



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Beslutsunderlag för omkonstruktion av maskin inom stearinljusställverkning

Decision basis for re-engineering of
stearin candle manufacturing machine

Examensarbete inom Maskiningenjörsprogrammet

Felix Spolander

Petter Fredriksson

BESLUTUNDERLAG FÖR OMKONSTRUKTION FÖR MASKIN INOM STEARINLJUSTILLVERKNING

KONCEPTGENERERING OCH BESLUTSUNDERLAG FÖR
OMKONSTRUKTION AV MASKIN INOM
STEARINLJUSTILLVERKNING

Felix Spolander

Petter Fredriksson

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP

CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

GÖTEBORG, SWEDEN 2019

Konceptgenerering och beslutsunderlag för omkonstruktion av maskin inom
stearinljusställverkning

FELIX SPOLANDER

PETTER FREDRIKSSON

© Felix Spolander & Petter Fredriksson

Institutionen för Industri- och Materialvetenskap

Chalmers University of Technology

SE-412 96 Göteborg, Sweden

Telephone +46 (0)31-772 1000

Förord

Examensarbetet utfördes tillsammans med Delsbo Candle och är skrivet av Felix Spolander och Petter Fredriksson. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng och genomfördes under vårtermin 2019 på institutionen Industri- och Materialvetenskap på Chalmers Tekniska Högskola.

Personer som varit till stor hjälp under examensarbetet och som vi vill rikta ett stort tack är följande:

Delsbo Candle

Olle Skog, VD –Handledare

Chalmers Teknisk Högskola

Peter Hammersberg –Handledare och examinator

Sammanfattning

Delsbo Candle är en stearinljusstillverkare som specialiserar sig på att producera miljömärkta ljus. Företaget har noterat en efterfrågan av längre så kallade antikljus, något den befintliga produktionsanläggningen inte har möjlighet att tillverka i dagsläget. Till följd av detta vill verksamheten undersöka vilka förutsättningar de har att möjliggöra tillverkning av den nya ljusstypen genom omkonstruktion av en befintlig avställd maskin.

Syftet med arbetet är att ta fram ett beslutsunderlag för hur och varför tillverkning av den nya ljusstypen ska möjliggöras. Samt att undersöka förutsättningarna för en förbättrad produktionsflexibilitet.

Med konceptutveckling genererades olika koncept för att ta fram ett slutgiltigt lösningsförslag på problemet. Detta komplimenterades därefter med en lönsamhetsanalys för att ta reda på ifall det är värt att genomföra eller inte.

Resultaten visar på att en omkonstruktion av den avställda maskinen för att möjliggöra tillverkning av den nya ljusstypen är lönsamt med en god marginal. Däremot råder de viss osäkerhet kring lönsamhetskalkylen och ytterligare verifiering är nödvändig. Det har även klargjorts att det finns stora begränsningar till att förbättra produktionsflexibiliteten, huvudsakligen begränsade möjligheter till variantbyte.

Abstract

Delsbo Candle is a candle manufacturer that specializes in production of environmentally friendly stearin candles. The company has noticed a demand of longer tapered candles, this is something they cannot manufacture today. Therefore, Delsbo Candle wishes to investigate what prerequisites they have to produce the new type of candle by redesigning an existing out of service machine.

The purpose of this project has been to produce a decision basis for how and why to make it possible to manufacture the new type of candle. In addition, investigate what opportunities there is to increase production flexibility.

Concept development was used to produce different concepts with solutions to the problem. Thereafter, a profitability analysis was made of the final concept to investigate if it was a profitable solution to the problem or not.

The results show that a redesign of the machine to make manufacturing of the new type of candle available, is profitable by a good margin. However, there are some uncertainties with the profitability analysis and therefore additional verification is necessary. It is also concluded that there are significant limitations within improving production flexibility, especially regarding change of model.

Innehållsförteckning

1. INLEDNING.....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte	2
1.3 Avgränsningar.....	2
1.4 Precisering av frågeställning.....	2
2. TEORETISK REFERENSRAM.....	3
2.1 Gjutningsprocessen & produktionsanläggningen	3
2.2 Produktionsflexibilitet.....	4
2.4 Investeringskalkyl	4
2.5 Konzeptutveckling	5
3. METOD	6
3.1 Informationsinsamling	6
3.2 Kano.....	6
3.3 QFD Kvalitetshuset.....	6
3.4 Morfologisk matris.....	7
3.5 Three-point estimate	7
3.6 Kesselrings matris.....	7
4. FRAMSTÄLLNING AV KRAVSPECIFIKATION.....	8
4.1 Kano-modellen.....	8
4.2 Kvalitetshuset.....	9
4.3 Kravspecifikation.....	10
5. KONCEPTGENERERING.....	11
5.1 Morfologisk matris.....	12
5.2 Koncepten	13
6. KONCEPTUTVÄRDERING	14
6.1 Kesselrings urvalsmatris	14

6.2 Vinnande konceptet	15
6.3 Brister med koncept 1 & 2	15
7. THREE-POINT ESTIMATE & LÖNSAMHETSKALKYL	17
7.1 Three-point estimate	17
7.2 Lönsamhetskalkyl	18
8. SLUTSATS & DISKUSSION	19
REFERENSER	21
BILAGOR.....	1
Bilaga 1. Sid 1(3), Utvärderingsmall för Kano-modell	1
Bilaga 2. Sid 2(3), Kostnadskalkyl per ljus	2
Bilaga 3. Sid 3(3), Kundformulär för Kano-modell	3

Beteckningar

Antikljus – Koniskt formade ljus

Kronljus – Cylindriskt formade ljus

Karusell – Gjutningsmaskin för stearinljus

1. INLEDNING

I detta kapitel presenteras arbetets bakgrund, syfte, avgränsningar och precisering av frågeställning.

1.1 Bakgrund

Delsbo Candle är ett företag som tillverkar stearinljus. Företaget har uppmärksammat en ny efterfrågan av längre så kallade antikljus. I dagsläget har företaget enbart möjlighet att tillverka antikljus i intervallet 21-25cm. Den nya efterfrågan på marknaden efterfrågar antikljus i längden 29-30cm. Det är en modell som ingen tillverkare kan erbjuda i dagsläget. Här ser företaget en affärsmöjlighet att skaffa nya kundrelationer och lönsamhet genom att bli den första ljustillverkare som kan erbjuda produkten.

Företaget vill undvika att investera i en helt ny produktionslinje för att möjliggöra tillverkning av den nya ljusstypen. Detta då det är en alldeles för stor investering och det råder en viss osäkerhet om vilka volymer den nya ljusstypen som efterfrågas. Problemet med deras nuvarande maskinpark är att den inte erbjuder någon större flexibilitet. Varje maskin är begränsad till enbart en typ av stearinljus med en mindre flexibilitet för variation av ljusets längd. Delsbo Candle vill således undersöka möjligheterna att möjliggöra tillverkning av längre antikljus med deras befintliga maskinpark.

En bakomliggande orsak till problemet är att utvecklingen av maskiner för tillverkning av stearinljus har under flera årtionden varit väldigt begränsad. Den utveckling som har skett har varit i form av förbättring av processtyrning. Däremot är grundprincipen för själva tillverkningen densamma. Det finns enbart en enda leverantör av maskiner för tillverkning av stearinljus som inte erbjuder några effektiva lösningar inom produktionsflexibilitet. Detta medför att ljustillverkarna får svårigheter att anpassa sig efter nya kundkrav och trender.

I dagsläget har produktionsanläggningen en ljusmaskin som är avställd. Denna maskin är anpassad för att tillverka antikljus i längden 23–25 cm. Anledningen till att denna maskin är avställd är för att företaget har två andra produktionslinjer som täcker den nuvarande efterfrågan på kortare antikljus. Då denna maskin inte nyttjas, finns det en möjlighet att omkonstruera denna maskin för tillverkning av antikljus i längden 29–30 cm.

1.2 Syfte

Syftet med projektet är att undersöka vilka möjligheter och förutsättningar Delsbo Candle har för att möjliggöra tillverkning av antikljus som tillfredsställer den nya efterfrågan. Utifrån detta presentera ett lösningsförslag i form av ett koncept. Därtill visa på vilka ekonomiska incitament som finns vid eventuell lösning/lösningar på problemet.

1.3 Avgränsningar

Projektet är begränsat till att ta fram ett beslutsunderlag i form av ett koncept. Projektet kommer inte att behandla tester av konceptet, detaljkonstruktion eller framtagning av prototyp. Arbetet kommer enbart behandla de problemen inom ljustillverkning av ljus tillverkade i 100% stearin.

1.4 Precisering av frågeställning

- Hur möjliggörs tillverkning av antikljus i längden 29-30cm genom modifiering av “maskin 2”?
- Vad finns det för affärsmässiga motiv att kunna tillverka den nya ljustypen?
- Hur lönsamt är det att rekonstruera “maskin 2” för tillverkning av den nya ljustypen?
- Vad finns det för möjligheter att förbättra produktionens flexibilitet?

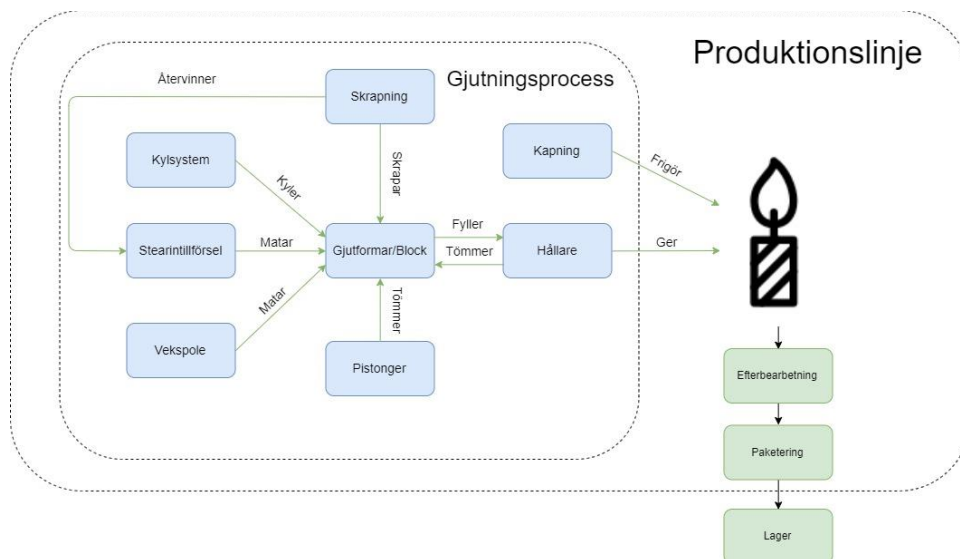
2. TEORETISK REFERENSRAM

Under detta kapitlet kommer den teori som ligger till grund för att få en förståelse av arbetet och rapportens innehåll presenteras.

2.1 Gjutningsprocessen & produktionsanläggningen

Delsbo Candle specialiserar sig på produktion av miljömärkta ljus. Detta innebär att de enbart tillverkar ljus i 100% stearin då detta är det mest miljövänliga alternativet [1]. Företaget tillverkar enbart stearinljus vilket gör att de är begränsade till gjutning som tillverkningsprocess då det är den enda tillverkningsmetod som lämpar sig för tillverkning av stearinljus [2].

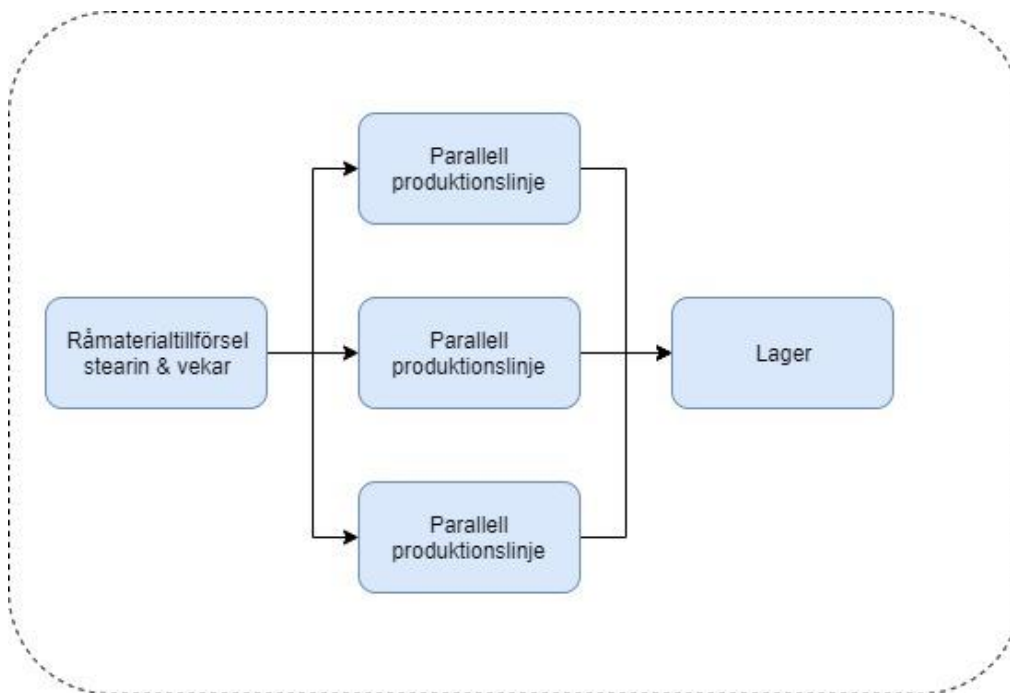
Stearinljus tillverkas konventionellt i ”karuseller”. Gjutningsprocessen går till på det viset att veckor matas in i gjutformar för att sedan fyllas med flytande stearin. Därefter gjuts ljusen genom stegvis vattenkylning för att uppnå önskad kvalitet. Slutligen töms gjutformarna genom att pistonger trycker ut ljusen där de går vidare till efterbearbetning och paketering. Karusellen som ska undersökas har en produktionskapacitet på 15–20 miljoner ljus per år. Nedan presenteras en enklare modell i form av en processkarta för gjutningsprocessen.



Figur 2.1.1, Processkarta för gjutningsprocess

Produktionsanläggningen är uppdelad i flera olika parallella flöden. Varje produktionslinje består av en karusell med tillhörande efterbearbetning och paketering enligt figur 2.1.1.

Eftersom det är parallella flöden är linjerna oberoende av varandra vilket kan ses i figur 2.1.2.



Figur 2.1.2 Förenklad processkarta över produktionsanläggningen.

2.2 Produktionsflexibilitet

Allmänt så kan flexibilitetsbegreppet definieras som förmågan att snabbt och effektivt anpassa sig till förändrade förutsättningar reaktivt. Flexibilitet är ett effektivitetsmått som blivit mer utbrett i samband med att sträva efter en kundorderstyrd verksamhet. Att uppnå en ökad flexibilitet innebär ofta ökade kostnader, å andra sidan är det även en källa till intäkter genom att det naturligt leder till en ökad konkurrenskraft genom en utökad anpassningsförmåga mot kund [3]. I denna rapport syftar begreppet produktionsflexibilitet på förmågan att effektivt kunna anpassa sig till skillnader i efterfrågan mellan produkter och produktvarianter.

2.4 Investeringskalkyl

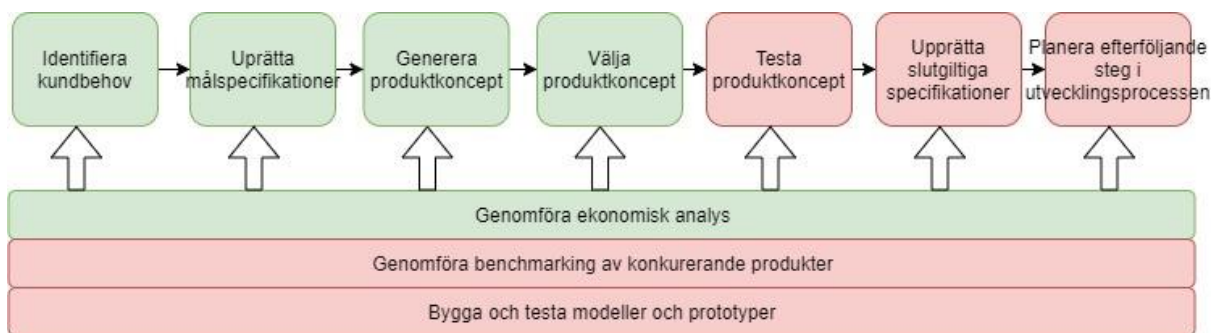
I en investeringskalkyl har man en grundinvestering som utgångspunkt och undersöker vilken avkastning den resulterar i. Vid en investeringsbedömning är det fundamentalt att uppskatta de in- och utbetalningar som ett beslut medför. En investeringskalkyl behandlar särkostnader och särintäkter, då det enbart är dessa som är relevanta som beslutsunderlag.[4]

Återbetalningsmetoden används för att få en tidig uppfattning om ett projekts eventuella lönsamhet. Metodens syfte är att beräkna hur lång tid det tar för betalningsöverskotten [a] att

betala tillbaka den ursprungliga grundinvesteringen [G]. På så sätt räkna ut återbetalningstiden [Å] genom följande ekvation: $\dot{A} = G/a$. Ifall återbetalningstiden är mindre än en förutbestämd längsta tillåten återbetalningstid, anses investeringen som lönsam.[4]

2.5 Konzeptutveckling

Konzeptutvecklingsprocessen består av flera olika steg som listas med en kortare beskrivning nedan [5]. De moment som är rödmarkerade kommer inte att behandlas i detta projekt och därav lämnas ingen beskrivning över dessa aktiviteter.



Figur 2.5.1, aktivitetskarta över konzeptutvecklingsprocessen

Identifiering av kundbehov

Syftet med detta steg är att skapa sig en förståelse för kundens behov och använda sig av dessa i det framtida utvecklingsarbetet.

Upprättande av målspecifikationer

I det här steget skapas en mer exakt beskrivning av vad produkten ska göra. Specifikationen är baserat på tidigare genererade kundbehov som har översatts till tekniska termer.

Konzeptgenerering

Här undersöks olika lösningsförslag som har möjlighet att tillgodose kundbehoven. Detta resulterar i en mängd olika koncept i form av en kortare beskrivning.

Konzeptval

I denna aktivitet analyseras de genererade koncept och elimineras succesivt för att ta fram det konceptet med bäst potential.

Ekonomisk analys

I detta steg byggs det upp en ekonomisk modell över produkten. Modellen kan uppdateras i senare delar av projektet när mer information finns tillgänglig.

3. METOD

I följande kapitel beskrivs arbetets metod och verktygen som använts för att komma till ett resultat.

3.1 Informationsinsamling

I början av projektet så genomfördes två besök vid två olika tillfällen hos Delsbo Candles produktionsanläggning i Fredriksfors. Under besöken så presenterades produktionsanläggningen och tillverkningsprocessen för stearinljus. Här bildades en bättre uppfattning om scenariot kring huvudproblemet och kunde således börja ta reda på vad som redan var känt och vad som behövde undersökas.

Litteraturen inom området för tillverkning av stearinljus är begränsad och den kunskap som finns inom området hålls ofta internt. Har majoriteten av insamlad information erhållits av Delsbo Candle genom samtal och intervjuer med operatörer och ledning.

3.2 Kano

Kanomodellen har använts för att identifiera och kategorisera olika kundbehov. Kunden i detta sammanhang är Delsbo Candle. För att ta reda på hur de olika produkttegenskaperna uppfattas av kunden, skapades ett frågeformulär (se bilaga 3) där kunden fick svara på hur de uppfattade om huruvida om en viss egenskap finns eller inte. Beroende på hur man har svarat genereras det i sin tur en klassificering på de olika behoven i relation till produkttegenskaperna enligt bilaga 1.[6]

3.3 QFD Kvalitetshuset

Inom QFD (Quality Function Deployment) är kvalitetshuset ett verktyg som beskriver samspelet mellan kundönskemål och produkttegenskaper. I detta projekt har informationen till kvalitetshuset baserats på resultatet från Kanomodellen. Detta för att omvandla kundens önskemål till ingenjörsmässiga egenskaper som senare kan användas i en konceptgenerering.[6]

3.4 Morfologisk matris

Morfologisk matris används för konceptgenerering genom att kombinera olika lösningar på delsystemen. Detta medför nya koncept som senare ett av dem blir det slutgiltiga konceptet som kommer användas till projektet.[6]

3.5 Three-point estimate

Målet med projektet är att möjliggöra tillverkning av en produkt som inte finns på marknaden, innebär detta att det finns nödvändiga data där man inte kan verifiera dess kvalitet. Därav har metoden använts för att bygga upp en sannolikhetsfördelning på projektets ekonomiska aspekter, baserat på begränsad information. De mätetal som har behandlats med metoden är investeringskostnad, försäljningspris och efterfrågad volym.

3.6 Kesselrings matris

Denna matris används för att undersöka hur väl koncepten uppfyller önskemålen som angetts. För att få en bra bild av vilket koncept så viktas även önskemålen med en siffra 1-5, ju högre siffra desto mer prioriterat är önskemålet. Koncepten i sig blir även viktade hur väl de uppfyller önskemålet. Till sist så multiplicerar man önskemålets viktning med hur väl konceptet uppfyller det.[6]

4. FRAMSTÄLLNING AV KRAVSPECIFIKATION

I kapitlet nedan beskrivs hur den slutgiltiga kravspecifikationen har tagits fram.

4.1 Kano-modellen

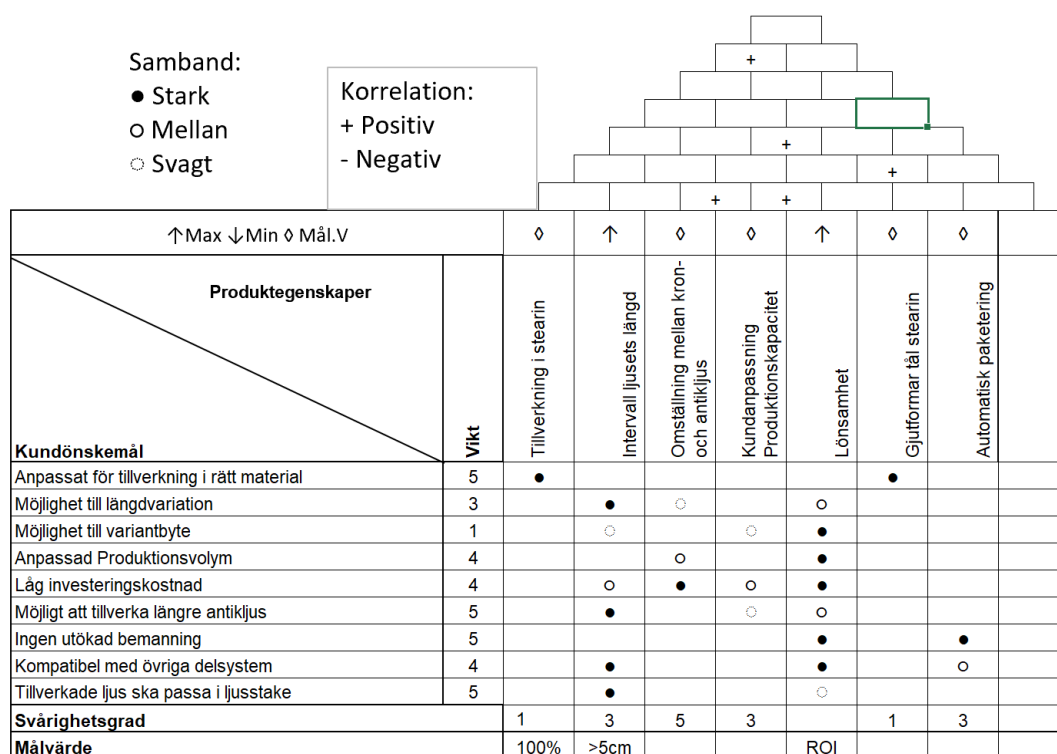
Nedan presenteras en sammanställning över hur de olika egenskaperna rangordnas och hur de har klassificerats beroende på hur de har svarat huruvida egenskapen finns eller inte enligt bilaga 1. Viktningen har tagits fram tillsammans med ledningen på Delsbo Candle.

	Egenskap	Vikt	Utvärdering
1	Maskinen kan tillverka ljus i ett brett intervall av längder?	5	Attraktiv
2	Maskinen kan ställas om för att tillverka både kron- och antikljus?	1	Indifferent
3	Maskinen är anpassad för att tillverka volymer utifrån kundens efterfrågan?	8	Attraktiv
4	Maskinen kan köras i nuvarande produktion med nuvarande bemanning	8	Måste
5	Maskinen kan byggas om utan att behöva modifiera övriga delsystem	3	Attraktiv

Tabell 4.1.1 Sammanställningstabell över rangordning av egenskaper

4.2 Kvalitetshuset

Nedan visas kvalitetshuset, där visas kundönskemål och produkttegenskaper och hur starka sambanden är mellan dessa. Även hur varje viktigt varje enskilt kundönskemål är och ifall produkttegenskaperna har en positiv eller negativ korrelation med varandra. Kvalitetshuset innehåller ofta även en konkurrensjämförelse. I detta fall har denna uteblivit på grund av att informationen om konkurrenternas produktionslinjer är svåråtkomlig. Däremot kan en viss konkurrenskraft fastställas då syftet är att ta fram en produkt som efterfrågas men inte finns på marknaden i dagsläget.



Figur 4.2.1 Kvalitetshuset

4.3 Kravspecifikation

Kravspecifikationen nedan är baserad på tidigare insamlad information från Kano-modellen, kvalitetsuset och direkta samtal med företaget. Specifikationens kriterier är uppdelad i två kategorier, funktioner och ekonomi. Under *funktioner* listas vilka krav som ställs på konceptet i form av vad det ska kunna åstadkomma och under *ekonomi* listas de affärsmässiga kraven som ställs på konceptet. Huruvida viktigt varje enskilt krav är beskrivs under kolumnen *vikt*, som är en femgradig skala där ett högt värde innebär att det har en högre prioritering. *Referens* beskriver vilken aktör som kriteriet riktar sig mot. Det slutgiltiga konceptet levereras endast som ett beslutsunderlag, detta medför att verifieringen kommer ske huvudsakligen genom en utvärdering över hur väl konceptet uppfyller de olika kraven. Därtill en lönsamhetskalkyl som presenterar hur väl konceptet uppfyller de ekonomiska kriterierna.

Kriterier	Målvärde	Vikt	Verifiering	Referens
Funktioner				
1.1 Gjuta längre antikljus	29-30cm	5	Konceptutvärdering	Kund
1.2 Möjlighet till längdvariation	>5cm	3	Konceptutvärdering	Delsbo Candle
1.3 Möjlighet till variantbyte		1	Konceptutvärdering	Delsbo Candle
1.4 Kundanpassad produktionskapacitet	>4milj ljus/år	3	Three-point estimate	Delsbo Candle/kund
1.5 Kompatibel med produktionslinjen övriga delsystem		4	Konceptutvärdering	Delsbo Candle
1.6 Tillverkade ljusen ska passa i ljusstake	Ø22mm	5	Konceptutvärdering	Delsbo Candle/kund
Ekonomi				
2.1 Låg investeringskostnad	<5mSEK	4	Lönsamhetskalkyl	Delsbo Candle
2.2 Ingen utökad bemanning		5	Konceptutvärdering	Delsbo Candle
2.3 Återbetalningstid	<3 år	4	Lönsamhetskalkyl	Delsbo Candle

Tabell 4.3.1 Kravspecifikation

5. KONCEPTGENERERING

Framtagning av koncept brukar ofta ske genom att man inledningsvis gör en marknadsundersökning där man studerar olika konkurrenter. I detta fall så uteblev denna process då det finns väldigt begränsat av tillverkare för gjutningsmaskiner anpassade för tillverkning av stearinljus. Detta innebär att konkurrenterna använder sig av i princip samma maskiner. Samt att information kring konkurrenternas produktionsprocesser är svårtillgänglig.

Då det inte fanns en möjlighet att studera olika konkurrenters lösningar, inleddes konceptgenereringsprocessen genom att studera den befintliga produktionslinjen som skulle byggas om. Genom att sedan utgå från kravspecifikation togs det fram dellösningar för de olika kraven.

Nedan presenteras en närmare förklaring på delfunktioner som besitter dolda problem.

Gjutformarnas längd

Denna funktion är fundamental för hela projektet då syftet är att möjliggöra tillverkning av längre ljus. Längden på gjutformarna begränsas även av övriga delsystem då de påverkar karusellens höjd. För långa gjutformar innebär att det skulle krävas större ingrepp för att göra den nya lösningen kompatibel med den nuvarande produktionslinjen. Delsbo Candle har konstaterat att det är möjligt att byta formar upp till 30cm i den nuvarande karusellen utan att det påverkar dess komparabilitet med produktionslinjens övriga delsystem i större utsträckning. Gjutformarnas längd styr även vilken längdvariation som är möjlig då formen på ett antikljus är konisk. Detta innebär att det finns begränsningar för hur mycket man kan kapa ljusen ifall det ska uppfylla kravet att ljusets botten ska passa i en ljusstake. Däremot möjliggör efterbearbetning av ljusen en viss flexibilitet för längdvariation.

Variant

I arbetets tidiga skede diskuterades företagets begränsade produktionsflexibilitet, framförallt att det inte fanns någon möjlighet att ställa om maskinerna för tillverkning av olika varianter. På grund av karusellens befintliga konstruktion finns det stora begränsningar för att möjliggöra variantbyte. Den nuvarande konstruktionen är inte anpassad för att enkelt kunna

byta gjutformar skulle det innebära väldigt omfattande arbete och långa ställtider vid eventuell omställning.

Paketering

Paketeringen är den del av produktionslinjen som huvudsakligen styr hur mycket bemanning som krävs för att kunna köra linjen. Övriga delsystem är till större del automatiska bortsett från omställningar, vilket sker relativt sällan. Företagets nuvarande lösningar i övriga produktionslinjer styrs av kundens önskemål om hur de vill ha varorna levererade. Ifall kunden kan acceptera att få leverans på helpall så genomförs paketeringen av robot, annars sker paketering manuellt av operatör.

5.1 Morfologisk matris

Med hjälp av en morfologisk matris så genereras koncept fram genom olika kombinationer av dellösningar. Dessa kombinationer bildar till slut ett fullständigt koncept. Kolumnen längst till vänster i matrisen är de olika delfunktionerna, lösningarna till dessa finns sedan under samma rad i de tre andra kolumnerna.

Delfunktioner	Koncept 1	Koncept 2	Koncept 3
	Dellösningar		
Paketering	Robot helpall ●	Operatör ●	Kollaborativ robot ●
Variant	Endast antikljus ●	Kron- & antikljus, omställning ●	Kron- & antikljus statisk ●
Kapacitet	100% ●●	50/50 Kron- & antikljus ●	-
Intervall längd	23-30cm ●●	28-35cm ●	-
Tillverkare gjutformar	Maskinverkstad ●	Maskintillverkaren ●●	-

Tabell 5.1.1 Morfologisk matris

Koncept 1: Robot helpall + Kron- & antikljus, omställning + 100% + 23-30cm + Maskintillverkaren.

Koncept 2: Operatör + Kron- & antikljus statisk + 50/50 + 28-35cm + Maskinverkstad.

Koncept 3: Kollaborativ + Endast antikljus + 100% + 23-30cm + Maskintillverkaren.

5.2 Koncepten

Nedan kommer de tre olika koncepten och presenteras, vilka delsystem som de har gemensamt samt vad som skiljer dem åt. De lösningar som koncepten har gemensamt som inte presenteras i morfologiska matrisen är de befintliga delsystemen som ska bevaras (se 2.1 för processkarta).

Koncept 1

Det första konceptet kommer kunna tillverka ljus i längden mellan 23 och 30cm av både antik- och kronljus. För att styra vilken typ av ljus som ska produceras så kommer alltså möjligheten till att byta gjutformar att finnas. Detta innebär att det kommer vara nödvändigt att investera i dubbelt antal gjutformar vilket kommer att resultera i en förhållandevis större investering. På grund av karusellens befintliga konstruktion förväntas ställtiden för eventuellt variantbyte vara mycket omfattande. För att undvika utökad bemanning kommer paketeringen skötas av robot vilket innebär att ljusen kommer att begränsas till att levereras på helpall.

Koncept 2

Koncept 2 skiljer sig från koncept 1 på alla punkter. Det kommer kunna producera antik och kronljus i längderna 28-35cm. Fördelen med längre gjutformar är att det tar hänsyn till eventuell framtida efterfrågan på ännu längre ljus. Däremot innebär det kompatibilitetsproblem med övriga delsystem på grund av karusellens konstruktion. I karusellen kommer det vara 50% kronljusformar och 50% antikljusformar. Detta motverkar de problem som uppstår i koncept 1 med höga investeringskostnader och långa ställtider. Paketering kommer att genomföras av en operatör för att minska investeringskostnader samt att det erbjuder en större flexibilitet av paketeringsalternativ.

Koncept 3

Det tredje konceptet kan ses som en kombination av de två tidigare presenterade koncepten. Ljuslängden som detta koncept kommer tillverka är mellan 23 och 30cm och det kommer enbart att tillverka antikljus. Med hjälp av en mindre kollaborativ robot krävs ingen utökad bemanning samt att det ger en flexibel lösning på paketeringsalternativ. Alltså kommer det inte vara möjligt att kunna leverera på helpall på ett smidigt sätt.

6. KONCEPTUTVÄRDERING

Under detta kapitel kommer de olika koncepten ställas mot varandra och rangordnas.

6.1 Kesselrings urvalsmatris

Med hjälp av Kesselrings matris så rangordnades koncepten beroende hur väl de uppfyller önskemålen. Vinnande koncepten är alltså koncept 3 på grund av att den fick den högsta kvoten av T/T_{max} och är närmast idealet.

Kriterium		w	Ideal		Koncept 1		Koncept 2		Koncept 3	
			v	t	v	t	v	t	v	t
Funktioner	1.1 Gjuta längre antikljus	5	5	25	4	20	5	25	4	20
	1.2 Möjlighet till viss längdvariation	3	5	15	4	12	3	9	4	12
	1.3 Möjlighet till variantbyte	1	5	5	2	2	2	2	0	0
	1.4 Kundanpassad produktionskapacitet	3	5	15	1	3	2	6	3	9
	1.5 Kompatibel med produktionslinjen övriga delsystem	4	5	20	1	4	1	4	4	16
	1.6 Tillverkade ljusen ska passa i ljusstake	5	5	25	5	25	5	25	5	25
Ekonomi	2.1 Låg investeringskostnad	4	5	20	1	4	4	16	3	12
	2.2 Ingen utökad bemanning	5	5	25	5	25	0	0	4	20
	2.3 Återbetalningstid	4	5	20	2	8	2	8	4	16
T = Summan av t				170		103		95		130
T/T_{max}				1		0,61		0,56		0,76
Rangordning						2		3		1

Tabell 6.1.1 Kesselrings urvalsmatris

6.2 Vinnande konceptet

Det vinnande konceptet skiljer sig mest på kriterier 1.5 och 2.3. Att den är kompatibel med den övriga produktionslinjens delsystem är väldigt viktigt då Delsbo Candle inte vill behöva göra om linjen mer än nödvändigt för att tillverka längre antikljus. Detta koncept får därav ett högre t-värde på kriterium 2.3, på grund av att de flesta delsystem som redan existerar idag kommer användas och sänker den totala investeringskostnaden. Nackdelen med detta koncept är att det inte kommer finnas någon möjlighet till variantbyte. Detta önskemål är dock lågt värderat då huvudfokus ligger på att ta fram en ny produkt. Sammanfattningsvis är det vinnande konceptet ett koncept som fokuserar på att lösa huvudproblemet genom förhållandevis enkla och befintliga lösningar.

6.3 Brister med koncept 1 & 2

Tanken med dessa koncept att erbjuda en högre nivå av produktionsflexibilitet genom att kunna tillverka både kron- och antikljus i samma produktionslinje. Koncepten har varsin lösning på detta, antingen genom att man investerar i formar till både varianterna och ställer om maskinen efter behov. Alternativt att man tillverkar båda varianterna samtidigt genom att ha hälften av formarna i antikljus och andra hälften i kronljus.

Problemen med en lösning med variantbyte genom omställning av karusellen skulle vara att omställningstiden uppskattas att ta flera dagar då det inte går att byta gjutformarna på ett smidigt vis med karusellens befintliga konstruktion. Även höga investeringskostnader då det blir nödvändigt att investera i dubbla antalet gjutformar. Att karusellen skulle använda sig att både kron- och antikljusformar samtidigt löser inte heller problemet på ett bra vis. Det skulle antagligen leda till problem med produktionsplaneringen då man skulle tillverka lika många ljus av både varianterna utan hänsyn till kundbehovet. Detta skulle eventuellt kunna lösas genom att man pluggar igen gjutformar för att styra förhållandet mellan de olika varianterna. Däremot skulle detta innebära att man inte skulle utnyttja karusellens fulla kapacitet.

Koncept 2 skiljer sig från det övriga konceptet när det kommer till gjutformarnas längd. Idén här är att installera något längre gjutformar för att förbereda sig för eventuell efterfrågan av ännu längre ljus. Då det inte finns någon uttalad efterfrågan av antikljus längre än 30cm är det svårt att motivera längre gjutformar eftersom det skulle vara nödvändigt med modifiering

av produktionslinjens övriga delsystem. Således innebära högre investeringskostnader och mer omfattande implementeringsarbete.

7. THREE-POINT ESTIMATE & LÖNSAMHETSKALKYL

Nedan presenteras en ekonomisk analys och generering av nödvändiga mätetal för att avgöra hur lönsamt det är implementera det valda konceptet.

7.1 Three-point estimate

I tabellen nedan presenteras nödvändiga mätetal för att ta fram en lönsamhetskalkyl. De olika värdena är uppskattade av uppskattade av Delsbo Candle baserat på deras nuvarande kunskap och erfarenhet. För varje mätetal har de gjorts tre olika uppskattningar, det sämsta, bästa och mest troliga fallet. Dessa olika värden har sedan räknats om till ett förväntat värde, E. Vilket baseras på en betafördelning enligt: $E = \frac{a+4m+b}{6}$. Standardavvikelsen har tagits fram baserat på 98% mellan punkterna a och b enligt: $\sigma = \frac{b-a}{6}$ med tillhörande varians: $V = \sigma^2$.

	m, mest troliga fallet	a, bästa fallet	b, sämsta fallet	E, förväntat	σ	V
Investering gjutformar mm [tkr]	4 000	3 000	6 000	4166	500	250 000
Försäljningspris [kr/ljus]	3,25	5	2,5	3,42	0,41	0,17
Efterfrågan [miljoner ljus/år]	4	5	3	4	0,33	0,11

Tabell 7.1.1 Three-point estimate

7.2 Lönsamhetskalkyl

Kalkylen visar på vilka ekonomiska incitament det finns genom att implementera det vinnande konceptet. Tabellens data är hämtad från de tidigare uppskattningarna i tabell 7.1 och tillverkningskostnaden för ljus är rapporterat från Delsbo Candle. Resultatet visar att genomförandet av konceptet uppfyller kravet på återbetalningstid med god marginal. Även ifall det beräknas utifrån det sämsta utfallet.

	Förväntat	Sämsta
Försäljningspris kr/ljus [kr]	3,42	2,5
Marginal/ljus [kr]	2,35	1,44
Efterfrågan antikljus 30cm [st]	4 000 000	3 000 000
Intäkter/år [kr]	9 412 948	4 311 711
Investeringskostnad gjutformar mm [kr]	-4 000 000	-6 000 000
Investeringskostnad kollaborativ robot [kr] [7]	-300 000	-300 000
Återbetalningstid [år]	0,46	1,46

Tabell 7.2.1 Lönsamhetskalkyl

8. SLUTSATS & DISKUSSION

Målet med arbetet har varit att ta fram ett beslutsunderlag för hur man ska möjliggöra tillverkning av längre antikljus i den avställda produktionslinjen och undersöka huruvida det är värt att genomföra eller inte. Resultatet visar på att det är lönsamt att investera i längre gjutformar och bygga om karusellen för att möjliggöra tillverkning av antikljus upp till 30cm. Det finns även utrymme att investera i en mindre robot till paketering och på så vis undvika utökad bemanning. Däremot bör resultatet beaktas med viss försiktighet då det till stor del är baserat på uppskattningar. Ytterligare verifiering är nödvändig innan genomförande av eventuellt förändringsarbete, framförallt av de ekonomiska resultaten. Detta kan förslagsvis göras genom att ta in offerter från olika aktörer för både nya gjutformar och robot.

Då detta lösningsförslag innebär en volymökning kan det tänkas att detta naturligt skulle ge upphov till framtida problem med att implementera i den nuvarande produktionsanläggningen. På grund av att produktionslinjen som konceptet behandlar tidigare har varit aktiv, är produktionsanläggningen redan dimensionerad för en utökad volym. Dessutom består anläggningen endast av oberoende parallella flöden vilket innebär att redan existerande produktionslinjer inte påverkas vid implementering av lösningsförslaget.

Anledningen att det undersöktes koncept med möjlighet till att tillverka olika varianter i samma linje var för att ta på reda vilka möjligheter det fanns till en bättre produktionsflexibilitet. Det gjordes trots att möjlighet till variantbyte var ett väldigt lågt värderat kriterium. Då en begränsad produktionsflexibilitet ansågs som en av huvudorsakerna till varför problemet med att anläggningen inte hade möjlighet att tillverka den nya ljusstypen från början. Här visade resultatet på att det finns stora begränsningar att uppnå en förbättrad produktionsflexibilitet i den nuvarande anläggningen, framförallt när det kommer till variantbyte. Däremot är det möjlighet att uppnå en viss flexibilitet i form av variation på ljusets längd genom att man kapar ljusen innan efterbearbetning. Vid framtida arbete är detta något som kan vara värt att undersöka närmare. Då det är stora begränsningar i den befintliga produktionsanläggningen kan det vara fördelaktigt att problemet utforskas i samarbete med maskintillverkaren.

Då det kundbehovet för antikljus i längden 30cm är uppskattad till runt 4 miljoner ljus per år bör möjligheten att utnyttja karusellens fulla kapacitet undersökas. I och med att den

presenterade lösningsförslaget har möjlighet att tillverka antikljus i intervallet 23-30cm, finns det potential för att nyttja denna produktionsflexibilitet genom att även tillverka kortare ljus i produktionslinjen.

REFERENSER

- [1] European candle association, Raw materials, 2018, <https://www.ea-candles.com/2018/09/30/raw-materials/>, hämtad: 2019-03-23
- [2] Svanen, Skippa fulljusen så räddar du klimatet, 2019-12, <https://www.svanen.se/Nyheter/2018/12/Skippta-ful-ljusen-sa-raddar-du-klimatet/>, hämtad: 2019-03-20
- [3] Mattson, S-A., Jonsson, P. 2013. *Material- och produktionsstyrning*. Lund: Studentlitteratur.
- [4] Lantz, B., Isaksson, A. Löfsten, H. (2014) *Industriell Ekonomi: grundläggande ekonomisk analys*. Lund: Studentlitteratur
- [5] Ulrich, K. T. and Eppinger, S. D. (2014) *Produktutveckling: konstruktion och design*. Lund: Studentlitteratur.
- [6] Bergman B, Klefsjö B. (2012) *Kvalitet Från Behov till Användning*. Lund: Studentlitteratur.
- [7] Prisexempel kollaborativ robot UR 10 <https://cobots.se/produkt/ur10-robot/>

BILAGOR

Bilaga 1. Sid 1(3), Utvärderingsmall för Kano-modell

Egenskap		Finns inte (eller på en låg nivå)				
		Positivt	Förvänta sig	Neutral	Kan acceptera	Tycker inte om
Finns (eller är på en hög nivå)	Positivt	Tveksamt	Attraktiv	Attraktiv	Attraktiv	Förväntad
	Förvänta sig	Omvänd	Indifferent	Indifferent	Indifferent	Nödvändig
	Neutral	Omvänd	Indifferent	Indifferent	Indifferent	Nödvändig
	Kan acceptera	Omvänd	Indifferent	Indifferent	Indifferent	Nödvändig
	Tycker inte om	Omvänd	Omvänd	Omvänd	Omvänd	Tveksam

Bilaga 2. Sid 2(3), Kostnads kalkyl per ljus

	Kvantitet	a pris	Kostnad
Stearin	0,073	8,55	0,624
Veke	0,000549	175,98	0,097
Doppmassa	0,002	21	0,042
Lön	1	0,08	0,08
Fabrik omkostnader, el etc	1	0,22	0,22
Kalkyl per ljus			1,063

Bilaga 3. Sid 3(3), Kundformulär för Kano-modell

Hur upplever du det om:	
Maskinen har möjlighet att ställas om för att kunna tillverka både kron- och antikljus?	Jag tycker att det är positivt när det är så.
	Jag förväntar mig att det ska vara så.
	Jag är neutral till det.
	Jag kan acceptera att det är så.
	Jag tycker inte om när det är så.
Maskinen har enbart möjlighet att tillverka antikljus?	Jag tycker att det är positivt när det är så.
	Jag förväntar mig att det ska vara så.
	Jag är neutral till det.
	Jag kan acceptera att det är så.
	Jag tycker inte om när det är så.
Maskinens kapacitet är anpassad efter förväntad efterfrågan?	Jag tycker att det är positivt när det är så.
	Jag förväntar mig att det ska vara så.
	Jag är neutral till det.
	Jag kan acceptera att det är så.
	Jag tycker inte om när det är så.
Maskinens kapacitet skiljer sig från förväntad efterfrågan?	Jag tycker att det är positivt när det är så.
	Jag förväntar mig att det ska vara så.
	Jag är neutral till det.
	Jag kan acceptera att det är så.
	Jag tycker inte om när det är så.
Maskinen kan köras med nuvarande bemanning?	Jag tycker att det är positivt när det är så.
	Jag förväntar mig att det ska vara så.
	Jag är neutral till det.
	Jag kan acceptera att det är så.
	Jag tycker inte om när det är så.
Maskinen behöver utökad bemanning för att kunna användas?	Jag tycker att det är positivt när det är så.
	Jag förväntar mig att det ska vara så.
	Jag är neutral till det.
	Jag kan acceptera att det är så.
	Jag tycker inte om när det är så.
Maskinen kan byggas om utan att behöva anpassa produktionslinjen övriga delsystem?	Jag tycker att det är positivt när det är så.
	Jag förväntar mig att det ska vara så.
	Jag är neutral till det.
	Jag kan acceptera att det är så.
	Jag tycker inte om när det är så.
Vid ombyggnad av maskinen krävs anpassning av produktionslinjen övriga delsystem?	Jag tycker att det är positivt när det är så.
	Jag förväntar mig att det ska vara så.
	Jag är neutral till det.
	Jag kan acceptera att det är så.
	Jag tycker inte om när det är så.
Maskinen har möjlighet att tillverka antikljus i längderna 23-30cm?	Jag tycker att det är positivt när det är så.
	Jag förväntar mig att det ska vara så.
	Jag är neutral till det.
	Jag kan acceptera att det är så.

	Jag tycker inte om när det är så.
Maskinen har möjlighet att tillverka antikljus i längderna 27-34cm?	Jag tycker att det är positivt när det är så.
	Jag förväntar mig att det ska vara så.
	Jag är neutral till det.
	Jag kan acceptera att det är så.
	Jag tycker inte om när det är så.