\\$FILE/ET20_03.pdf?OpenElement](http://www.stem.se/web/biblshop.nsf/FilAtkomst/ET20_03.pdf/$FILE/ET20_03.pdf?OpenElement)> [2004-06-01] s. 45-49.
- [15.] *Volym Frågor och svar*. (2002) SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut. Utgivare Staffan Ljung. Tillgänglig: <<http://www.sp.se/metrology/volume/sv/fragor.htm>> [2004-04-06].
- [16.] *Powerit ECS*. (2003) Powerit MIC AB. Tillgänglig: <<http://www.powerit.se/MIC/sve/ecs.htm>> [2004-05-18].
- [17.] **Kjersem, O. E.** (2003) *Reaktiv effekt og energibruk*. Kurs i reaktiv effekt och energianvändning, vid Enøk-senteret AS. Tillgänglig: <<http://www.enok-senteret.no/bedrift/seminar/Reaktiv%20effekt%20og%20st%F8y.pdf>> [2004-05-26]

Internt material

- [18.] **Granholm, Sara.** (2004) *Miljörapport 2003*. TPPM Lund AB, Lund.
- [19.] **Hansson, Marcus & Sahlin, Magnus.** (1999) *Energiutredning vid Tetra Pak Packaging Materials AB i Lund enligt Energiopen* (Inklusive *EnergiDirigent™ Företagspresentation*). Sydkraft Elförsäljning AB.
- [20.] **Olofsson, Carina.** (1999) Protokoll. Energimöte Quality Assurance, 1999-04-29. TPPM Lund AB, Lund.
- [21.] *Stationsschema, Råbyholmsområdet*. (1999) Tetra Pak Business Support AB, Lund.
- [22.] *Elcentraler*. Ritningar och tabeller. Tetra Pak Business Support AB, Lund.
- [23.] *Current and Voltage Controls, Smart Power Meter, Type SPT-DIN*. (1999) Produktspecifikation. Carlo Gavazzi Instruments.
- [24.] **Nikander, Timo & Johansson, Victoria.** (2001-2004) *Energiförbrukning 2001*, till *Energiförbrukning 2003* samt april månads version av *Energiförbrukning 2004*. TPPM Lund AB respektive Tetra Pak Business Support AB, Lund.
- [25.] **Granholm, Sara.** (2004). *Energiuppföljning 2004*. TPPM Lund AB, Lund.
- [26.] *Stoppa onödan! Information om Tetra Paks energiförbrukning*. Informationsbroschyr. Tetra Pak Business Support AB, Lund.

Appendix: Mätvärdesfiler

Varje mätvärdesfil är uppbyggd enligt följande: datum i första kolumnen, klockslag i andra och värden enligt de olika rubrikerna i de följande (maximalt 16) kolumnerna.

Ett timvärde innebär ett värde för den senaste timmen, enligt hh:00:05. Exempelvis betyder 14:00:05 ett värde för timmen mellan 13.00.05 och 14.00.05. För 10-minutersvärde gäller motsvarande. Månadsvärdena fungerar likadant och mäter alltid kl. 00.00.05 den sammanlagda förbrukningen under föregående månad så att exempelvis värdet för 2004-01-01 innehåller förbrukning för hela december år 2003.

Många av mätfilerna börjar med några värden från tidsoregelbunda mätningar; regelbundna mätningar börjar komma tidigast april 2000, vilket ger mätvärden för mars och framåt. När filer blir för stora, vilket sker oftare för mätvärdesfiler med kortare loggintervall, lagras värdena efter hand över i arkivfiler och kan plockas fram i programmet Micbild.

Att använda mätvärdesfilerna

En person som vill använda data från mätvärdesfilerna kan följa proceduren nedan:

1. Vilket mätobjekt ska undersökas?
 - Titta i Tabell 1 för att ta reda vilken eller vilka mätare som hör till objektet.
 - Alternativt, titta i Tabell 2 om någon av dessa objekt ska undersökas.
2. I vilken fil finns mätvärdena?
 - Titta i Tabell 3 för det tidsintervall man vill studera och leta upp i vilken fil mätarens mätvärden förekommer.
 - Notera mätvärdets enhet eftersom denna inte finns angiven i mätvärdesfilen.
3. Öppna filen i programmet MIC-bild och konvertera filen till Excel- eller Lotus-1-2-3-format för vidare behandling.

Anmärkningar till mätvärdesfilerna

- Maskin 12, maskin 16, maskin 21 och maskin 22 har två mätpunkter vardera. För att beräkna den totala energiförbrukningen eller det totala effektuttaget i någon av dessa maskiner måste man addera värdena från respektive maskins båda mätare.
- På grund av ett fel i mätare 21 bör defekta mätvärden från denna mätare inte användas som de är (gäller för värden åtminstone fram till juni 2004). Defekta mätvärden måste om de ska användas först korrigeras; alternativt kan man använda mätvärden från mätare 9 med kompensation för förluster.
- INS4 syftar på S3 och borde således heta INS3.
- Rubriker som börjar med CH, t ex CH_7 är oanvända platser. Eftersom samtliga tillhörande "mätvärden" därför är lika med noll är alltså dessa ointressanta och har utelämnats i tabellerna.

Tabell 1 El- och gasmätare kopplade till TPPMs EnergiDirigent

Elm.	Objekt	Elm.	Objekt	Gasm.	Objekt
1	Maskin 10	17	Transformator 105-1	G1	Tork 1, maskin 10
2	Plastmatning	18	Transformator 105-2	G2	Tork 2, maskin 10
3	Zeolitanläggning	19	Transformator 105-3	G3	Tork 3, maskin 10
4	Maskin 12	20	Transformator 108-2	G4	Treating, maskin 10
5	Maskin 12	21	Transformator 108-3	G5	Tork, maskin 12
6	Maskin 16	22	Transformator 106-1	G6	Treating, maskin 12
7	Maskin 16	23	Transformator 106-2	G7	Tork, maskin 16
8	Maskin 21	24	Transformator 106-3	G8	Treating, maskin 16
9	Maskin 21	25	Transformator 106-4	G9	Treating, maskin 21
10	Maskin 22	26	Transformator 108-5	G10	Treating, maskin 22
11	Maskin 22	27	Transformator 108-6	G11	Zeolitanläggningen
12	Maskin 58	28	Transformator 203-1	G12	Foliematen
13	Maskin 53	29	Transformator 203-2	G13	Huvudmätning
14	Maskin 54	30	Transformator 203-3		
15	Maskin 55	S2	Fördelningsstation S2		
16	Transportbana	S3	Fördelningsstation S3		

I mätvärdesfilerna föregås ovanstående mätarnummer av CNT vid energimätning och SPTDIN vid effektmätning. HV_CNT avser timmätvärden (HV för Hour Value).

Tabell 2 Övriga loggobjekt i EnergiDirigent

Övriga rubriker	Mäter
TOTKWH_TP	Total energi på Tetra Pak (beräknas efter S2 och S3)
TOTKVARH_TP	Total reaktiv energi på Tetra Pak (beräknas efter S2 och S3)
ENERGI_TOT	Energi på Tetra Pak sedan senaste tidskiftet
STYRGRÄNS	Fast värde; används bara vid laststyrning
EFF_TOT	Total effekt på Tetra Pak
EFF_BAS	Beräknat värde; används bara vid laststyrning
EFF_NED	Beräknat värde; används bara vid laststyrning
EFF_OBJ	Beräknat värde; används bara vid laststyrning
REAKTIV_TOT	Reaktiv effekt på Tetra Pak
CNT_PAS2	Aktiv effekt i S2, från mätare
CNT_PRS2	Reaktiv effekt i S2, från mätare
CNT_PAS3	Aktiv effekt i S3, från mätare
CNT_PRS3	Reaktiv effekt i S3, från mätare
ENERGI_TPPM	Energi på TPPM sedan senaste tidskiftet; beräknat värde
EFF_TPPM	Effekt på TPPM; beräknat värde
CNT_INS2	Effekt i S2, beräknad värde
CNT_INS4	Effekt i S3, beräknad värde; borde heta CNT_INS3
CNT_TPPM	Effekt på TPPM, beräknat värde

Tabell 3 Mätvärdesfiler och vilken information de innehåller

Typ av mätvärden	Filnamn	Innehåll	Enhet
Intervall: 1 månad Ackumulerade värden Värden uppdelade i Högtariff/lågtariff	2LOG_E1	CNT_1 till CNT_4	kWh
	2LOG_E2	CNT_5 till CNT_8	kWh
	2LOG_E3	CNT_9 till CNT_12	kWh
	2LOG_E4	CNT_13 till CNT_16	kWh
	2LOG_E5	CNT_17 till CNT_20	kWh
	2LOG_E6	CNT_21 till CNT_24	kWh
	2LOG_E7	CNT_25 till CNT_28	kWh
	2LOG_E8	CNT_29 och CNT_30	kWh
		CNT_TPPM	kWh

Typ av mätvärden	Filnamn	Innehåll	Enhet
Intervall: 1 månad Ackumulerade värden	2LOG_G1	CNT_G1 till CNT_G8	0,1·m ³
	2LOG_G2	CNT_G9 till CNT_G12	0,1·m ³
		CNT_G13	m ³

Fortsättning på nästa sida

Tabell 3 Mätvärdesfiler och vilken information de innehåller, fortsättning

Typ av mätvärden	Filnamn	Innehåll	Enhet
Intervall: 1 timme Ackumulerade värden	LOG_HV1	HV_CNT1 till HV_CNT16	kWh
	LOG_HV2	HV_CNT17 till HV_CNT30	kWh
	LOG_HV3	HV_PAS2	10·kWh
		HV_PRS2	10·kVArh
		HV_PAS3	10·kWh
		HV_PRS3	10·kVArh
		HV_TOTKWH_TP	10·kWh
		HV_TOTKVARH_TP	10·kVArh
	LOG_HVG1	HV_CNTG1 till HV_CNTG2	0,1·m ³
		HV_CNTG13	m ³

Typ av mätvärden	Filnamn	Innehåll	Enhet
Intervall: 10 minuter Ögonblicksvärden	LOGG_U1	SPTDIN_1 till SPTDIN_16	0,1·kW
	LOGG_U2	CNT_17 till CNT_30	kW
	LOG_ENE	ENERGI_TOT	10·kWh
		STYRGRÄNS	10·kW
		EFF_TOT	10·kW
		EFF_BAS	10·kW
		EFF_NED	10·kW
		EFF_OBJ	10·kW
		REAKTIV_TOT	10·kVArh
		CNT_PAS2	10·kW
		CNT_PRS2	10·kVAr
		CNT_PAS3	10·kW
		CNT_PRS3	10·kVAr
		ENERGI_TPPM	kWh
		EFF_TPPM	kW
		CNT_INS2	kW
		CNT_INS4	kW
		CNT_TPPM	kW

