

Sänkta energikostnader för Trioplast Landskrona AB och Trioplanex International AB

Olof Grände, Tobias Westerdahl

Examensarbete

Energihushållning
Institutionen för Energivetenskaper
LUNDS UNIVERSITET/LTH
Box 118, 221 00 Lund, Sverige



Förord

Detta examensarbete avslutar vår utbildning till civilingenjörer i Maskinteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Arbetet är utfört vid institutionen för Energivetenskaper på uppdrag av Trioplast Landskrona AB och Trioplanex International AB, och har genomförts under perioden juni till december 2008.

Vi skulle vilja tacka alla människor som gjort det möjligt för oss att slutföra vår uppgift. Den trevliga och hjälpsamma personal som vi kommit i kontakt med på företaget, inte minst Jörgen Cronholm och Lars Nilsson. Tack till Susanne Thygesson som varit vår handledare på företaget och den som ligger till grund för idén till arbetet samt Professor Lennart Thörnqvist som varit vår handledare på institutionen.

Lund, december 2008

Olof Grände & Tobias Westerdahl

Sammanfattning

I denna rapport beskrivs en energikartläggning samt ges förslag till effektivisering av energianvändningen hos Trioplast Landskrona AB och Trioplanex International AB i Landskrona. Syftet med detta är att sänka företagets energikostnader. Detta görs genom den tidigare nämnda energikartläggningen som genomförs med hjälp av okulära undersökningar, intervjuer, litteraturstudier och insamling av förslag från fabriken personal. En utvärdering genomförs för att hitta möjligheter att sänka energikostnaderna, vilket leder fram till ett antal olika förslag om hur detta ska kunna genomföras.

De åtgärder som föreslås bygger på resultatet av utvärderingen. Områden som tas upp är belysning, ventilation, tryckluft och vakuum, värmeåtervinning samt elöverföring. Belysningen kan sänkas antingen genom nedsläckning eller genom installation av rörelsesensorer. Ventilationen kan delvis stängas av samt effektiviseras genom renovering. Produktion av tryckluft och vakuum är ineffektivt, varför användning av dessa ifrågasätts. Exempel på åtgärder är byte av verktyg, borttagning av onödiga applikationer och installation av ackumulatortank i vakuumproduktionen. Förslaget om värmeåtervinning baseras på det faktum att stora mängder energi släpps ut genom skorstenen i förbränningsanläggningen. Detta spill kan användas i tryckeriet för att sänka torkugnarnas energianvändning. Slutligen bör delar av elöverföringen ses över då det finns förbättringspotential i abonnemanget och ställverken.

Den totala besparingspotentialen framtagna i arbetet för Trioplast Landskrona AB och Trioplanex International AB uppgår till nästan 5 % av dagens energianvändning.

Nyckelord: Trioplast Landskrona AB, Trioplanex International AB, Energitkartläggning, Energieffektivisering, Belysning, Ventilation, Tryckluft, Vakuum, Värmeåtervinning, Reaktiv effekt

Abstract

This thesis describes an energy mapping of the factory of Trioplast Landskrona AB och Trioplanex International AB and suggestions on how to make it more energy efficient. The purpose is to lower the company's energy utilization and costs. This is done by doing the energy mapping through ocular surveys, interviews, studies of literature and gathering of information from the staff of the factory. An evaluation shows that there are opportunities to decrease the energy cost.

The measures suggested are based on the results of the evaluation. The areas mentioned are lightning, ventilation, compressed air and vacuum, waste heat recovery and distribution of electricity in the factory. The lightning can be decreased either by turning it off permanently or by installing movement sensors. The ventilation can be partly turned off and made more efficient by renovation. The production of compressed air and vacuum is inefficient, and therefore its use is questioned. Examples of measures are changing tools, removing unnecessary applications and installing an accumulator tank for the vacuum production. The suggestion on waste heat recovery is based on the fact that a large amount of energy is let out of the chimney from the combustion of solvents and ozone. This heat can be used in the printing section to decrease the energy utilization in the ovens. The distribution of electricity in the factory should be evaluated since there are potential improvements in the subscription and in the transformation.

In total the potential savings that have been found during this work are estimated to nearly 5 % of the current energy use of Trioplast Landskrona AB och Trioplanex International AB.

Innehållsförteckning

1	Inledning	8
1.1	Bakgrund	8
1.2	Företagsinformation	8
1.3	Problemformulering.....	9
1.4	Syfte.....	9
1.5	Metod.....	10
1.6	Avgränsningar.....	10
1.7	Disposition.....	10
2	Trioplast	12
2.1	Produktionen.....	12
2.1.1	Blåsextrudering.....	13
2.1.2	Planextrudering	14
2.1.3	Tryckeri	15
2.1.4	Påstillverkning.....	17
2.1.5	Regranulering.....	18
2.1.6	Klichéavdelningen	19
2.1.7	Färgblandningen	20
2.1.8	Undertryck.....	20
2.2	Övriga stödfunktioner	20
2.2.1	Förbränningsanläggning	21
2.2.2	Ställverk och elöverföring	21
2.2.3	Kylsystem	22
2.2.4	Kompressorer och vakuumpumpar	22
2.3	Lokalerna	23
2.3.1	Lagerlokalerna	24
2.3.2	Kontorslokalerna.....	25
2.3.3	Produktionslokalerna.....	25
2.3.4	Övriga utrymmen.....	25
2.4	Energianvändningen lokalerna.....	25
2.4.1	Belysning.....	25
2.4.2	Ventilation	26
2.4.3	Uppvärmning	26
2.4.4	Övriga installationer	27
3	Teori	28
3.1	Kostnadsberäkning för installerad effekt.....	28
3.2	Belysning	28
3.3	Ventilation	29
3.4	Tryckluft och vakuum	30
3.4.1	Tryckluft	30
3.4.2	Vakuum.....	31

3.5	Värmeöverföring	31
3.5.1	Värmeledning.....	31
3.5.2	Värmeväxlare.....	32
3.5.3	Ideala gaslagen	33
3.6	Reaktiv effekt	33
4	Utvärdering energianvändningen.....	35
4.1	Belysning	35
4.1.1	Lager 1 + Lager 2.....	35
4.1.2	Lager 3	35
4.1.3	Extruderhall	36
4.1.4	Tryckeriet.....	36
4.1.5	Påsavdelningen	36
4.1.6	Planextruderingen	36
4.1.7	Regranulering.....	37
4.1.8	Kontor	37
4.1.9	Övriga.....	37
4.2	Ventilation	37
4.3	Tryckluft och vakuum	38
4.3.1	Tryckluft	38
4.3.2	Vakuum.....	39
4.4	Eldning av ozon och lösningsmedel	40
4.5	Maskiner.....	40
4.6	Ställverk och elöverföring	40
4.7	Kyl- och uppvärmningssystem	41
5	Förslag.....	42
5.1	Belysning	42
5.1.1	Sänka belysningen	42
5.1.2	Rörelsesensorer	44
5.1.3	Solljus AB	46
5.1.4	Lågenergilampor.....	47
5.1.5	Sammanfattning förslag belysning	47
5.2	Ventilation	47
5.2.1	Fläktsystemets drifttid	47
5.2.2	Övriga tips.....	48
5.3	Tryckluft och vakuum	49
5.3.1	Tryckluft	49
5.3.2	Vakuum.....	49
5.3.3	Sammanfattning Tryckluft och Vakuum	51
5.4	Värmeåtervinning.....	51
5.4.1	Förslag 1.....	51
5.4.2	Förslag 2.....	53
5.4.3	Sammanfattning förslag Värmeåtervinning.....	54

5.5	Ställverk och elöverföring	54
5.5.1	Ställverk 5	54
5.5.2	Abonnemangsavgiften	55
5.6	Rutiner för personal och övriga installationer	55
5.7	Övriga tips	56
6	Diskussion	57
7	Slutsats	59
	Källförteckning.....	60

1 Inledning

I detta kapitel presenteras energimarknadens bakgrund, en genomgång av företaget, problemformulering och syfte med arbetet, de metoder och avgränsningar som varit nödvändiga vid genomförandet samt en disposition av rapporten.

1.1 Bakgrund

Den årliga energianvändningen i Sverige uppgick 2006 till ca 400 TWh. Hushållen och industrin står för ca 40 % var, och 20 % används till transporter. Industrin utnyttjar med andra ord ungefär 160 TWh. Energin används bland annat till uppvärmning, kylning och drift av motorer. Det finns tydliga skillnader mellan olika branscher, där vissa är mer energikrävande än andra. Hit hör framförallt stål- och pappersindustrin, men även plastindustrin räknas i de flesta fall som energiintensiv. (Energimyndigheten, 2007)

El- och bränslepriser har stigit kraftigt de senaste åren i Sverige (Energimyndigheten och Statistiska Centralbyrån, 2008). Några decennier tillbaka då elektricitet var relativt billigt, hade energiaspekten lägre prioritet. Eftersom många av dagens befintliga industrier och fabriker byggdes på den tiden är de sällan optimalt dimensionerade för att hålla högsta möjliga energieffektivitet. Detta medför att det idag ofta finns förbättringspotential i många fabriker, då ny teknik och bättre lösningar kan sänka energianvändningen. (Abel och Ekberg, 2002) Två företag som sett denna förbättringspotential är Trioplast Landskrona AB och Trioplast International AB.

1.2 Företagsinformation

Trioplast Landskrona AB och Trioplanex International AB ingår i koncernen Trioplast Industrier AB. Koncernen grundades av Vilhelm Larsson 1965 i Smålandsstenar, och affärsidén var att göra förpackningar av det "nya" materialet polyeten. 1978 expanderades företaget genom köpet av Trioplast Landskrona AB. Trioplanex Industrier AB startades 1980, vilket breddade verksamheten inom plastfilmsindustrin. En rad andra företag har efter detta tagits över, vilket skapat den internationella koncern som idag består av ett 10-tal fabriker och är Europas näst största tillverkare av polyetenfilm. Företaget består av fyra divisioner, vilka producerar olika typer av plastfilm. Dessa är sträckfilm, industrifilm, tryckta förpackningar och hygienfilm. Trioplast Industrier AB ägs idag av Vilhelm Larssons son Bo Larsson. (Trioplast Industrier AB, 2008)

Koncernens affärsidé består av två punkter som sammanfattar verksamheten:

- "We develop, manufacture and market packagings and hygiene films. The main raw material is polyethylene."
- "Our products shall add more value than costs and minimise environmental impact."

Koncernens vision består även den av två punkter och sätter ramarna för det långsiktiga arbetet:

- “We shall be the leading company in Europe within packagings and hygiene films in terms of sales, service and profitability. “
- “We shall reach sales of SEK 5 billion by 2010, with solid, stable profitability.”

(Trioplast Industrier AB, 2008)

Både Trioplast Landskrona AB och Trioplanex International AB är lokaliserade i samma byggnad i Landskrona. Lager- och kontorsverksamhet sker i gemensamma lokaler, men produktionslinjerna är uppdelade. Den första delen av fabriken byggdes 1969, för att sedan byggas ut ett flertal gånger, varav den senaste tillkom år 2000. Totalt hade företagen ca 200 anställda och omsatte ca 600 miljoner kronor år 2007. (Thygesson, 2008-09-22)

Trioplast Landskrona AB producerar plastfilm av polyeten genom blåsextrudering. En del av den producerade filmen säljs direkt till kund, och en del förädlas till tryckt rullmaterial samt otryckta och tryckta förpackningar. Trioplanex International AB tillverkar också plastfilm av polyeten, men via planextrudering. Produkterna används som insatser i hygienartiklar.

Trioplast Landskrona AB och Trioplanex International AB kommer fortsättningsvis benämnas med det gemensamma namnet Trioplast.

1.3 Problemformulering

På grund av ökad konkurrens i branschen och de stigande energipriserna finns behovet för Trioplast att effektivisera. De totala årliga energikostnaderna för företaget ligger på drygt 17 miljoner kronor, vilket är en signifikant del av den totala omsättningen. En besparing på området skulle innebära en ökad konkurrenskraft samt högre vinst.

Ofta är tids- och personalbrist stora anledningar till att onödig förbrukning sker. Ifall det inte finns någon med det övergripande ansvaret så är det oftast inte heller någon som åtgärdar uppenbara problem. Med extern hjälp hoppas Trioplast i Landskrona att hitta potentiella förbättringar i företagets energianvändning.

1.4 Syfte

Syftet med examensarbetet är att ge förslag på hur Trioplast kan effektivisera sin energianvändning genom ekonomiskt försvarbara åtgärder. För att genomföra detta kartläggs de olika produktionsdelarna och deras energianvändning.

1.5 Metod

För att erhålla den nödvändiga informationen som behövs vid genomförandet av arbetet har fyra olika metoder använts. De fyller olika syften och kompletterar varandra.

Den första metoden som använts är okulär undersökning av fabriken. Denna har genomförts i huvudsak för att kartlägga energianvändningen.

Den andra metoden som använts är studier av litteratur. Både böcker och artiklar har använts. Det främsta syftet är att jämföra åtgärder med andra liknande rapporter samt att få den nödvändiga teorin bakom energieffektiviseringen.

Den tredje metoden är intervjuer. Dessa har skett med personer både i Trioplasts organisation och utanför. De intervjuer som gjorts med anställda på Trioplast har framförallt genomförts för att få mer detaljerad information om fabriken samt hitta onödig energianvändning. Intervjuer med personer utanför har gjorts för att få den nödvändiga teorin samt en uppfattning om möjligheten att genomföra potentiella åtgärder som hittas i litteratur.

Den fjärde metoden är användning av förslagslådor som satts ut i fabriken. Syftet med denna åtgärd var att få in personalens åsikter angående energieffektivisering samt att uppmärksamma de anställda på att en sänkning av energianvändningen ska genomföras.

1.6 Avgränsningar

För att arbetet inte skulle växa sig för stort och ta för lång tid har avgränsningar gjorts. Målet med dem är att klargöra vad som ska finnas med och vad som lämnas utanför undersökningen.

- Endast det som finns innanför Trioplasts stängsel kommer att undersökas. Detta innebär att exempelvis underleverantörer och maskintillverkare inte granskas.
- Drivmedelsförbrukning kommer att lämnas utanför arbetet. Här avses alltså bränsle för truckar, lastbilar till och från fabriken, tjänstebilar och eventuellt maskiner.
- Undersökningen innefattar inga större förändringar av maskinerna i produktionen.
- Examensarbetet bedrivs under sommar och höst, vilket medför att en undersökning av förhållandena under de kallaste månaderna på året inte kan genomföras.

1.7 Disposition

I kapitel 2 görs en genomgång av Trioplasts olika steg i produktionen genom en kortare beskrivning av de större maskinerna med inriktning på deras energianvändning. Vidare redogörs för de mest relevanta av företagets övriga stödfunktioner såsom förbränning av utsläppsgaser, ställverk, kylsystem och kompressor- och vakuumproduktion. Till sist kan det läsas om hur lokalerna i fabriken ser ut, samt vad

det finns för nödvändiga installationer som ska upprätthålla ett gott arbetsklimat, exempelvis belysning och ventilationssystem med mera.

I kapitel 3 beskrivs den teori som ligger till grund för de kommande uträkningarna i arbetet. Här redogörs även för relevant fakta som stödjer resonemangen i kapitel 4 och 5.

I kapitel 4 utvärderas och diskuteras den totala energianvändningen i hela fabriken. Rubrikerna har valts med syftet att ligga till grund för de kommande förslagen till energieffektivisering.

I kapitel 5 ges konkreta förslag på hur Trioplast ska kunna sänka sin energianvändning. Här görs också ekonomiska kalkyler på huruvida de eventuella åtgärderna är lönsamma över en rimlig återbetalningstid.

I kapitel 6 utvärderas de förslag som ges i kapitel 5. Utöver detta bedöms osäkerheten och slutligen värderar författarna åtgärdernas kvalitet.

I kapitel 7 sammanfattas resultatet med en återkoppling till arbetets syfte.

En del antaganden har gjorts för att standardisera beräkningar och förenkla textens uppbyggnad.

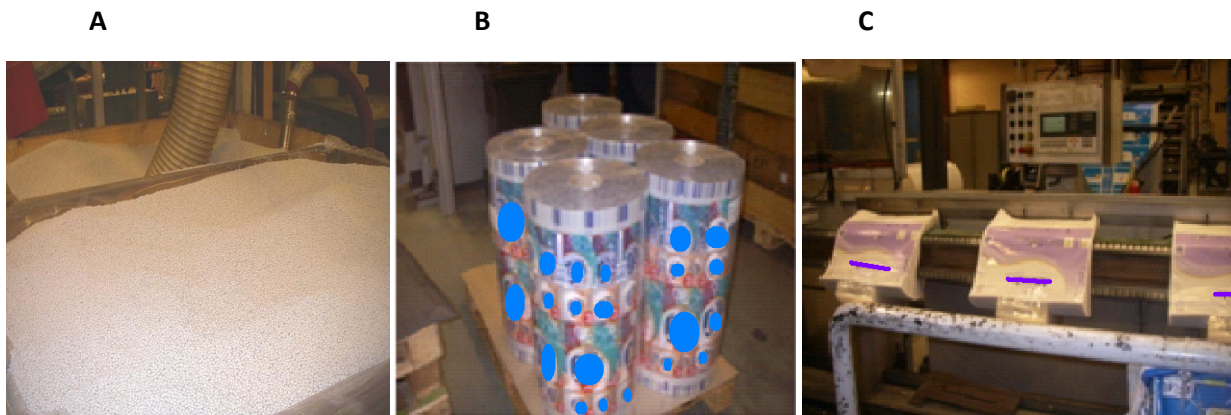
- Priset som betalas för elen är uppskattat till 0,50 kr/kWh. Det ska dock hållas i åtanke att detta under de senaste åren har haft en tendens att stiga, vilket gör att återbetalningarna i arbetets förslag troligtvis kommer att öka med tiden (Energimyndigheten och Statistiska Centralbyrån, 2008).
- På de ställen i arbetet som information om fabriken i Landskrona står och ingen källhänvisning ges, så är det författarnas okulära undersökning tillsammans med information från Jörgen Cronholm och Lars Nilsson (Underhållsansvariga) som ligger till grund för informationen. Som komplement till detta har i vissa fall kortare samtal med maskinoperatörer ägt rum, vilka räknas in i den okulära undersökningen. För de bilder och illustrationer som saknar källa, så är det författarna själva som tagit fram dem.
- All installerad belysning hanteras som en gemensam grupp, men kan benämnas som antingen lampor eller lysrör.

2 Trioplast

I det här kapitlets första del redogörs för Trioplasts olika produktionsdelar samt deras energianvändning. I den andra delen beskrivs de stödfunktioner som gör produktionen möjlig, och i den sista delen beskrivs lokalerna och den övriga energianvändningen som inte är direkt kopplad till produktionen. Information om maskinernas effektuttag har gjorts med hjälp av personal och utrustning ifrån företagets egna elektriker.

2.1 Produktionen

Trioplasts slutprodukter är plastfilm och plastpåsar. Råmaterialet som används består av framför allt polyeten, vilket köps in i form av små plastliknande kulor, också kallat granulat (se Figur 1).



Figur 1: A - råmaterialet polyeten, B - tryckt plastfilm på väg mot leverans till kund, C - färdiga plastpåsar.

Det första processteget i tillverkningen är antingen blåsextrudering eller planextrudering, där granulatet omvandlas till plastfilm. På denna appliceras sedan färgtryck i tryckeriet. I påsavdelningen konverteras en del av denna produkt till plastpåsar. Indirekta produktionsverksamheter för tillverkningen är klicheé-avdelning och färgblandning, vilka förbereder tryckningen av plastfilmen. Stödfunktioner som behövs för att underlätta produktionen är trycklufts- och vakuumframställning, ställverk för mottagning och fördelning av elektricitet, ett kylsystem för kylning i produktionen och uppvärmning i fabriken samt en förbränningsanläggning för omhändertagande av utsläppsgaser. De färdiga produkterna lämnas i färdigvarulagret varifrån transport sedermera sker till kunden. Spillmaterial tas om hand i separata regranuleringsprocesser.

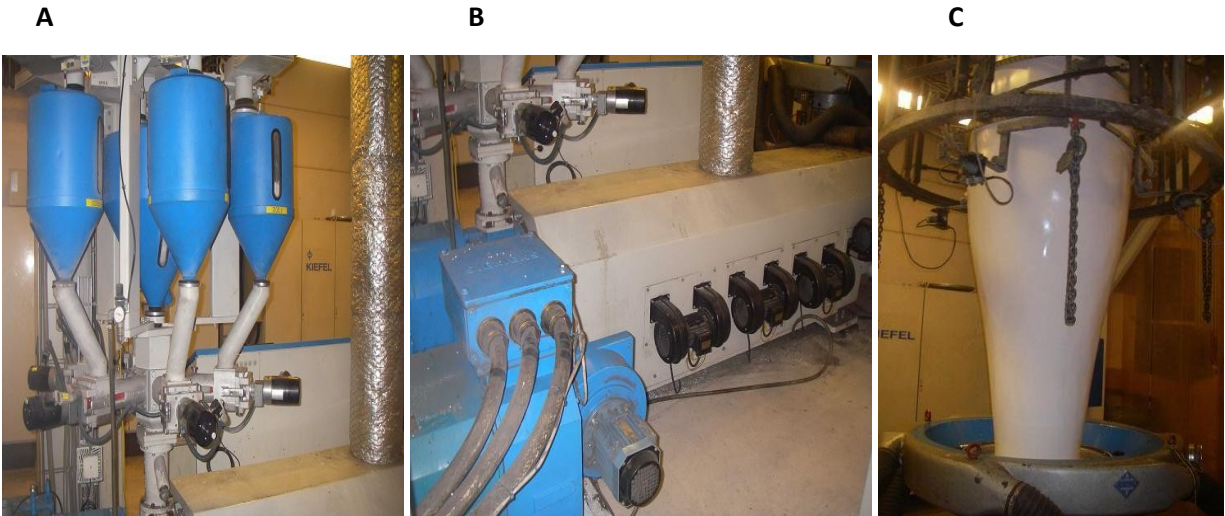
Produktionen sker i femskift 24 h/dygn, med vissa undantag. Till exempel står hela fabriken still under jul och midsommar om behov av produktion inte finns, och blåsextruderingen står still under semestern på sommaren. Påmaskinerna körs beroende på order, vilket gör att deras körtid varierar. Då den totala körtiden för hela Trioplast under ett år är oregelbunden, och tiden utan produktion är liten, bortser vi från driftstoppen och räknar därför med en körtid på 8760 h/år.

2.1.1 Blåsextrudering

I delen som tillhör Trioplast Landskrona AB tillverkas plasten genom blåsextrudering. Granulat smälts ner till en homogen massa. Denna pressas ut genom ett runt munstycke med hjälp av en eller flera skruvar, beroende på ifall receptet kräver olika granulat. Används mer än en skruv kallas metoden för co-extrudering, och ger en film med flera lager. När plasten lämnar munstycket har den formen av en kontinuerlig slang, vilken inte klipps av förrän i slutet av processen. Denna transporteras uppåt runt en hög pelare så att det varma materialet hinner svalna (se Figur 2 och Figur 3). Plasten dras sedan fram via ett antal valsar i syfte att kyla materialet ytterligare, sträcka ut ojämnheter, trycka ihop slangen till en film med två lager samt genomföra en så kallad coronabehandling. Det sistnämnda innebär att materialet ges en ytråhet i syfte att förenkla den kommande appliceringen av färgtryck. Till slut skärs den färdiga varan till avsedd bredd och transporteras på truck i form av rullar till färdigvarulagret eller tryckeriet.



Figur 2: Blåsextruderad plastfilm under luftkylning är på väg att rullas upp på trissor nere vid golvet.



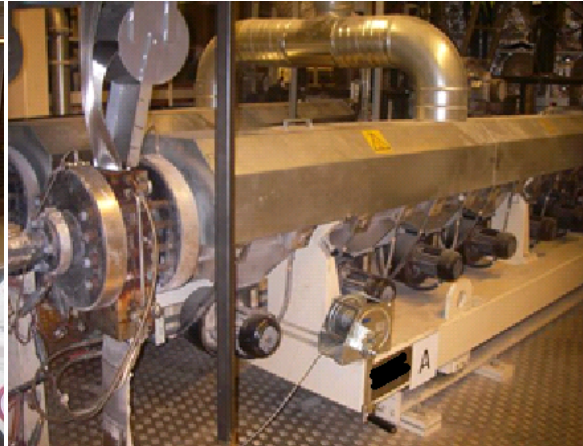
Figur 3: A - installationer som fördelar receptet, B - utsidan på en skruv som smälter granulat, C - hur filmen ser ut då den lämnar munstycket.

I extruderprocessen är det framför allt två steg som är dominerande ur energianvändningssynpunkt. Elmotorerna som drar extruderskrivarna, vilka måste utföra ett stort arbete för att ge upphov till det tryck som ska pressa ut plastmassan genom munstycket och den elbaserade uppvärmningen som smälter granulatet, vilken består av ett antal element som ska kunna hålla upp till 200°C konstant.

I övrigt så består energianvändningen bland annat också av kylfläktar, mindre elmotorer som driver valsarna och den tidigare nämnda coronabehandlingen. En extruder använder mellan 50 – 200 kW vid körning, beroende på maskinstorlek och recept för granulatet. Utöver detta används en del tryckluft och vakuum som är indirekt energikrävande stödfunktioner.

2.1.2 Planextrudering

I den del av fabriken som tillhör Trioplanex International AB sker plastfilmsframställningen med liknande metoder som i blåsextruderingen. Granulat smälts ner och pressas ut i ett munstycke med hjälp av skruvar. Här är det dock inte en blåsextruderprocess, utan en planextrudering. Detta innebär att plastfilmen lämnar ett rakt munstycke istället för ett runt. Med andra ord får den inte formen av en slang, utan den är platt redan från början (se Figur 4).

A**B**

Figur 4: A - planextruderad plastfilm under förflyttning i valsverk, B - utsidan på en skruv som smälter granulat.

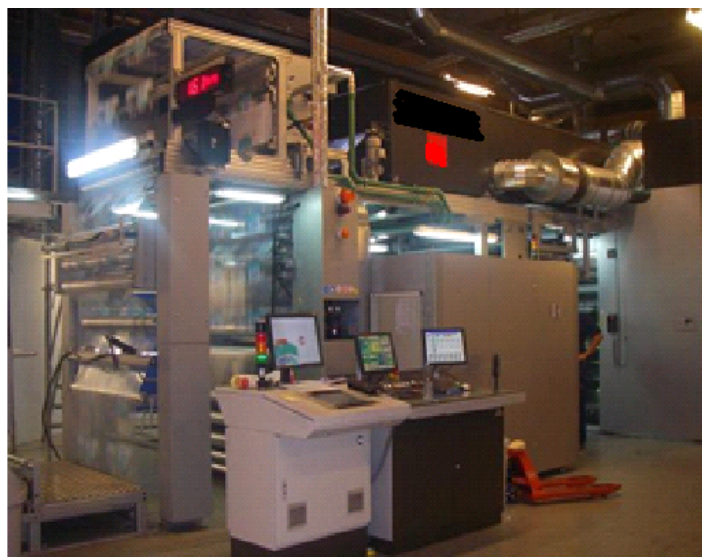
En stor skillnad jämfört med blåsextruderingen, är att varje maskin i planextruderingen har en egen återvinningsstation, i stället för en stor central, där spill och defekta produkter smälts ner och återskapas till råmaterial.

Likt en blåsextruder i extruderavdelningen är det framför allt skruvarna som smälter och pressar fram plastfilmen genom munstycket som använder stora mängder energi. Även elmotorerna som driver styrvalsarna och utplacerade kylfläktar drar viss el. Beroende på vilken maskin det handlar om, och vilket recept det är på granulatet, så använder en produktionslinje i planextruderingen mellan 200 – 500 kW.

Ett processteg som skiljer en planextruder från en blåsextruder hos Trioplast i energisammanhang är att granulatet kräver en lång förflyttning innan processen. Detta sker idag med vakuumpumpar. Dessa är i sig energikrävande, men dess förbrukning ingår inte i den totala installerade effekten för en maskin i planextruderingen. Det står mer ingående om dessa i kapitlet 2 Kompressorer och vakuumpumpar.

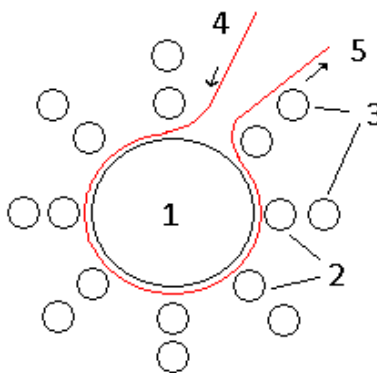
2.1.3 Tryckeri

Filmrullarna från extruderarna färgas genom så kallad flexotryckning, samt torkas och skärs till önskad bredd i den här delen av produktionen (se Figur 5).



Figur 5: Utsidan på en tryckmaskin.

En standard tryckmaskin kan bestå av åtta stycken klichévalsar, lika många rastervalsar och en stor mottryckscylinder (se Figur 6). Den sistnämnda ligger i mitten, och de övriga är placerade i en ring runt om. Maskinerna ser olika ut med avseende på antal valsar, ugnar och motorer. Dock är principen den samma.



Figur 6: Tryckerimaskinens uppbyggnad. 1: mottryckscylindern, 2: klichévalsar och 3: rastervalsar, 4: plastfilmens ingång, 5: plastfilmens utgång. Röd linje representerar plastfilmen.

Färgen suggs upp med hjälp av tryckluftspumpar och fyller en kammare där rastervalsen under konstant snurrande klär den motliggande klichévalsens med en specifik färgnyans, som förblandats i färglagret. Platen rullar kontinuerligt mellan klichévalsarna och mottryckscylindern, där varje vals avger sitt specifika mönster som klichéavdelningen lagt på.

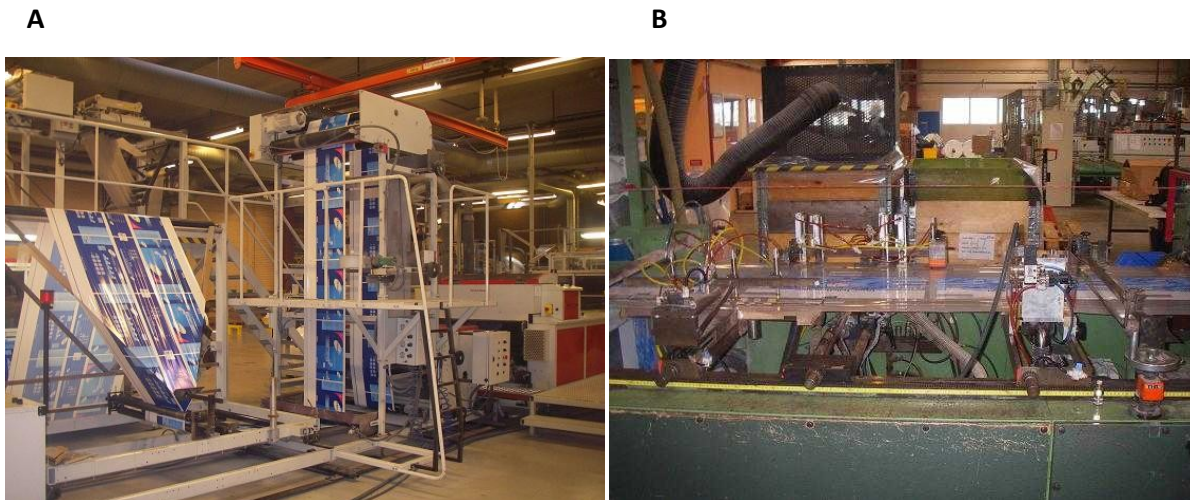
Mellan varje klichévals sitter en mellantork, och efter själva tryckprocessen sitter en större torktunnel med 6 olika ugnar. Dessa torkar färgen på den färdigtryckta plasten. Här skapas cirkulation med hjälp av ett inblås och ett utsug. Den varma spilluften ifrån processen, innehållande framförallt lösningsmedel, förs ut till och behandlas i den förbränningsstation som det står mer om under rubriken Förbränningsanläggning.

Det är framför allt två steg i denna process som är energikrävande. Valsarna som snurrar konstant vilka drivs med hjälp av elmotorer med hög installerad effekt, samt torkningen av färgerna som sker genom hela processen med flertalet ugnar som ska hålla ca 50-70°C. Totalt använder en tryckmålningenshet ca 40 – 60 kW, då de olika maskinerna inte är identiska.

Det går också åt en del indirekt energi vid tillverkningen av den tryckluft som används till runt-pumpningen av färgerna i kammarna.

2.1.4 Påstillverkning

En standardenhet i påstillverkningen innehåller en mängd valsar, några elektriska motorer, svetsar, stansar, en vikbock och fläktar. Enheterna hos Trioplast varierar delvis i utformning och funktion (se Figur 7).



Figur 7: A - plastfilmen viks dubbel med en vikbock i syfte att få formen av en påse, B - stansningen och svetsningen av plastpåsar.

I påsmaskinsprocessen hämtas plastfilmen från rullar in i ett valsverk. Vikbocken ser till att plasten viks dubbel för att uppnå en påses struktur. Sidorna, perforeringen och avskiljningen mellan påsarna skapas med hjälp av svetsning. Vid perforeringen skärs överflödigt material bort för att uppnå rätt storlek på

påsen. Hål och handtag görs med hjälp av stansar, vilka drivs av tryckluft. När påsarna är klara packar maskinen ner dem i lådor för vidare transport.

Det finns framför allt två primära elanvändare i påsmaskinerna. Den första är de elmotorer som driver runt valsarna och den andra är uppvärmningen av svetsarna. Till den totala energianvändningen tillkommer också övriga funktioner som till exempel drivning av fläktar. Den summerat installerade effekten för en påsmaskin ligger på 10 – 15 kW.

I en påsmaskin förekommer en hel del tryckluftsanvändning i syfte att stansa, svetsa och blåsa. Blåsningen används dels för att hålla plasten jämn och på plats, dels för att ta loss påsarna då de svetsas isär. Detta gäller bara delar av maskinparken. Där tillämpas också en vakuumbaserad förflyttning av påsarna. Dessa två processer har givetvis en indirekt energianvändning vid tillverkningen av tryckluften och vakuomet, men den ingår inte i det tidigare nämnda effekten. Mer information om dessa finns i kapitlet 2 Kompressorer och vakuumpumpar.

2.1.5 Regranulering

I regranuleringsavdelningen återvinns det material som kallas spill. Hit hör dels de rester som skärs bort i produktionen, dels de produkter som är felaktiga samt det material som används för att kalibrera maskinerna. Regranuleringen körs dygnet runt.

Det finns två inkörssdelar i regranuleringen. Den första kommer från rullar, och den andra från ett rullband (se Figur 8). Rullarna består av det material som är felaktigt och kalibreringsspillet, och på rullbandet transporteras det bortskurna spillet in. Det första steget i regranuleringen är att materialet finfördelas med knivar i en kvarn. Det sönderdelade materialet transporteras sedan vidare under uppvärmning från värmeslingor i en skruv. Detta leder till att materialet smälts, och den flytande massan filtreras för en renare produkt. Så kallat linsgranulat skapas av knivar då plasten stelnat igen, och torkas efter detta i två olika steg. Det första är skakning av materialet vilket medför att vattnet rinner av, det andra är centrifugering. Granulatet är nu färdigt, och det transporteras med fläktar till en behållare. För att materialet ska vara helt torrt lufttorkas det i ett dygn innan det återgår till produktionen.

A**B**

Figur 8: A - spillmaterial förs till regranuleringsenheten på ett rullband, B - spillmaterial rullas av direkt ifrån trissor.

I regranuleringen finns en rad områden där energi används. De största är de motorer som driver de två sönderdelningsprocesserna samt värmeslingorna som smälter materialet. Utöver detta används energi till de motorer som driver rullband, kylvattenpumparna och vakuumpumparna. Regranuleringsmaskinen använder totalt ca 120 kW.

2.1.6 Klichéavdelningen

I tryckeriet används som tidigare nämnts klichévalsar, för att trycka färgen på plasten. En sådan består av en vals med pålagda motiv utformade på kunds begäran för att skapa rätt färgtryck (se Figur 9).

Då påläggningen av klichéer sker manuellt går det inte åt någon signifikant mängd energi i detta processteg.



Figur 9: Klichévalsar.

2.1.7 Färgblandningen

I en separat del av fabriken sker färgblandningen. Här kontrolleras även att de färger som används till klichévalsarna är av rätt nyanser och mängder.

Energianvändningen som sker i färgblandningen är framförallt baserad på de pumpar som förflyttar färgerna. De används dock sällan, men med tanke på att de drivs med tryckluft kan det vara väsentligt att nämna dem (se Figur 10).



Figur 10: Färgblandningen och dess pumpar .

2.1.8 Undertryck

Det ligger ett konstant undertryck i byggnaden. Detta skapas på grund av det omfattande luftbehov som framförallt finns i tryckprocessen, där luften som ska utnyttjas tas ifrån omgivningen i lokalen. Detta fortplantar sig i hela fabriken, och bildar ett luftdrag som stör delar av den övriga produktionen.

2.2 Övriga stödfunktioner

Detta avsnitt innehåller en genomgång av de övriga stödfunktioner som är nödvändiga för att produktionen ska kunna fortgå. Nedan följer beskrivningar av:

- Hur företaget hanterar utsläpp som enligt lag kräver behandling
- Ställverken
- Kylproduktionen
- Trycklufts- och vakuumproduktionen

2.2.1 Förbränningsanläggning

Frånluften ifrån Trioplast innehåller miljöfarliga ämnen såsom lösningsmedel och marknära ozon. Dessa förs ut via en så kallad boosterslinga som ligger på fabriken's tak. Denna används för att samla upp frånluften innan det skickas till förbränningsanläggningen. Framförallt ozonet är Trioplast skyldiga att behandla i och med rådande miljölagstiftningar. Detta har företaget löst genom att tillsammans med naturgas elda upp dessa i en separat förbränningsstation, den så kallade Megtecen, utanför den byggnad där tryckeriet är lokaliserat (se Figur 11). Temperaturen i förbränningen uppgår till 900°C, och i rökgaserna vid utloppet till 60°C. Anläggningen körs 24 h/dygn.



Figur 11: Megtecen.

Förbränningen av spilluften i Megtecen sker med stöd av naturgas. Denna inhandlas från Eon, och det användes under hela år 2007 ca 800 000 kWh.

Med tiden har Trioplast lyckats att sänka den totala naturgaskostnaden med nästan 40 %. Lösningsmedlet i frånluften fungerar i sig som bränsle till förbränningen, och genom att höja den halten i produktionen har tillsatsen av naturgas som externt bränsle kunnat reduceras.

2.2.2 Ställverk och elöverföring

Trioplasts elförsörjning sker genom sex stycken ställverk. Dessa är utplacerade på varierande ställen i fabriken, och försörjer också olika delar. Den totala energi som Trioplast använder enligt elräkningen under ett år är ungefär 30 miljoner kWh. Då företaget använder både ugnar och motorer skapas även reaktiv effekt, vilken uppgår till ca 12,5 miljon kVarh.

Trioplast har ett avtal med Landskrona Kommun som avgör hur mycket företaget betalar i avgift för elnätet. Enligt Trioplasts elräkning är de ingående kostnaderna en fast avgift, abonnemangavgift, effektavgift samt elöverföring. Den fasta avgiften ligger på 5 700 kr, abonnemangavgiften på 79 kr/kW, effektavgiften på 193 kr/kW och elöverföringen på 0,02 kr/kWh. Trioplast har själva satt en gräns på 5 MW som ett effekttak för deras användning, och överstigs detta tillkommer straffavgifter. Effektavgiften baseras på den använda effekten, men abonnemangavgiften baseras på effekttaket.

I avtalet tillkommer en klausul som säger att Trioplast får lov att ha en reaktiv effekt på 2,5 MVAR utan att behöva betala extra för den. Överstiges detta tillkommer dock en straffavgift på 120 kr/kVAR. (Ingvar Åsberg, 2008-10-14) Fyra av ställverken är kompenserade med kondensatorer för att motverka detta, men i två av dem har denna åtgärd inte gjorts, vilka är ställverk 5 och 6.

2.2.3 Kylsystem

Trioplast har ett väl utvecklat kylsystem. Dess kärna är två kylmaskiner med tillhörande kyltankar. Kylmediet som används värmeväxlas på taket för att avge värme, och transporteras sedan in i fabriken för att sänka temperaturerna där det behövs i produktionen. Den varma delen av systemet används för uppvärmning i lokalerna (se kap 2 Uppvärmning).

2.2.4 Kompressorer och vakuumpumpar

I följande avsnitt beskrivs Trioplasts kompressorer och vakuumpumpar.

2.2.4.1 Kompressorer

Trioplast har tre kompressorer för framställning av tryckluft, vilka är huvudkompressorn för den normala driften och två mindre reserver. Huvudkompressorn har en installerad effekt på 132 kW. Då Trioplast har ett stort behov av tryckluft körs kompressorn dygnet runt, i intervall med 45 sekunders arbete och 5 sekunders vila. Under dessa 5 sekunder dras ungefär 1/3 av den energi som används vid arbete. Kompressorn ger ett tryck i systemet på 8 bar och den genererar ungefär 20 m³/h. Reserverna drar 22 kW var då de körs.

2.2.4.2 Vakuumpumpar

Vakuumpumpar finns som tidigare nämnts på tre ställen i fabriken. Dessa är i blåsextruderingen, planextruderingen och i påsavdelningen.

A**B**

Figur 12: Bild A visar hur vakuumpumpar suger fast plastpåsar i påsavdelningen. B visar granulatfördelare i planextruderingen.

Vakuumpump används i blåsextruderingen för att förflytta materialet från silos till de två största extruderna. Det finns en pump för varje maskin och den totala effekten är 15 kW.

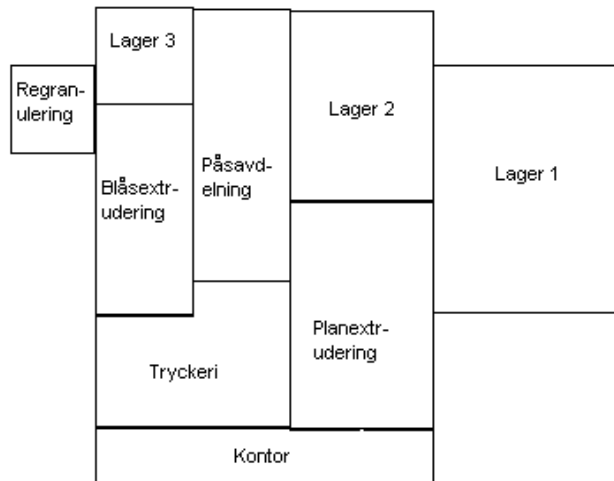
I planextruderingen används vakuumpump till materialtransport. Granulatet flyttas från de silos som utgör råvarulagret till ett mellanlagringssteg inne i lokalen. Vakuumpump används sedan även för att flytta granulatet till extrudern. Varje pump är kopplad till en av de fördelare där recepten mäts upp och blandas innan materialet går in i skruven (se Figur 12). Vakuumpump i planextruderingen genereras i två olika kompressorrum. I varje utrymme finns flera vakuumpumpar. Den totala effekten i det stora kompressorrummet uppgår till ungefär 60 kW, och i det lilla till ungefär 40 kW.

I påsavdelningen används vakuumpump som tidigare nämnts för att förflytta påsar (se Figur 12). Vakuumpump genereras av 10 stycken pumpar placerade på utsidan av lokalen. Pumparna är kopplade separat till maskinerna, och antalet som körs beror på vilka maskiner som är igång. De flesta av pumparna är kopplade till maskinen och sätts igång eller stängs av automatiskt, men några stycken sköts manuellt av operatörerna. Det finns ingen varvtalsreglering installerad, så de går på full effekt då de är igång. Vissa av pumparna har en installerad effekt på 7,5 kW och vissa på 5,5 kW, vilket innebär att alla 10 tillsammans drar ungefär 60 kW.

2.3 Lokalerna

Trioplast har lokaler som är avsedda för produktion, lager och kontor, med tillhörande mindre utrymmen såsom omklädningsrum, fikarum och korridorer. I följande avsnitt sker en genomgång av dessa med avseende på bland annat ytstorlek och användningsområden, samt arbetsförhållande i form av exempelvis belysning och temperatur.

Företagens verksamheter är placerade i skilda lokaler, men i en och samma byggnad. Den totala arean är ungefär 20 000 kvadratmeter och takhöjden ca 7-15 meter beroende på vilken lokal det handlar om (se Figur 13).



Figur 13: En icke skalenlig karta över Trioplasts fabrik i Landskrona.

2.3.1 Lagerlokalerna

I byggnaden finns en hel del arkiveringsplatser och mindre förrådsutrymmen. Dessa ingår i avsnittet som handlar om övriga utrymmen, och här nedan tas enbart de tre stora specifika lagerlokalerna upp.

Den första är lokaliserad i byggnadens östra del. Utrymmets area är ungefär 3000 kvadratmeter och används även som på- och avlastningsplats för inkommande och utgående gods. Detta innebär att där finns stora portar ut till lastningsbryggan som öppnas och stängs manuellt.

Lagerutrymme nummer två är lokaliserad i byggnadens norra del och har en area på 2500 kvadratmeter. En sluss ut till baksidan av fabriken är belägen i norra delen. Ena sidan av utrymmet fungerar också som en genomgångspassage från påsavdelningen till planextruderingen och lagerlokal 1.

Lagerlokal tre är belägen en bit ifrån de andra två lagrena i den nordvästra delen utav fabriken. Den är också betydligt mindre och har en area på ungefär 1000 kvadratmeter. Här finns en större truckport som leder ut till baksidan.

2.3.2 Kontorslokalerna

I byggnaden finns en hel del mindre kontor och platser avsedda för administrativt arbete. Dessa ingår i övriga utrymmen, så nedan beskrivs endast det stora kontorsområdet.

Kontorsområdet består av ca 30 stycken kontor på ungefär 15-40 kvadratmeter styck. De är lokaliserade i byggnadens södra del, och har stora tvåglasfönster installerade i söderläge. Förutom att fungera som arbetslokaler till de som ska sköta det administrativa på företaget så är en del av utrymmena avsedda för konferensrum. Till kontorslokalerna ingår även en större matsal. De flesta kontoren är mindre och avsedda för en person, men det finns även utrymmen som delas av två eller fler personer.

2.3.3 Produktionslokalerna

Produktionen är framförallt belägen i fem stora lokaler. En för extruderingen av plastfilm, en för tryckfärgningen och torkningen av plasten. I samma lokal finns även en maskin för beskärning av plastrullar. Påstillverkningen har en egen del, och planextruderingen har en lokal för deras tillverkning av plastfilm. Slutligen så har regranuleringsprocessen ett mindre utrymme för sin verksamhet.

Den totala ytan för produktionslokalerna är ungefär 10 000 kvadratmeter. Samtliga produktionslokaler är varmare än normal rumstemperatur på grund av spillvärme ifrån maskinerna.

2.3.4 Övriga utrymmen

Övriga utrymmen innefattar korridorer, fikarum, klichérum, färgblandningen, mindre förvaringsutrymmen omklädningsrum och toaletter med mera. Dessa är utplacerade lite varstans i hela byggnaden, och har en gemensam area på ca 1000 kvadratmeter.

2.4 Energianvändningen lokalerna

I följande avsnitt görs en genomgång av den energianvändning som är direkt kopplad till lokalerna.

2.4.1 Belysning

Samtliga lokaler är utrustade med lysrör i taken som i de flesta fall brinner dygnet runt (se Tabell 1). Effekten ligger på antingen 18, 36 eller 58 watt. Som regel har produktions- och lagerlokaler där det är högt i tak 58-wattslampor installerade, och kontors- samt övriga lokaler 36 eller 18 watt.

Tabell 1: Det totala antalet installerade lysrör för varje lokal.

Lokal	Lysrör (st)
Lager 1	600
Lager 2	350
Lager 3	100
Extruder	400
Färg	250
Pås	300
Planex	500
Regran	100
Kontor	500
Övriga	500
Totalt	3600

Genomgående för hela produktionen är att varje maskin är utrustad med lokala lampor som lyser där arbetet kräver en hög ljusstyrka. Dessutom finns det mer eller mindre i samtliga stora lokaler takfönster som ger en signifikant solinstrålning, inte minst under sommarmånaderna.

2.4.2 Ventilation

Det är inte Trioplast själva som har hand om ventilationssystemen, utan ett externt företag som heter Bravida. De sköter allting från renovering utav skovlar och filter till revision av elmotorer och kullager.

Runtom i lokalerna finns olika centralsystem, så kallade friskluftsintag, som styr ventilationen. Dessa leder i sin tur till ett flertal olika utblås som framför allt har syftet att omsätta luften, och vintertid värma lokalerna. Luften värms upp via ett internt fjärrvärmesystem, där värmen återvinns ifrån kylmaskiner som är utplacerade på taket.

Ventilationen körs i hela fabriken dygnet runt, utan avbrott. En betydande anledning till detta att minska det undertryck som finns konstant i hela fabriken (se kapitel 2 Undertryck).

Enligt en av företagets ritningar ifrån 2001 som visar ventilationssystemet i fabriken finns det ca 25 stycken friskluftsintag. De är av olika storlek, och ligger ungefär mellan 3 000 – 50 000 m³/h. Ett av de större, på 30 000 m³/h, har en installerad effekt på 11 kW.

2.4.3 Uppvärmning

Lokalerna värms till största delen upp av den värme som produktionen avger. På de flesta ställena i byggnaden är detta fullt tillräckligt, då temperaturen ligger på minst 20 °C.

I övrigt så finns det ett internt fjärrvärmenät som utnyttjar den varma sidan från det tidigare nämnda kylsystemet (se kapitel 2 Kylsystem). Denna används för att värma den luft som ventilationssystemet

sprider genom fläktarna. Det används framför allt i de lokaler där ingen produktion förekommer, till exempel i lagerlokaler och kontorslokaler. Under de varmare delarna av året är detta ej nödvändigt, och systemet används då inte heller.

I vissa extrema fall på vintern då det är ovanligt kallt ute finns det även tre stycken elpannor som understöd till värmesystemet. Dessa utnyttjas dock väldigt sällan och står inte för någon signifikant förbrukning av el.

2.4.4 Övriga installationer

Detta avsnitt innefattar mindre elektronik såsom kontorsmaterial, vitvaror och mindre kylmaskiner och element. Dessa installationer är i princip bara till för att tillfredsställa mänskliga behov, och är därmed i de flesta fall inga nödvändigheter för att produktionen ska kunna fortgå.

De övriga installationer som finns på Trioplast som kan vara värda att nämna är:

- Element på kontoret och i påsavdelningen
- Datorer, skrivare och skanners på kontoret
- Portabla luftkonditioneringar på kontor och i fikarum
- Vitvaror i fikarum

3 Teori

I det här kapitlet förklaras den teori som ligger till grund för de kommande uträkningarna i arbetet. Här redogörs även för relevant fakta som stödjer resonemangen som leder till de föreslagna åtgärderna.

3.1 Kostnadsberäkning för installerad effekt

Kostnaden för den använda elektriciteten beräknas med följande formel:

$$K = P * t * p \text{ (Ekvation 1)}$$

där K är kostnaden (kr/år), P är effekten (kW), t är antalet timmar per år (h) och p är kostnaden för en kWh (kr/kWh).

Ovanstående formel används även för beräkningar av besparingar vid minskade effekter.

Payback-tiden är den tid det tar för en investering att betala tillbaka sin egen kostnad. Den beräknas med följande formel:

$$n = G / a \text{ (Ekvation 2)}$$

där n är tiden tills investeringen är återbetald (år), G är investeringskostnaden (kr) och a är inkomsten eller besparingen per år (kr/år). (Person och Nilsson, 2007)

3.2 Belysning

Belysning står ofta för en relativt liten del av en fabriks energianvändning, men är ofta överdimensionerad vilket ger relativt enkla möjligheter till besparingar. Det finns inga lagkrav på hur mycket belysning som krävs på en arbetsplats, men vissa riktlinjer kan användas (se Tabell 2). Personalen måste kunna utföra sina arbetsuppgifter och får inte utsättas för risker på grund av dålig belysning. (Kent, 2008)

Tabell 2: Rekommenderad belysning i fabriker (Kent, 2008)

	Lux
Paketering/passager	150-300
Kontor och datorstationer	300-500
Produktionslinjer	300-750
Inspektioner	750-1500
Produktionslinjer(små delar)	1000-2000

Det finns två olika sätta att sänka belysningens energianvändning. Ett är att ändra personalens beteende, det andra att ändra systemet. Ändringar i människors beteende kan genomdrivas med hjälp

av information eller regler. Detta kan fungera till en början, men det är vanligt att personalen efter ett tag faller tillbaka i gamla vanor. Det anses därför mer effektivt att ändra systemet.

För att sänka systemets elförbrukning i form av belysning kan en rad åtgärder undersökas samt genomföras vid behov.

- En av de enklaste och billigaste är användning av dagsljus. Genom att ha fönster, både på väggar och i taket, kan ljusnivån ökas betydligt, och det kostar inte speciellt mycket. Detektorer kan installeras för att släcka ner belysningen när dagsljuset ger tillräckligt med ljus.
- Mätningar i lokalerna visar ofta på onödigt hög belysning, vilket medför att delar av lamporna kan släckas helt och hållet.
- Existerande lampor kan bytas till lågenergilampor. Detta kan kosta en del, men lamporna drar mindre energi och har ofta betydligt längre livstid.
- Lokaler som används sällan står ofta helt upplysta. Här kan installerade rörelsedetektorer spara mycket el. Större lokaler kan delas in i segment, så att endast de använda delarna blir belysta.
- Timers kan installeras om det finns lokaler som bara används under vissa tider på dygnet.

(Kent, 2008)

Vid diskussioner angående energieffektivisering kring belysning kan ibland ett argument komma upp som säger att lysrör skulle dra mer energi, eller gå sönder fortare, ifall de tänds och släcks mer frekvent. Så är inte fallet, utan enligt energimyndigheten är detta en myt. (Energimyndigheten, 2008, a)

3.3 Ventilation

Luftföroreningar påverkar människans hälsa negativt. De påverkar andningsvägar, ögon, hud och inre organ. Luftväxlingen i arbetslokaler ska vara så god att luftkvaliteten är tillfredsställande. (Arbetsmiljöverket, 2008)

Ventilation av en fabrik är nödvändig då värme, lukt, damm med mera behöver avlägsnas från lokalerna. Det är viktigt att den kontrolleras väl, då det kan leda till drag om den är för hög, och till dålig luftkvalitet om den är för låg. (Kent, 2008)

Ventilationssystemet består av en rad komponenter, exempelvis luftfilter, värme- och kylbatterier, befuktningsapparat, fläktar och kanaler. Den exakta sammansättningen varierar från system till system.

3.4 Tryckluft och vakuum

I följande avsnitt beskrivs den teori som rör trycklufts- och vakuumanvändning och produktion.

3.4.1 Tryckluft

Tryckluft är ett enkelt och praktiskt medium, vilket medför en utbredd användning i industrier. Anskaffningspriset för den nödvändiga utrustningen är dessutom låg. Problemet är de höga driftskostnaderna, som till stor del beror på den dåliga verkningsgraden. Förluster i komprimering, distribution och vid användningen av verktygen leder till en verkningsgrad under 10 % och ofta så lågt som 5 %. 1kWh el kostar ca 0,30 kr, samtidigt som en 1 kWh tryckluft kostar ca 7,50 kr¹. En kompressor jobbar effektivast på höga varvtal, vilket innebär att verkningsgraden sjunker vid lägre laster. Detta medför att en kompressor bör dimensioneras efter det rådande behovet. (Magnusson et al, 2003)

Den relativa kostnaden för en kompressor består normalt av 10 % investeringskostnader, 85 % energianvändning och 5 % underhåll. Det finns en rad åtgärder för att sänka kompressorns totala energianvändning. Dessa innefattar bra dimensionering av kompressorn, användning av verktyg som inte utnyttjar tryckluft samt tätning av befintliga läckage.

Tryckluft måste behandlas innan den kan användas, bland annat måste vattenånga tas bort och luften filtreras från smuts. Även behandlingen kostar pengar, exempelvis genom tryckfall vid filtrering.

Det är vanligt förekommande med läckage i distributionssystem för tryckluft. Förlusterna uppgår ibland till så mycket som 50 % av den producerade volymen. För en medelstor industri är ett riktvärde för läckaget 10 %. Läcket är inte bara ett slöseri av den producerade volymen tryckluft, det sänker även trycket i systemet vilket måste kompenseras för att övriga applikationer ska fungera tillfredsställande. Läckorna i systemet medför att kompressorn behöver jobba hårdare, vilket gör att de blir kostsamma (se Figur 14). (Kent, 2008)

Håldiameter (mm)	Flöde (m ³ /minut)	Effektbehov kompressor (kW)	Energikostnad per år (30 öre/kWh)
1	0,06	0,4	1 000 kr
5	1,5	10	26 000 kr
10	6	40	105 000 kr
20	25	150	410 000 kr

**Figur 14: Tabellen visar kostnaden för läckage i ett system för tryckluftsdistribution.
(Energimyndigheten, 2008, b)**

¹ Siffrorna i exemplet är tagna direkt från källan, och baseras inte på de antaganden som gjorts tidigare i rapporten. I uträkningen används en verkningsgrad på 4 %.

3.4.2 Vakuum

Förloppet vid generering av vakuum är relativt likt det för tryckluft. Även här är verkningsgraden låg och kostnaderna höga. Ofta är samma åtgärder lämpliga för att sänka energikostnaderna, vilket innebär korrekt dimensionering av vakuumpumparna, byte till billigare metoder och tätning av läckage. (Kent, 2008)

3.5 Värmeöverföring

Värme förflyttas hela tiden mellan två system med olika temperatur. Det finns tre typer av värmeöverföring vilka är konvektion, strålning och värmeledning.

Den värme som frigörs eller upptas vid en temperaturförändring kan beräknas med följande formel:

$$Q = m * c_p * \Delta T \text{ (Ekvation 3)}$$

där Q är värmemängden (kJ), m är massan(kg), c_p är mediets värmekapacitet (kJ/(kg*K)) och ΔT är temperaturskillnaden (K).

(Ekvation 3 kan skrivas om så att den överförda värmen per tidsenhet från eller till ett medium erhålls, och ser då ut som följer:

$$\dot{Q} = \dot{m} * c_p * \Delta T \text{ (Ekvation 4)}$$

där \dot{Q} är värmeöverföringen per tidsenhet (kW), \dot{m} är massflödet per tidsenhet(kg/s), c_p är värmekapaciteten för mediet (kJ/(kg*K)) och ΔT är temperaturskillnaden (K). (Cengel & Boles,2007)

Värmekapaciteten c_p varierar med temperaturen, men kan ofta approximeras till ett konstant värde.

Värmekapaciteten är ett mått på hur bra ett medium leder värme. Relevanta värden för arbetets förslag är:

Koldioxid: $c_{p,rökgas}=0,846$ kJ/(kg*K) vid atmosfäriskt tryck och temperatur.

Luft: $c_{p,luft}=1,005$ kJ/(kg*K) vid atmosfäriskt tryck och temperatur.

(Cengel & Boles,2007)

Densitet mäter ett mediums täthet, och anger vikt per volymenhet. Relevanta värden för arbetets förslag är:

Luft: $\rho_{luft}=1.29$ kg/m³ vid atmosfäriskt tryck och temperatur.

(Nationalencyklopedin, 2008, a)

3.5.1 Värmeledning

Värmeledning kan ske i fasta, flytande eller gasformiga medier. Överföringen sker genom förflyttning av partiklars rörelseenergi. Partiklar i ett medium med högre temperatur har högre rörelseenergi, vilken

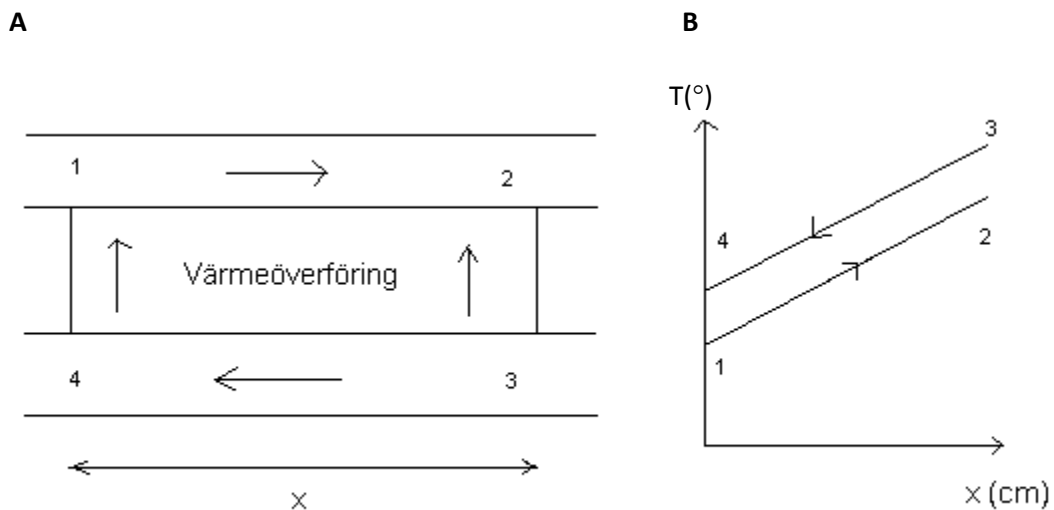
överförs till partiklar i ett kallare medium, vilka har en lägre rörelseenergi. Överföringen ges av (Ekvation 5).

$$P = -A \cdot \lambda \cdot dt/dx \text{ (Ekvation 5)}$$

där P är den överförda värmemängden (W), A är överföringsområdets area (m²), λ är materialets värmekonduktivitet (W/(m*K)) och dt/dx är temperaturskillnad i ett oändligt smalt inkrement (K). (Sundén, 2006)

3.5.2 Värmeväxlare

Värmeväxlare baseras på en överföring av energi i form av värme från ett flöde till ett annat. Metoden används vanligen för att ta tillvara på spillvärme.



Figur 15: Principen för en motströmsvärmeväxlare. Flöde 3-4 värmer upp flöde 1-2. x anger den relativa positionen.

I Figur 15 visas ett diagram samt en skiss av en värmeväxlare. A visar de två flödena 1-2 och 3-4. Flöde 3-4 håller en högre temperatur, och kan därför avge värme till 1-2. I B åskådliggörs hur temperaturerna i flödena förändras under värmeväxlingen. (Cengel & Boles, 2007)

En viss del av den överförda värmemängden går förlorad till omgivningen vid värmeväxling. Detta medför att en verkningsgrad på 100 % inte kan uppnås. Moderna värmeväxlare uppnår en verkningsgrad på ungefär 90 %. (Teresa Hankala-Janiec, 2008-10-22)

Som (Ekvation 5) visar varierar den överförda mängden värme med en värmeväxlarens area, dess material samt temperaturskillnaden mellan den kalla och den varma sidan.

En luft/luft-värmeväxlare förflyttar värmeenergi mellan två gasflöden. Dessa är effektiva då ett luftflöde ska värmas upp, då de medför att bara en värmeväxling behöver göras. (Teresa Hankala-Janiec, 2008-10-22)

3.5.3 Ideala gaslagen

Ideala gaslagen är ett samband som beskriver ideala gasers egenskaper.

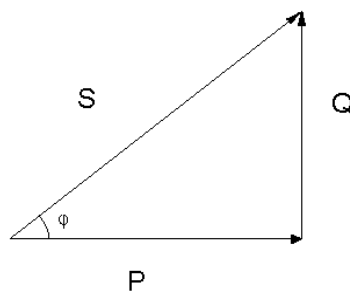
$$p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T \quad \text{(Ekvation 6)}$$

där p är trycket (Pa), V är volymen (m^3), m är massan (kg), M är molmassan (kg/mol), R är ideala gaskonstanten ($J/(mol \cdot K)$) och T är temperaturen (K).

Formeln kan även skrivas om för att räkna på flöden, genom att använda sig av volym och massa per tidsenhet. (Nationalencyklopedin, 2008, b)

3.6 Reaktiv effekt

Som Figur 16 visar är den skenbara effekten, S , ett resultat av både aktiv och reaktiv effekt. Den aktiva effekten, P , är den som används för att driva elektriska apparater, medan reaktiv effekt, Q , inte kan utnyttjas (Franzén och Lundgren, 2002). Den effekt som ett företag betalar för är den aktiva, vilken inte påverkas av högre Q . Dock kan kostnaderna för abonnemang och tillåten effekt påverkas (Ingvar Åsberg, 2008-10-14). Utöver att den reaktiva effekten kan vara en kostnad för ett företag ökar den även belastningen på nätet, vilket gör det önskvärt att eliminera den. (Simonsson, 2008-09-11)



Figur 16: Effekttriangeln för en induktiv last. S är skenbar effekt, P är aktiv effekt och Q är reaktiveffekt. (Franzén och Lundgren, 2002)

Reaktiv effekt är resultatet av induktiva och kapacitiva laster. Dessa båda är motpoler, vilket medför att en induktiv last motverkas vid införandet av en kapacitiv, och tvärt om. I en industri är det framförallt

induktiva laster i form av motorer och ugnar som skapar den reaktiva effekten, vilket innebär att det är kapacitiva laster som sätts in för att kompensera detta (Simonsson, 2008-09-11).

Enligt Bengt Simonsson (2008-09-11) är $\cos(\phi)$ fullt acceptabelt då det ligger över 0,9. Det är därför inte relevant att titta på faskompenseringar för ställverk som överstiger detta värde.

4 Utvärdering energianvändningen

I följande kapitel utvärderas energianvändningen och hanteringen av ställverk och elöverföring.

4.1 Belysning

All belysning tänds och släcks manuellt, det finns med andra ord inga installerade timers eller rörelsesensorer. I många fall räcker det med en enda strömbrytare för att slå på eller av belysningen för en hel lokal.

För beräkning av kostnader för lampor används ett kWh-pris på 0,50 kr (se kapitel 1 Avgränsningar), samt att ett år har 8760 h. Med andra ord så kostar en installerad kW ca $0,50 * 8760 \text{ kr} = 4\,380 \text{ kr/år}$, och den totala installerade belysningen på ca 3 600 lampor knappt en 1 000 000 kr/år.

4.1.1 Lager 1 + Lager 2

Sammanlagt i dessa lager är den totala installerade effekten för belysningen ca 50-60 kW. Detta kostar Trioplast ca 30 kr i timmen, vilket ger en årskostnad på drygt 250 000 kr.

I delar av dessa lokaler sker arbetet ytterst sporadiskt. Det är oftast enbart en eller ett fåtal truckar som utför arbete åt gången, och även ifall det endast sker i en liten del av rummet så är hela utrymmet upplyst. Med tanke på att respektive utrymme är ca 3000 kvadratmeter ger inte lamporna i ena änden av lokalen något nyttigt ljus i andra änden.

4.1.2 Lager 3

Det som skiljer sig från Lager 3 jämfört med Lager 1 och 2 är dels att det har en mindre area, och dels att där är installerat betydligt färre lysrör per kvadratmeter. Där är ca 2,5 gånger längre avstånd mellan varje armatur i jämförelse med de andra två lagrena, vilket också åskådliggörs i Tabell 1 samt Figur 17. I övrigt sker det samma typ av arbete som i de andra lagerlokalerna.

Den totala installerade effekten för belysningen på ca 6 kW kostar Trioplast omkring 3 kr i timmen, det vill säga ungefär 25 000 kr/år.

4.1.3 Extruderhall

I extruderhallen är den totala installerade effekten för belysningen 25 kW. Detta kostar Trioplast ca 13 kr/h, och ger en årskostnad på ungefär 110 000 kr.

I extruderhallen pågår arbete 24h om dygnet, med vissa undantag då produktionen ligger nere. Trots detta står samtliga lampor tända vid dessa tillfällen, även om det då enbart förekommer sporadisk verksamhet i lokalen.

4.1.4 Tryckeriet

I tryckeriet är den totala installerade effekten för belysningen 15 kW. Detta kostar Trioplast 8 kr i timmen, och ger en årskostnad på ungefär 70 000 kr.

I tryckmålningen försiggår ständigt intensivt arbete i hela lokalen, och det är av stor vikt att belysningsnivån är god då delar av arbetet handlar om att bedöma färgnyanser.

4.1.5 Påsavdelningen

I påsavdelningen sker arbete oftast vid ungefär hälften av maskinerna. Lampor lyser dock ändå, både lokalt vid maskinerna samt armaturerna uppe vid taket.

Total installerad effekt ligger runt 17 kW. Detta ger en timkostnad på ca 9 kr, och en årskostnad på 75 000 kr.

4.1.6 Planextruderingen

500 lysrör i planextruderingens lokaler drar ca 30 kW. Detta innebär en kostnad på 15 kr/h och ungefär 130 000 kr/år.

Planextruderingen är den produktionsavdelning där det används flest lampor, framför allt lokalt vid produktionslinjerna. Där finns också rikligt med takbelysning, bland annat i ett lagerutrymme där det sällan sker något arbete.

Vad som märkbart skiljer sig till det sämre i planextruderingen jämfört med andra lokaler, är att där är en näst intill total avsaknad av takfönster.

4.1.7 Regranulering

I regranuleringen finns det gott om instrålning från dagsljuset, och vid den okulära undersökningen uppfattade vi det som att det vid dagtid knappt behövs någon installerad belysning alls. Produktionen sker endast vid en plats i lokalen, och resten av utrymmet fungerar som ett mellanlager för inkommande och utgående material.

Trots ovanstående fakta är där ca 100 lysrör installerade i princip 24 h/dygn. Dessa har en total effekt på 6 kW, vilket ger en kostnad på 3 kr/h och 25 000 kr/år.

4.1.8 Kontor

I kontoren utförs arbete som kräver en mycket god belysning. Fönstren i lokalerna ger en inströmning av solljus, och då färgen på väggarna är vit så reflekteras detta till en god ljuskälla. Eftersom kontoren inte används nattetid behöver inte belysning tas i beaktande. Belysningen släcks rutinmässigt nattetid.

Totalt har kontorslokalerna en installerad belysning på 500 st lampor á 18 alternativt 36 watt. Detta ger 17 kW, med andra ord 9 kr/h och 80 000 kr/år.

I beaktning bör tas att i korridorerna utanför rummen samt i matsalen är där en onödigt hög belysning. En annan aspekt att fundera över är varför belysningen ser olika ut i olika rum på kontoret. I vissa kontor är det installerat mer än 10 gånger så hög belysningseffekt än i andra, trots att de endast är dubbelt så stora till ytan.

4.1.9 Övriga

I många utav de övriga utrymmena sker en fullständigt onödig energianvändning i form av överflödigt belysning. På flertalet ställen i fabriken rör sig inte en människa under långa perioder, men lamporna är igång mer eller mindre hela tiden ändå.

En uppskattning på ungefär 500 installerade lysrör á 36 watt i samtliga övriga utrymmen ger en total förbrukning på ungefär 20 kW. Per timme och år blir detta en ungefärlig kostnad på 10 kr respektive 90 000 kr.

4.2 Ventilation

Eftersom ansvaret för ventilationen är lagt på ett externt företag har det varit svårt att få tag i väsentlig data från Trioplast. Vid kontakt med Bravida fick vi svaret att de inte heller hade den nödvändiga informationen (Rasmussen, 2008-10-15). På grund av detta har mycket av den data som används i kapitlet tagits fram genom relativt grova uppskattningar. Önskvärt hade varit att veta hur skovlarna ser

ut i fläktarna, hur ofta de rengörs och filter byts, ifall de är varvtalsstyrda, hur moderna och effektiva de är och hur mycket el de förbrukar med mera.

Enligt energimyndigheten finns det pengar och energi att spara genom ett antal åtgärder. I fallet Trioplast ser vi potentiella besparingar i att se över bland annat styrning, reglering, renovering och driftnedsättning av ventilationen. (Energimyndigheten, 2008, c)

Som nämnts tidigare (se kapitel 2 Ventilation) drar ett av de större friskluftsintagen 11 kW. Vi uppskattar att samtliga 25 har en installerad effekt på ca 100 kW. Detta innebär då en kostnad på ungefär 500 000 kr/år, förutsatt att hela ventilationssystemet alltid är igång.

4.3 Tryckluft och vakuüm

I följande avsnitt utvärderas trycklufts- och vakuümanvändningen.

4.3.1 Tryckluft

Kostnaden för huvudkompressorn under 1 år blir:

Kostnad/år = ((kW * h/år * andel körtid) * (kW * h/år * andel vilotid)) * kr/kWh

$(132 * 8760 * 45/50 + 132 * 8760 * 5/50 * 1/3) * 0,5 = (1\,040\,688 + 38\,544) * 0,5 = 539\,600$ kr

Utöver använd energi kostar även luftrening (se kapitel 3 Tryckluft och vakuüm). Att bedöma hur mycket tryckluftsanvändningen för varje applikation kostar är svårt då det dels kräver en mätning av mängden tryckluft som används och dels är beteenderelaterat.

Tryckluften används vid en rad applikationer i fabriken . Flera av dessa anses som onödig användning då tryckluft som tidigare nämnts är dyrt (se kapitel 3). För att åtgärda detta finns det två alternativ. Det första är att ta bort applikationen i fråga, men detta kan bara göras i undantagsfall då föremålet inte är nödvändigt. Det andra är att byta ut dem mot billigare alternativ. Detta innebär dock en investeringskostnad, vilket medför att besparingen som görs bör leda till en godtagbar pay-back-tid.

Blåsextruderingen: Tryckluften används för att trycksätta bobiner samt ta loss rullarna då produktionen är klar. Dessa anses svåra att ersätta då de är en del av maskinens konstruktion.

Tryckeriet: I den här delen av produktionen används tryckluften främst för att driva de pumpar som transporterar färgen. Att pumpa med tryckluft ses som onödig användning och bör kunna ersättas av effektivare metoder.

Påsavdelningen: I påsavdelningen används tryckluften till en rad applikationer. Ventiler blåser på plasten för att göra den jämn, svetsningen av handtag med mera sker genom utskjutning av svetspartiklarna och hålen stansas. I jokermaskinerna avlägsnas plastfilmen från rullbandet med tryckluft. Tryckluft används

även till att trycksätta bobiner. Samtliga applikationer i påsavdelningen anses kunna ersättas med billigare metoder.

Färgblandningen: Pumparna drivs med tryckluft. Som tidigare nämnts anses tryckluftsdrivna pumpar ineffektiva ur energisynpunkt.

Övrigt: I hela fabriken finns det tryckluftsdrivna handverktyg. Ett 50-tal av dessa är tryckluftspistoler och används i första hand till att städa. Utöver dessa finns det runt 30 stycken handverktyg som används till andra applikationer, exempelvis borra eller slipa. Utöver handverktygen finns det även ett antal liftar som drivs med tryckluft. Tryckluftspistoler och handverktyg anses ineffektiva ur energisynpunkt och bör kunna ersättas.

4.3.2 Vakuuum

I blåsextruderingen används en pump per maskin för de två extrudrar som behöver vakuuum. Pumparna använder tillsammans 15kW (se kapitel 2 Vakuumpumpar). Kostnaden för pumparna i dagsläget vid full drift är:

$$(\text{Ekvation 1}) K = P * t * p$$

$$15 * 8760 * 0,50 = 65\ 700 \text{ kr/år}$$

Vakuuumgenereringen i planextruderingen sker i två separata stationer. Materialet flyttas i två olika steg, av vilka det ena kan anses överflödigt. Vid närmare undersökning visar det sig dock att mellanlagringen ligger på ledningen som sedan går till extrudern, vilket innebär att materialet ändå måste flyttas samma sträcka. Mellanlagringen kan innebära en del energiförluster, men dessa anses för små för att åtgärda. Vakuumanvändningen i planextruderingen anses svår att ersätta. Vakuumpumparna använder totalt 100 kW vid full drift (se kapitel 2 Vakuumpumpar). Kostnaden vid full drift är:

$$K = 100 * 8760 * 0,50 = 438\ 000 \text{ kr/år}$$

Dock körs inte alla pumpar samtidigt, vilket leder till en betydligt lägre årskostnad.

Vakuumanvändningen i påsavdelningen är svår att ersätta. Dock anser vi att det finns möjliga förbättringar att göra för att effektivisera produktion och användning.

Tillsammans använder pumparna maximalt 60 kW (se kapitel 2 Vakuumpumpar). Kostnaden vid full drift blir:

$$K = 60 * 8760 * 0,50 = 262\ 800 \text{ kr/år}$$

Dock körs inte alla pumpar samtidigt, vilket leder till en betydligt lägre årskostnad. Regleringen av pumparna ska ske automatiskt, men vår okulära undersökning visar att detta fungerar bristfälligt, då pumparna ofta står igång utan att maskinerna körs. Tidigare har tester utförts, där möjligheten att koppla en pump till två maskiner undersökts. Det visade sig dock inte fungera.

Enligt Energimyndighetens undersökningar kan lönsamma renoveringar av vakuumpumpar göras (Energimyndigheten och Naturvårdsverket, 2000). Exemplet som visas har dock en betydligt högre

användning än Trioplast, vilket antagligen gör en liknande renovering mindre lönsam. Dock visar detta att det är värt att hålla vakuumpumparna i bra skick för att sänka energianvändningen.

4.4 Eldning av ozon och lösningsmedel

Naturgasen som används vid förbränningen köps in från E.ON. Som nämnts i kapitel 2 Förbränningsanläggning har dessa kostnader kunnat sänkas betydligt då Trioplast har ökat lösningsmedelshalten i gaserna. Syftet med eldningen är som tidigare nämnts att göra sig av med både ozonet och lösningsmedlet, men det sistnämnda fungerar i sig som ett alternativt bränsle till naturgasen.

Då dessa restprodukter måste hanteras enligt gällande lagstiftning, och naturgasen redan sänkts, anser vi inte att det finns effektiviseringar att genomföra. Dock bör den värme som avges vid förbränningsprocessen vara möjlig att använda i energisparande syften, exempelvis till förvärmning i fabriken.

4.5 Maskiner

Den del av Trioplasts verksamhet som använder mest energi är maskinerna i produktionen. Som nämnts tidigare i avgränsningarna kommer ingen grundligare genomgång att göras av dessa. Det är dock relevant att nämna värmebehovet för ugnarna i tryckeriet, eftersom här finns besparingspotential (se förslag kapitel 5 Värmeåtervinning). Som beskrivits i kapitlet ovan (se kapitel 4 Eldning av ozon och lösningsmedel) så finns det i närheten av tryckeriet stora möjligheter att hämta spillvärme.

Det genomsnittliga luftbehovet är 60 m³/minut. Den använda energin för varje maskin till torkningsprocessen blir:

$$(\text{Ekvation 4}) \dot{Q} = \dot{m} * c_p * \Delta T$$

$$(60 * 1,29) / 60 * 1,005 * (55 - 25) = 38,89 \text{ kW}$$

Värden på densitet och värmekapacitet är tagna från teoridelen.

4.6 Ställverk och elöverföring

Med formler ifrån teoridelen (se kapitel 3 Reaktiv effekt) och information från genomgången av övriga stödfunktioner (se kapitel 2 Ställverk och elöverföring) kan vi räkna ut att det totala Cos(ϕ) för hela fabriken ligger på 0,91. Enligt tidigare beräkningar som gjorts av ABB är detta värde 0.6 på ställverk 5, och 0.9 på ställverk 6, varför det kan vara intressant att titta på en kompensering för reaktiv effekt på ställverk 5. Detta tar emot drygt 600 kW, varav 500 kVAr utgörs av reaktiv effekt och 350 kW är aktiv effekt.

Trioplast betalar som tidigare nämnts elnätavgifterna till Landskrona Kommun, men elen köper företaget in från Eon. Eftersom det finns ett övergripande koncernavtal gällande elen, hamnar frågan

utanför ramarna för detta arbete (se kapitel 1 Avgränsningar). I och med detta kommer vi inte att gå in och analysera några besparingsåtgärder på denna punkt.

4.7 Kyl- och uppvärmningssystem

Vår kartläggning har lett fram till slutsatsen att Trioplast redan gjort en grundligare genomgång av kyl- och uppvärmningssystemet, och detta är tillräckligt effektivt ur energianvändningssynpunkt. Därför kommer det inte att göras någon vidare utvärdering eller diskussion på detta område.

5 Förslag

I följande kapitel redogörs för de områden där förslag på förbättringsåtgärder finns, uppskattningar av de besparingar som görs samt de kostnader det skulle innebära.

5.1 Belysning

Omfattande delar av lokalerna är upplysta utan att där sker någon aktivitet. På en del platser är belysningen också mer än tillräcklig för att avsedd verksamhet ska kunna bedrivas. I och med dessa iakttagelser ser vi effektiviseringsmöjligheter i att på vissa ställen helt och hållet plocka bort viss belysning, samt att på andra ställen installera rörelsesensorer. Där finns även potentiella besparingar att genomföra i och med installering av mer effektiva armaturer.

5.1.1 Sänka belysningen

I följande förslag ska det hållas i åtanke att belysningen är mer nödvändig under nattetid och vintermånaderna. Därför är beräkningarna gjorda för ett uppskattat medelbehov under ett år.

Beträffande investeringarna för följande förslag så är deras kostnader väldigt små, näst intill försumbara. Det enda som behövs är egentligen bara arbetstimmar, vilket rekommenderat skulle kunna utföras av befintlig personal. På grund av dessa aspekter har vi inte tagit med några investeringskostnader i uträkningarna.

5.1.1.1 Kontor

Vissa av kontoren har endast en installerad armatur med två stycken lysrör strax ovanför skrivbordet. Andra kontor har upp emot 30 stycken installerade lysrör totalt. Visserligen är dessa till för flera personer och är något större, men en lösning med några stycken lampor per person hade gjort det möjligt att släcka ner upp emot 50 lampor.

Även korridoren utanför kontoren, samt matsalen anser vi har en överflödigt belysning. Ungefär lika många lysrör som i ovanstående förslag skulle vara rimligt att kunna släcka ner, utan att det skulle påverka arbetsmiljön.

Då kontoren endast används under normal arbetstid, och uppfattningen är att där är släckt under kvällar och helger, räknar vi att potentiella besparade belysningstimmar är ca 2000 h/år. I matsalen däremot är användning 8760 h/år. Med andra ord ger detta en besparing på:

$$(Ekvation 1) K = P * t * p$$

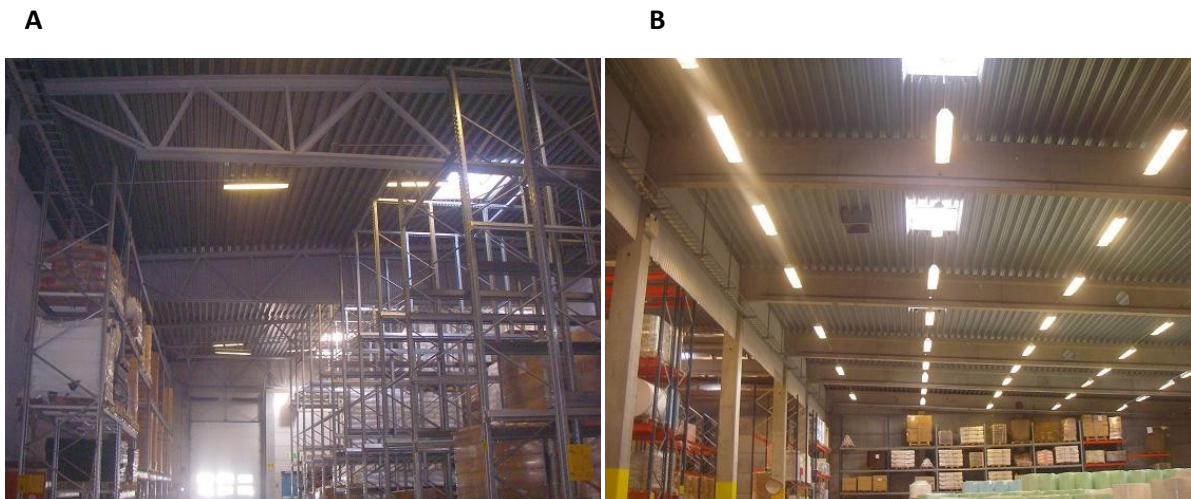
$$50 * (0,018 * 2000 * 0,50) + 50 * (0,018 * 8760 * 0,50) = 4 800 \text{ kr/år}$$

5.1.1.2 Lagerlokaler

Lager 1 och lager 2 har mer än dubbelt så många installerade lysrör per kvadratmeter i jämförelse med lager 3 (se Figur 17). I dessa anser vi att belysningen som bäst i snitt skulle kunna halveras (det vill säga 300 lampor i lager 1 och 175 lampor i lager 2) över ett år utan att påverka arbetet som förekommer där. Då lysrören i lagrena brinner konstant skulle detta kunna resultera i en besparing på:

$$K = P * t * p$$

$$300 * (0,058 * 8760 * 0,50) + 175 * (0,058 * 8760 * 0,50) = 120 700 \text{ kr/år}$$



Figur 17: A - belysningen sitter i lager 3, B - belysningen i lager 1.

5.1.1.3 Påsavdelningen

Vår uppfattning är att stora delar av takbelysningen i påsavdelningen är överflödig under de ljusa timmarna på dygnet. Framför allt under sommarmånaderna då solljusinströmningen är god, och framför allt då det är god lokal maskinbelysning vid varje arbetsplats.

Vi räknar med att hälften av takbelysningen (ca 100 lampor) skulle kunna släckas ner ungefär 1500 h/år.

$$K = P * t * p$$

$$100 * (0,058 * 1500 * 0,50) = 4 400 \text{ kr/år}$$

5.1.1.4 Planextruderingen

Då där är väldigt god lokal maskinbelysning i planextruderingens lokaler anser vi att mycket av takbelysningen är överflödigt, inte minst i den södra lagerdelen. Utan att påverka arbetet skulle uppskattningsvis 100 lysrör kunna skruvas ner. Då de idag brinner konstant ger detta en besparing på:

$$K = P * t * p$$

$$100 * (0,058 * 8760 * 0,50) = 25\ 400 \text{ kr/år}$$

5.1.1.5 Regranulering

Ytterst sporadiskt arbete i få delar av lokalen i kombination med god solljusinströmning och överflödigt belysning innebär besparingspotential. I snitt över året skulle hälften av alla lampor kunna släckas, det vill säga 50 stycken. Då belysningen är igång dygnet runt skulle detta ge en återbetalning på:

$$K = P * t * p$$

$$50 * (0,058 * 8760 * 0,50) = 12\ 700 \text{ kr/år}$$

5.1.2 Rörelsesensorer

Följande förslag är baserade på att rörelsesensorer för belysning kostar 160 kr/st att inhandla. Vi räknar med att företaget kan sköta installationen med hjälp av egen personal, i annat fall måste en sådan konsultkostnad räknas. Hur många sensorer som krävs per lokal är en grov uppskattning från vår sida. Det är väldigt beroende på hur utrymmena ser ut, och hur mycket inventarier som är placerade där.

Det finns olika typer av sensorer beroende vad det finns för krav på belysningen. På Trioplast anser vi att en rörelsesensor med följande tre egenskaper skulle fungera på våra nedanstående förslag. En räckvidd på sju meter, en registreringsvinkel på 110° och en tidsinställning på upp till 200 sekunder. (www.conrad.se, 2008-10-02)

5.1.2.1 Matsal

Matsalen står öppen till förfogande dygnet runt, vilket gör att samtliga lampor där också brinner för det mesta. Det är dock många timmar på dygnet som utrymmet inte utnyttjas. I detta fall är en rörelsesensor en bra lösning för att kunna hålla nere belysningskostnaden.

Vår uppfattning är att det under ca 15 h/dygn (5475 h/år) inte befinner sig någon i matsalen och att det då brinner överflödiga lampor. Investering skulle kräva två rörelsesensorer (en vid varje dörr) på en sammanlagd kostnad av ungefär 320 kr. Den första kalkylen nedan är baserad på så som belysningen ser

ut idag och den andra på att det tidigare nämnda förslaget (se kontor) om sänkt belysning är genomfört, där 30 av de 50 nedsläckta lamporna gäller matsalen.

$$K = P * t * p$$

$$50 * (0,018 * 5475 * 0,50) = 2\ 500 \text{ kr/år}$$

$$20 * (0,018 * 5475 * 0,50) = 1\ 000 \text{ kr/år}$$

5.1.2.2 Övriga utrymmen

Övriga utrymmen ser väldigt olika ut i belysningssammanhang, vilket gör att det inte går att göra en generell bedömning för allihop. Vår uppfattning är dock att det på flertalet platser i fabriken är belysning igång i onödan utan att det sker någon verksamhet.

I mindre utrymmen såsom toaletter och små förråd ser vi ingen anledning att installera rörelsesensorer då återbetalningen på inköpspriset är orimlig. Exempel på övriga utrymmen där en åtgärd skulle vara nödvändig är omklädningsrum, fikarum, korridorer, större förråd (till exempel kliché och det arkiv ovanför verkstaden) och utomhusbelysning. I de flesta av dessa platser skulle en eller max två sensorer á 160 kr räcka.

Vi räknar med att ca 90 % av lamporna, det vill säga 450 stycken (se Tabell 1), i övriga utrymmen skulle behöva kopplas till en sensor. Vi räknar också med att de i snitt lyser ca 20 h/dygn (7300 h/år) i onödan.

$$K = P * t * p$$

$$450 * (0,036 * 7300 * 0,50) = 59\ 100 \text{ kr/år}$$

5.1.2.3 Lager

I samtliga lager ser vi ett behov av att installera rörelsesensorer. Ena långsidan av dem används visserligen som passage och i ett fall godsmottagning, varav det mer eller mindre hela tiden är folk i rörelse. Däremot längst inne bland hyllorna sker endast sporadisk truckverksamhet ca 20 % av tiden.

Problemet med sensorer i lagrena är att utrymmena är så pass stora att där måste installeras ett flertal. En annan utmaning är att de antagligen måste sättas på hyllorna mellan gångarna.

I samtliga tre stora lager anser vi att ungefär 30 stycken strategiskt utplacerade rörelsesensorer, som tillsammans skulle kosta 4800 kr, skulle kunna kopplas till ca 600 lampor. Då dessa skulle kunna få ner lystiden med 80 % av dygnet (ca 7000 h/år) blir besparingarna enligt nedan. Det första exemplet är baserat på hur belysningen ser ut idag, det andra på att det tidigare nämnda förslaget om halverad belysning är genomfört.

$$K = P * t * p$$

$$600 * (0,058 * 7000 * 0,50) = 121\ 800 \text{ kr/år}$$

$$300 * (0,058 * 7000 * 0,50) = 60\ 900 \text{ kr/år}$$

5.1.2.4 Extruderhallen

I den östra delen av extruderhallen ligger ett "mellanrum" som vetter mot påsavdelningen. I detta utrymme sker arbete väldigt sällan, men där lyser ändå ca 50 lysrör konstant. Tre stycken rörelsesensorer (en vid varje dörr) på en kostnad av totalt 480 kr skulle kunna sänka energikostnaden för detta utrymme enligt nedanstående kalkyl. Vi räknar med att lamporna skulle behöva lysa ca 20 % av dygnet, vilket skulle ge 7000 släckta h/år.

$$K = P * t * p$$

$$50 * (0,058 * 7000 * 0,50) = 10\ 200 \text{ kr/år}$$

5.1.3 Solljus AB

Följande förslag är baserat på information från möte med representant ifrån företaget Solljus AB den 23:e september 2008. Solljus AB säljer armaturer som ger ett högre luxtal per installerad effekt. I det här förslaget räknar vi (författarna) på huruvida det skulle löna sig att installera deras produkter i lager 1.

För tillfället brinner 600 lysrör á 58 W i lager 1. Enligt oss skulle samma ljus kunna ges av ungefär 60 stycken armaturer från Solljus AB á 250 W. Enligt nedanstående uträkning skulle detta generera en årlig besparing på ca 104 100 kr.

$$K = P * t * p$$

$$600 * (0,058 * 8760 * 0,50) - 60 * (0,250 * 8760 * 0,50) = 86\ 700 \text{ kr/år}$$

Då varje armatur skulle kosta drygt 2000 kr att köpa in och installera skulle de totala investeringskostnaderna bli över 120 000 kr. Med tanke på att återbetalningstiden är drygt ett år så är investeringen rimlig. Om vi däremot jämför detta förslaget med våra tidigare är det inte alls lika bra ur ekonomisk synvinkel. Som tidigare nämnts skulle den befintliga belysningen kunna reduceras avsevärt, vilket i sådana fall skulle göra den ekonomiska kalkylen för Solljus AB mindre attraktiv. Ett annat argument emot det hela är att armaturerna i fråga tar ca två minuter att tända upp, vilket innebär att de inte kan kombineras med en installation av rörelsesensorer.

5.1.4 Lågenergilampor

Vi har valt att inte ta med något förslag på att installera så kallade lågenergilampor istället för de befintliga lysrören. På grund av att elnätet hos Trioplast är väldigt instabilt kan detta innebära att sådana installationer ofta skulle gå i sönder och behöva bytas ut. Rent ekonomiskt gör detta att det hela blir en dålig investering.

5.1.5 Sammanfattning förslag belysning

Sammanfattningsvis kan vi konstatera att det på vissa ställen i fabriken (framför allt i lagerlokalerna) skulle kunna göras stora besparingar genom att genomföra våra ovanstående förslag. I andra lokaler är inte effektiviseringspotentialen lika omfattande, men då det endast krävs ytterst små investeringar är det en relativt enkel insats som krävs.

Vårt första förslag (Sänka belysningen) kan sammanfattas med en sänkning av energianvändningen som uppgår till ca 340 000 kWh och en besparing på totalt nästan 168 000 kr/år. Det andra förslaget (Rörelsesensorer) medför en sänkning med ca 400 000 kWh och 193 600 kr/år. En kombination av de båda skulle kunna ge en total minskad energianvändning med ca 740 000 kWh och energiutgifterna med ungefär 300 000 kr, det vill säga 30 % av den totala belysningskostnaden.

5.2 Ventilation

I brist på svar angående våra frågeställningar i utvärderingen av energianvändning (se kapitel 4 Ventilation) kan inga konkreta ekonomiska uträkningar göras, utan vi kan endast ge tips och förslag på potentiella möjliga åtgärder. Vi utgår ifrån att få, alternativt inga effektiviseringsåtgärder gjorts de senaste åren eftersom information på detta område inte funnits att tillgå.

5.2.1 Fläktsystemets drifttid

Vi anser att det finns möjlighet att spara in elförbrukning i fläktsystemen genom att se över huruvida den verkligen är nödvändig, vilket det även kan göras grova ekonomiska besparingsuppskattningar på. Som tidigare nämnt körs hela fläktsystemet 24 h/dygn, året runt. Ifall detta skulle ifrågasättas, och att det vid vissa tillfällen till viss del stängdes av, skulle detta innebära en energieffektiviseringsmöjlighet.

Vi ställer oss tveksamma till att ventilationsbehovet alltid är konstant, både vad gäller över ett dygn och över ett år. Till exempel på sommarhalvåret då ingen extra värme i fläktsystemet tillförs ser vi möjligheter att dra ner på ventilationsstyrkan. Luftflödet genom många av lokalerna, framför allt lagerlokalerna, är fullt tillräckligt för att uppnå god arbetsmiljö. Luften är i dessa utrymmen enligt vår uppfattning frisk och torr.

Det undertryck som nämnts i kapitel 2 Ventilation och faktumet att ventilationen är igång under sommaren för att minska detta skulle kunna försvåra genomförandet av ovanstående förslag, och detta bör ses över. Skulle dock ett av förslagen i kapitel 5 Värmeåtervinning genomföras och fylla sin funktion försvinner problemet.

Som tidigare nämnts uppskattade vi grovt den årliga totala kostnaden för energianvändningen i fläktsystemet till ca 500 000 kr. Detta innebär att en minskad användning på till exempel 20 % skulle leda till en sänkt energianvändning med 200 000 kWh och en besparing med 100 000 kr/år.

5.2.2 Övriga tips

Det finns flertalet exempel på tidigare åtgärder som gjorts på fläktsystem i andra industrier och fastigheter i syfte att energieffektivisera. Ingenjörfirma Kuno Ekdahl(2008-10-28) har gjort en jämförelse mellan två olika fläktmotorer med samma kapacitet, där den ena anses som gammal och den andra som ny. Den förstnämnda hade en installerad effekt på 5 kW och den andra på 2 kW. Det innebär en skillnad på 150 % i energianvändning mellan de båda. Räknat på årets 8760 h, och att elpriset är 0,50 kr/kWh, ger detta en kostnadsdifferens på drygt 13 000 kr/år.

Ett annat relevant tips är ventilationsrengöring. Enligt Ingenjörfirma Kuno Ekdahl (2008-10-28) kan fläktsystem som verkar i fuktiga miljöer med mycket damm i luften gå ner 80 % i flöde under en tioårsperiod. I fallet Trioplast är det framför allt toaletter och omklädningsrum som är mest kritiska, men även i vissa delar av produktionen förekommer det fukt och partiklar. Vi tror dock att det kan vara värt att se över rutiner för rengöringen av hela ventilationssystemet, förutsatt att detta inte redan gjorts.

Efter samtal med Lars Jensen (2008-09-25), professor i installationsteknik vid Lunds Tekniska Högskola, fick vi ett tips om att det kunde vara värt att utreda hur skovlarna på fläktarna var vända. Enligt Lars Jensen finns där två alternativ till konstruktioner som är vanliga. Dessa är fläktar med framåtböjda alternativt med bakåtvända skovlar. Ur energianvändningssynpunkt är den förstnämnda sämre då de har en lägre verkningsgrad, men ur arbetsmiljösynpunkt är de bättre eftersom de orsakar mindre buller. Ett tips är därför att nästa gång fläktarna ska bytas ut eller renoveras, kan det vara värt att se över hur skovlarna är vända. På platser som kräver en tyst arbetsmiljö är det givetvis nödvändigt att det förblir så. Dock i lokaler som redan har en hög decibelnivå skulle en energieffektivisering kunna åstadkommas genom installation av fläktar med bakåtvända skovlar, utan att det skulle påverka arbetsmiljön. (Lars Jensen, 2008-09-25)

5.3 Tryckluft och vakuum

I följande avsnitt redovisas de förslag gällande trycklufts- och vakuumanvändningen.

5.3.1 Tryckluft

För att sänka de kostnader tryckluften står för föreslår vi två olika åtgärder. Den första är att minska läckage och spill i distributionssystemet och den andra är att sänka förbrukningen.

5.3.1.1 Åtgärd 1

Som tidigare nämnts i kapitlet Teori (se kapitel 3 Tryckluft och vakuum) kan läckage och spill medföra stora förluster och därmed kostnader. För att åtgärda detta görs lämpligen en genomsökning av distributionssystemet. Det har gjorts interna okulära och auditiva undersökningar, men enligt vår uppfattning är det svårt att hitta många läckor utan rätt utrustning. Detta kan därför göras antingen genom inköp av nödvändig utrustning, eller genom inhyrning av externt specialistföretag.

Det finns olika metoder för att hitta läckage av tryckluft. Det förmodligen enklaste sättet är genom en ultraljudsdetektor. Dessa kan införskaffas till ett lågt inköpspris (ESSKA teknik, 2008-11-14). Detta innebär att även lagningen av hålen sker internt.

Inhyrning av ett externt företag är dyrare, men resultatet är garanterat. Företaget erbjuder även lagning av hålen (LeekSeek, 2008-11-14).

5.3.1.2 Åtgärd 2

För att sänka förbrukningen behöver en del av de applikationer som använder tryckluft bytas ut. Detta innebär en kostnad, men denna kan endast uppskattas av företaget på plats eller med omfattande uppgifter om bland annat tryck, uppfästningar och styrsystem.

De pumpar som drivs av tryckluft kan bytas ut mot elektriska pumpar. I påsmaskinerna kan både stansar och svetsar bytas ut till elektriska alternativ (se exempelvis www.festo.se). Dessa kan ha en hög investeringskostnad, men företaget måste göra ett besök i fabriken för att uppskatta denna. De ventiler som blåser loss plasten från rullbandet samt de som gör den jämn bör kunna bytas ut mot fläktar. Tryckluftspistolerna som används till att städa kan tas bort helt, då städning kan genomföras på betydligt billigare sätt, exempelvis med borste eller vid behov fläktdrivna blåsaggregat. Handverktygen kan bytas ut mot elektriska alternativ om de anses nödvändiga, annars bör de plockas bort.

5.3.2 Vakuum

Överlag anser vi att det kan finnas anledning att se över produktion och användning av vakuum, dels om allt som används är nödvändig och dels om produktionen är effektiv.

5.3.2.1 Blåsextruderingen

Vakuumanvändningen i blåsextruderingen är relativt liten, men möjligheten finns att en pump räcker för att tillgodose båda maskinerna. Detta rekommenderas en närmare undersökning och implementering om möjligt.

5.3.2.2 Planextruderingen

Som nämnts i utvärderingen har vi haft svårt att hitta alternativ till den vakuumbaserade förflyttningen av material i planextruderingen. De metoder som diskuteras har varit mekanisk förflyttning med rullband eller transport av kärnen med truck. Dessa alternativ har ansetts orimliga av ekonomiska eller praktiska skäl och har därför inte undersökts närmre. Istället har möjligheten att effektivisera användningen undersökts.

Som nämnts i kapitel 4 Tryckluft och vakuum så räcker inte en vakuumpump till två maskiner i påsavdelningen. Dock antas pumparna ha en överkapacitet för bara en maskin, och detsamma gäller i planextruderingen. På grund av detta har förslaget att installera en ackumulatortank som håller ett konstant undertryck uppkommit. Denna är sedan kopplad till alla pumpar, vilka bara jobbar så mycket som krävs för att hålla rätt undertryck. Ett regelsystem behöver då installeras för att styra pumparna så att trycket i tanken är tillräckligt lågt.

Hur stor en besparing skulle bli av denna åtgärd går inte att bedöma utan att göra mätningar över en längre tid då kostnaden är beteenderelaterad. Besparingen anses dock vara signifikant. Uppskattning av kostnaden för installationen kräver en offert från ett externt företag. Vid en installation av en ackumulatortank rekommenderas även regelbundna kontroller av distributionssystemet för att minimera läckage.

5.3.2.3 Påsavdelningen

I påsavdelningen är vakuumpumparna nödvändiga, då vi inte hittar några alternativa metoder. Som nämnts i utvärderingen kör dessa pumpar även utan att maskinen är igång, vilket bör kunna åtgärdas.

Precis som för planextruderingen är en ackumulatortank ett alternativ, vilken kopplas till alla maskiner i påsavdelningen. Detta skulle innebära en total automatisering av vakuumproduktionen i påsavdelningen och skulle leda till en minskning av spillet.

5.3.3 Sammanfattning Tryckluft och Vakuum

Då inga mätningar på var tryckluften används och hur stort spillet och läckaget i är i fabriken distributionssystem, är det svårt att göra en bedömning av hur mycket som skulle sparas in med ovanstående åtgärder. Dock uppskattar vi att en effektivisering med 15 % skulle uppnås vid ett genomförande.

5.4 Värmeåtervinning

För att sänka den energi som används för att värma den inkommande luften till tryckmålningssugnarna, kan värmeåtervinning från Megtecen användas. Det finns två olika alternativa förslag att genomföra.

De värden som används i beräkningarna för värmeåtervinningen baseras på en offert som Trioplast låtit göra angående kompensering av undertrycket i fabriken. Dock visas inte offerten i denna rapport på grund av sekretess. Denna innebar en värmeväxlare som tar värme från rökgaserna och transporterar dem via ett medium för att förvärma den luft som tas in i fabriken. Följande värden kommer att användas vid våra beräkningar:

- Flöde: Rökgasflödet ut ur skorstenen är $26\,000\text{ Nm}^3$ (hämtat från extern offert)
- Temperatur: Røkgastemperaturen vid utloppet är 60°C . (extern offert)
- Tryckfallet över återvinningsbatteriet är 125 Pa . (extern offert)
- Røkgassammansättning: Sammansättningen av røkgaserna antas bestå av enbart koldioxid. Detta baseras på ingående komponenter som består av etanol, ozon och naturgas (metangas). Det värde som därför används är $c_{p,røkgas}=0,846\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ vid atmosfäriskt tryck och temperatur. (se kapitel 3 Värmeöverföring)
- Tryckeriets totala luftbehov uppskattas till $60\text{ m}^3/\text{minut}$ (se kapitel 4 Maskiner) och luftens har värmekoefficienten $c_{p,luft}=1,005\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ och densiteten $\rho_{luft}=1.29\text{ kg}/\text{m}^3$ vid atmosfäriskt tryck och temperatur. (se kapitel 3 Värmeöverföring)

Den maximala besparingen som kan göras är $38,89\text{ kW}$ (se kapitel 4 Maskiner).

5.4.1 Förslag 1

Det första förslaget baseras på den offert som Trioplast tidigare erhållit angående värmeåtervinning för kompensation av undertrycket.

I detta förslag ska värmen från rökgaserna istället användas för att förvärma den luft som tas in i ugnarna från omgivningen. Mediet, som lämpligen är vatten, värms upp till närmare de 60°C som rökgaserna ger och leds sedan i isolerade ledningar in i fabriken. Det varma vattnet delas sedan upp mellan de sju maskinerna där det förvärmer den luft som tas in i maskinerna för att på så sätt sänka

ugnarnas energianvändning. Även här används en värmeväxlare. Inomhustemperaturen i fabriken antas till 25°C. Den intagna luften kan därför maximalt höjas med 35°C.

Beräkning 1: Värmemängd i rökgaserna.

Ideala gaslagen deriveras här för att ge flöden per tidsenhet istället för konstant mängd.

$$\text{(Ekvation 6): } p \cdot V = (m/M) \cdot R \cdot T \Rightarrow \dot{m} = p \cdot \dot{V} \cdot M / (R \cdot T)$$

$$\dot{m} = (101,3 \cdot 10^3 + 125) \cdot 26000 / 3600 \cdot 44 \cdot 10^{-3} / (8,314 \cdot 333) = 11,64 \text{ kg/s}$$

$$\text{(Ekvation 4) } \dot{Q} = \dot{m} \cdot c_{p, \text{rökgas}} \cdot \Delta T$$

$$\dot{Q} = 11,64 \cdot 0,846 \cdot (60 - 25) = 345 \text{ kW}$$

Vi räknar med att det kommer att ske förluster i hela processen då värme i rökgaserna ska förflyttas in i tryckmaskinerna. Dels i värmeväxlingen mellan rökgaserna till mediet, dels i mediets transportstrecka in i tryckeriet och slutligen i värmeväxlingen mellan mediet och tilluften. Grovt uppskattat tror vi att den totala verkningsgraden i hela processen hamnar på minst 75 %. Ungefär 90 % vid varje värmeväxling (se kapitel 3 Värmeväxlare), samt en viss förlust i mediet under dess transport. Med denna verkningsgrad blir temperaturen på tilluften in i ugnarna ca $60 \cdot 0,75 = 45$ °C.

När vi nu besitter nödvändig information kan vi med följande formel räkna ut hur stor besparingspotential det finns i och med en värmeåtervinning ifrån Megtecen till tryckeriet.

Beräkning 2: Nödvändig värmemängd.

$$\text{(Ekvation 4) } \dot{Q} = \dot{m} \cdot c_{p, \text{luft}} \cdot \Delta T$$

$$\dot{Q} = (60 \cdot 1,29) / 60 \cdot 1,005 \cdot (45 - 25) = 25,93 \text{ kW}$$

Beräkning 3: Besparingen för åtgärd.

$$\text{(Ekvation 1) } K = P \cdot t \cdot p$$

$$\text{Kostnaden/år} = 25,93 \cdot 8\,760 \cdot 0,50 = 113\,600 \text{ kr/år}$$

En ytterligare utveckling av förslaget är en värmetransport från torkugnarna för att kompensera för lokalernas undertryck, för att på så sätt även åstadkomma effekten av den gamla offerten. Detta kan göras genom att spillvärme från torkugnarna, tagit från boosterslingan direkt efter torkugnarna, används för att värma ett luftintag i "mellanrummet" i extruderhallen (se kapitel 5.1 Extruderhallen). En betydligt mindre värmemängd skulle krävas här då det räcker med att inkommande luft värms till 20 °C. Dock skulle fler rör behöva dras och värmeväxlare köpas, vilket skulle öka investeringskostnaden markant.

Vi räknar med att -10°C är lägsta möjliga utomhustemperatur, vilket ger maximal nödvändig värmemängd. Luftflödet in behöver vara detsamma som flödet till torkugnarna, för att godtagbar kompensering ska ske.

Beräkning 3: Värmemängd till luftintag

$$\text{(Ekvation 4) } \dot{Q} = \dot{m} * c_{p,luft} * \Delta T$$

$$\dot{Q} = (60 * 1,29 / 60) * 1,005 * (20 - (-10)) = 38,9 \text{ kW}$$

Då volymen som plockas in är direkt beroende, och lika stor, som den volym energi hämtas från, är det enbart ΔT som avgör hur stor värmemängd som behövs. Den maximala nödvändiga ΔT är 30 °C, och den maximala tillgängliga ΔT är (55–20) = 35 °C. Den verkliga nödvändiga temperaturen är förmodligen lägre då motströmsvärmväxlare kan användas (se kapitel 3 Värmeväxlare).

För en närmare bedömning av investeringskostnaden hänvisas till tidigare nämnda offert.

5.4.2 Förslag 2

Det andra förslaget baseras på att luften till tryckmålningssugarna tas in utifrån. Detta skulle medföra en stor sänkning av fabriken undertryck. Den intagna luften ska förvärmas med en regenerativ luft/luft värmeväxlare (se kapitel 3 Värmeväxlare) av Megtecens rökgaser. Den inkommande luften skulle värmas till maximal möjlig temperatur, för att sedan transporteras in i fabriken i ett rörsystem och slutligen delas upp mellan maskinerna.

Beräkning 1: Värmemängd i rökgaserna

Den tillgängliga värmemängden i rökgaserna beräknas i förslag 1, och uppgår till 345 kW.

Precis som i förslag 1 beräknas förluster ske vid värmeväxling samt vid medietransport. I det här fallet sker en värmeväxling mindre i jämförelse med tidigare. Med andra ord får vi en förlust på 10 % i en värmeväxlare, och en liten förlust under mediets förflyttning från Megtecen till tryckeriet. Vi uppskattar den totala verkningsgraden till 85 %. I och med detta blir temperaturen på tilluften i ugnarna $60 * 0,85 = 51$ °C.

I detta förslag kan vi med hjälp av följande uträkning visa att trots väldigt låga utomhustemperaturer, till exempel – 20°C, så är värmemängden på 345 kW i rökgaserna tillräcklig.

Beräkning 2: Nödvändig värmemängd vid –20°C:

$$\text{(Ekvation 4) } \dot{Q} = \dot{m} * c_p * \Delta T$$

$$\dot{Q} = (60 * 1,29) / 60 * 1,005 * (51 - (-20)) = 92,05 \text{ kW}$$

Beräkning 3: Sparad effekt.

$$\text{(Ekvation 4) } \dot{Q} = \dot{m} * c_{p,luft} * \Delta T$$

$$\dot{Q} = (60 * 1,29) / 60 * 1,005 * (51 - 25) = 33,71 \text{ kW}$$

Fördelen med det här förslaget är att färre rör behövs, vilket medför en lägre investeringskostnad. Förlusterna som värmeväxlingar mellan olika medier medför blir också lägre, vilket ger en högre temperatur på inkommande luft. Kostnaden för en regenerativ luft/luft värmeväxlare beror på storleken, vilken är avgörande för hur mycket värme som kan utnyttjas (se kap 3 Värmeledning). En exakt bedömning av kostnaden kräver en offert från ett externt företag.

En nackdel med förslaget är att både tilluften och rökgaserna kan behöva filtreras innan de går in i värmeväxlaren, för att denna inte ska bli skadad. Detta är dock beroende på vilken typ av värmeväxlare som används, och bör därför bedömas av det företag som levererar tjänsten.

Beräkning 3: Besparingen för åtgärd.

$$(Ekvation 1) K = P * t * p$$

$$\text{Kostnaden/år} = 33,71 * 8\,760 * 0,50 = 147\,600 \text{ kr/år}$$

5.4.3 Sammanfattning förslag Värmeåtervinning

Som presenterats i förslag 1 och förslag 2 finns det stor besparingspotential i värmeåtervinning. Framförallt anses förslag 2 ha möjlighet att vara lönsamt. Dock är förslagets genomförbarhet beroende av investeringskostnaden som inte kunde bedömas i detta arbete. Förslaget medför förutom en besparing på närmare 150 000 kr/år även en markant sänkning av det undertryck som finns i fabriken.

5.5 Ställverk och elöverföring

I följande avsnitt redovisas de förslag som gäller ställverk och elöverföring.

5.5.1 Ställverk 5

Enligt en gammal offert ifrån ABB skulle en kompensering av ställverk 5 kosta 250 000 – 300 000 kr. Istället kan en lokalkompensering genomföras vid två av de maskiner som orsakar störst reaktiv effekt. Detta skulle innebära en något sämre förbättring, men det skulle också kosta 100 000 – 150 000 kr mindre. Hur detta görs lägger vi ingen mer vikt i vid detta förslag.

Skulle $\cos(\rho)$ gå från 0,6 till 0,9 så innebär det en sänkning av den reaktiva effekten ifrån 500 till 170 kVAr, vilket motsvarar totalt ca 20 % av hela fabriken. Med tanke på att Trioplast inte betalar något extra per kVAr kan en kompensering ses som onödig. Där skulle dock kunna finnas en ekonomisk vinning, med tanke på att en eventuell överstigning av den tillåtna reaktiva effekten är kostsam. Enligt "slutfakturan" för 2007 betalade Trioplast totalt 3 600 kr i straffavgift. Detta är idag givetvis inte en tillräcklig besparingsmöjlighet för att kunna betala tillbaka ovanstående investering, men det kan vara värt att ha i åtanke ifall den reaktiva effekten och straffavgifterna i framtiden skulle öka.

Det finns tekniska delar i blåsextruderingen som inte är tillräckligt dimensionerade och tar skada av för hög reaktiv effekt. Dessa är försörjda av ställverk 5, och faktumet att slippa investera i nya sådana då de går i sönder skulle kunna innebära en indirekt besparing för en eventuell investering för kompensation.

5.5.2 Abonnemangsvgiften

Då Trioplast betalar 79 kr/kW för abonnemangsvgiften, och effekttaket är satt till 5000 kW så blir den årliga kostnaden 395 000 kr. Vi anser att det finns utrymme för att sänka denna siffra eftersom effekten till exempel år 2007 aldrig översteg 4 510 kW. Där ligger dock en risk i detta eftersom det vid vissa tillfällen på året sker maskinuppstartningar som ger upphov till onormalt höga effekttoppar, och dessa kan i sin tur bidra till straffavgifter ifall den satta gränsen överstigs.

Ett alternativ vore att i en kommande utredning se över hur ofta, och hur stora effekttopparna är över ett år. Sedan väga deras eventuella kostnad för straffavgifterna mot hur mycket man skulle kunna spara vid en sänkning av det satta effekttaket. Som exempel skulle en sänkning från 5 000 till 4 500 kW innebära en besparing på ca $500 * 79 = 40\ 000$ kr/år.

En sänkning av energianvändningen enligt rapportens förslag skulle leda till lägre effekttoppar då effektbasen sänks, vilket skulle leda till en sänkt effektavgift. Det skulle dessutom vara möjligt att spara ytterligare pengar på abonnemangsvgiften genom sänka det satta effekttaket.

5.6 Rutiner för personal och övriga installationer

En energieffektiviseringsaspekt som inte kräver några investeringskostnader alls är att informera och skapa rutiner för personalen. Våra okulära undersökningar har gjort att vi hittat ett flertal platser i fabriken där onödig energianvändning sker på grund av den mänskliga faktorn.

I påsavdelningen står det ofta maskiner igång under ett helt skift á åtta timmar, utan att de används. Vid full effekt använder en maskin omkring 10 – 15 kW och även om stand-by-läget inte är fullt så krävande så är det en onödig elanvändning. Förutom el så slösas det också onödig tryckluft och vakuum.

Som återkoppling till kapitlet där övriga installationer beskrivits, lade vi ganska tidigt märke till att det också i påsavdelningen finns ett antal elradiatorer installerade. Trots att temperaturen var tillräckligt hög i rummet visade vår okulära undersökning att många av dessa element stod på och genererade värme, tillsynes helt i onödan. Vi har inga exakta värden på hur mycket el dessa kräver, men en grov uppskattning är att de tillsammans drar ca 20 kW. Beroende på hur ofta elementen är igång så kan de i värsta fall kosta Trioplast upp emot 100 000 kr/året.

Vårt förslag är att helt och hållet plocka bort de ovan nämnda installationerna, och installera värmepumpar alternativt utöka användningen av det interna fjärrvärmesystemet. Med tanke på att det är svårt att säga hur ofta elementen är igång så kan vi inte ge någon godtycklig besparingsmöjlighet. Det är dock bra att ha i åtanke att en installerad värmepump som regel genererar upp till 60 % mer värme än en direktverkande elradiator per installerad kW (Allt om bostad, 2008-11-06). Det bör även finnas goda möjligheter att leda in spillvärme ifrån påsavdelningens vakuumpumpar som ligger på andra sidan väggen. Dessa släpper kontinuerligt ut värme rätt ut i luften.

5.7 Övriga tips

I det här avsnittet presenteras åtgärder som ligger utanför ramarna för arbetets avgränsningar. Åtgärderna i fråga är därför inte analyserade av författarna, utan grundar sig enbart på observationer som gjorts i den okulära undersökning samt litteraturstudierna under arbetets gång.

Inställningar av maskiner och motorer: Enligt flera källor (exempelvis Kent, 2008) är det vanligt med motorer och maskiner som har en onödigt hög inställning på exempelvis varvtal och utväxling. Detta kan ses över i sökandet efter ytterligare energieffektivisering, men anses för omfattande i detta arbete. En sådan undersökning kan göras internt alternativt som ett nytt examensarbete.

Isolering vid värmeproduktion: Vid okulära undersökningar är det tydligt att det på många platser sker spill vid värmeproduktionerna, exempelvis vid extruderskruvar och torkugnar. Det är svårt att finna information om dess isolering, och eftersom här kan finnas energibesparingspotential skulle det vara lämpligt att ta fram fakta på denna punkt.

PFE (energibesparingsprogram): På Energimyndighetens hemsida kan information om PFE hittas. Detta innebär att ett företag förbinder sig i 5 år till att genomföra en rad effektiviseringsåtgärder, samt rapportera om dessa. Som belöning ges en sänkt energiskatt, en sänkt energianvändning samt att företaget blir certifierat enligt ett energiledningssystem.

6 Diskussion

I det här kapitlet diskuteras och utvärderas de förslag som vårt arbete lett fram till. Vi bedömer kvaliteten på förslagen samt diskuterar osäkerheten runt resultatet.

Förslaget Belysning är relativt konkret. Åtgärderna som föreslagits är i de flesta fall enkla att genomföra rent praktiskt, samtidigt som de kräver låga alternativt inga investeringskostnader. Detta leder till god lönsamhet och kort återbetalningstid för förslaget. Det resultat som ges av ett genomförande anses ha låg felmarginal, då en släckt lampa med säkerhet aldrig använder någon elektricitet. Vi bedömer att förslaget bör genomföras snarast, då vi inte ser några nackdelar.

Förslaget som handlar om ventilationen har på grund av brist på information istället blivit tips på möjliga åtgärder, där direkta investeringskostnader och återbetalningstider uteblivit. Dessa baseras på litteraturstudier om tidigare genomförda effektiviseringar hos andra företag. Den uteblivna informationen tyder på att inga alternativt få åtgärder har genomförts på området. Detta leder i sin tur oss till slutsatsen att det bör finnas potentiella effektiviseringar att göra. En bedömning av osäkerheten angående förslaget Ventilation är irrelevant eftersom inga konkreta åtgärder föreslagits.

Förslaget Tryckluft och vakuum är ett förslag som bygger på senare tiders uppmärksammande om att tryckluft- och vakuumbesparing är ytterst ineffektiva processer. Förslaget innehåller en rad åtgärder, där vissa är billiga medan andra kräver stora investeringar. Kvaliteten på dessa varierar, där en del är fullständiga medan andra kräver vidare undersökningar innan de kan genomföras. Resultatet är osäkert då kostnaderna för tryckluft och vakuum till stor del är beteenderelaterade, men med tanke på besparingspotentialen som visas i litteraturstudierna anser vi att det finns stora möjligheter även hos Trioplast.

Värmeåtervinning är det största och mest omfattande förslaget i arbetet. Det är krävande både vad gäller ekonomi och praktiskt genomförande. Dock ger förslaget både en energibesparing samt att det skulle innebära en lösning på problemet med undertryck i fabriken. Enligt vår mening blir Förslag 2 både billigare och enklare att genomföra, varför vi rekommenderar att detta ges prioritet om Trioplast väljer att gå vidare med värmeåtervinningen. Osäkerheten anses vara ganska stor då besparingen varierar med hur mycket maskinerna i tryckeriet körs, och investeringskostnaden kräver en extern offert. Ur en rent ekonomisk synvinkel tror vi att förslaget kan ha en relativt lång återbetalningstid. Dock löser förslaget som tidigare nämnts problemet med undertrycket, vilket vi inte kan sätta en prislapp på utan det får bedömas av Trioplast.

Förslaget angående ställverk och elöverföring är till stor del en ren ekonomisk besparing, istället för en sänkning av energianvändningen. Kompenseringen av reaktiv effekt leder i dagsläget antagligen inte till några ekonomiska fördelar, men kan vara aktuellt i framtiden på grund av förändrade förutsättningar som ökad elkonsumention eller förändringar i elavtalen. När det gäller elavtalen är det en fråga om

säkerhetsmarginal, vilken vi anser att det krävs en längre studie av effekttoppar för att utvärdera. Dock bör effekttaket sänkas om åtgärder från tidigare förslag genomförs, vilket bör hållas i åtanke då dessa utvärderas av Trioplast. Osäkerheten i förslaget anses vara låg, då allt baseras på pålitlig information som erhållits från el- och nätbolag.

7 Slutsats

Arbetets syfte var att kartlägga samt effektivisera Trioplasts energianvändning. Under denna kartläggning har ett antal områden hittats, där det ansågs lämpligt att undersöka besparingspotentialen. Dessa har sedan sammanställts till ett antal förslag och tips, vilka approximeras leda till en sänkning av energianvändningen med nästan 5 % vid ett genomförande. I tabellen nedan visas ungefärliga värden på den direkta besparingen för de olika förslagen.

Tabell 3 Sammanställning av förslagen från kapitel 5.

	Effektivisering (kWh/år)	Besparing (kr/år)	Andel av befintlig användning (%)
Belysning	600 000	300 000	30
Ventilation	200 000	100 000	20
Tryckluft och vakuum	360 000	180 000	15
Värmeåtervinning	300 000	150 000	85
Ställverk och elöverföring	0	40 000	10
Totalt	1 460 000	770 000	4,5

Utöver den ekonomiska vinsten som energieffektiviseringen innebär, medför förslagen även praktiska fördelar i produktionen.

Källförteckning

På de ställen i arbetet som information om fabriken i Landskrona står och ingen källhänvisning ges, så är det författarnas okulära undersökning som ligger till grund för informationen.

Tryckta källor

Abel, Enno; Ekberg, Lars, Energieffektivitet, 2002, Borås, ISBN 91-7848-897-4

Allt om bostad, 2008-11-06, Besparing med värmepump

http://www.alltombostad.se/Energi/Artiklar/Bosch_varmepumpar_kommer_till_Sverige/

Arbetsmiljöverket, 2008-10-18, www.av.se/teman/ventilation/

Cengel, Yunus A & Boles, Michael A, Thermodynamics, An engineering approach, 6:th edition, 2007, Singapore, McGraw-Hill Higher Education, ISBN 978-007-125771-8

Conrad.se, 2008-10-02, postorderfirma för köp av elektronik och teknik

<http://www.conrad.se/swe/prodbeskr.php?recordID=626244&httpref=www.google.se/search&ref=zanox&zanpid=1155422335646311425>

Energimyndigheten, Energiläget, 2007

Energimyndigheten och Naturvårdsverket, Energieffektivisering i industrin EMIL 1, 2000

Energimyndigheten och Statistiska Centralbyrån, 2008, Prisutveckling på el och naturgas samt leverantörsbyten andra kvartalet 2008

Energimyndigheten, 2008-10-01, a, Vanliga frågor/Boende/Ska man släcka lamporna eller låta dem lys?, 2008[http://www.energikunskap.se/web/otherapp/ekunskap.nsf/\(vLookupDocumentsWeb\)/CCF43187E8FE1800C1256EC30050DE38?OpenDocument&count=-1](http://www.energikunskap.se/web/otherapp/ekunskap.nsf/(vLookupDocumentsWeb)/CCF43187E8FE1800C1256EC30050DE38?OpenDocument&count=-1)

Energimyndigheten, 2008-09-23, b, Energieffektivisering i företag m.m.... / Branschspecifika åtgärder / Tillverkningsindustri/Tryckluft

<http://www.energimyndigheten.se/sv/Foretag/Energieffektivisering-i-foretag/Branschspecifika-atgarder/Tillverkningsindustri---hjalpsystem-och-processer/Tryckluft/>

Energimyndigheten, 2008-11-13, c, Energieffektivisering i företag m.m.... / Branschspecifika åtgärder / Lokaler och flerbostadshus / Ventilation

<http://www.energimyndigheten.se/sv/foretag/energieffektivisering-i-foretag/branschspecifika-atgarder/Lokaler-och-flerbostadshus/Ventilation/>

ESSKA teknik, 2008-11-14, Fackhandel för hantverk och industri,
http://www.esska-teknik.se/esska_se_s/laeckagesoekare-quot-leak-detect-quot-avsedd-foer-.html?gclid=Cla7t__ThZYCFQ9WMAodiikgDw

Franzén, Thomas; Lundgren, Sivert; Elkraftteknik, 2002, Lund, Studentlitteratur, ISBN 91-44-01804-5

Ingenjörsfirma Kuno Ekdahl, 2008-10-28, Energideklarationer
<http://www.edeclareranu.se/6.html>

Kent, Robin, Energy Management in Plastics Processing, 2008, First edition, Bristol, ISBN 978-1906479-03-9

LeekSeek, 2008-11-14, System för läckagekontroll,
<http://www.leekseek.com/pdf/LeekSeek%20brochure%20-%20SWEDISH.pdf>

Magnusson, Bertil et al; Den tryckluftslösa fabriken, 2003, Statens Energimyndighet, Linköping

Nationalencyklopedin, 2008-11-14, a, www.ne.se, sökord: luft

Nationalencyklopedin, 2008-11-14, b, www.ne.se, sökord: allmänna gaslagen

Persson, Invgar & Nilsson, Sven-Åke, Investeringsbedömning, 2007, Upplaga 6:3, Ljubljana, Slovenien, ISBN 978-91-47-04393-4

Sundén, Bengt; Värmeledning, 2006, Lund, Studentlitteratur, ISBN 91-44-00087-1

Trioplast Industrier AB, www.trioplast.se, hämtad 2008-09-22

Muntliga källor

Hankala-Janiec, Teresa, Universitetslektor, Institutionen för Värmeöverföring, Lunds Tekniska Högskola, 2008-10-22

Jensen, Lars, Professor, Institutionen för Installationsteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2008-09-25

Rasmussen, Kent, Trioplasts kontaktperson på Bravida angående skötsel av ventilationssystem, 2008-10-15

Simonsson, Bengt, Universitetslektor, Institutionen för Industriell Elektroteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2008-09-11

Thygesson, Susanne, Site Manager, Trioplast Landskrona AB, 2008-09-22

Åsberg, Ingvar, Abbonntingenjör, Landskrona Kommun, 2008-10-14