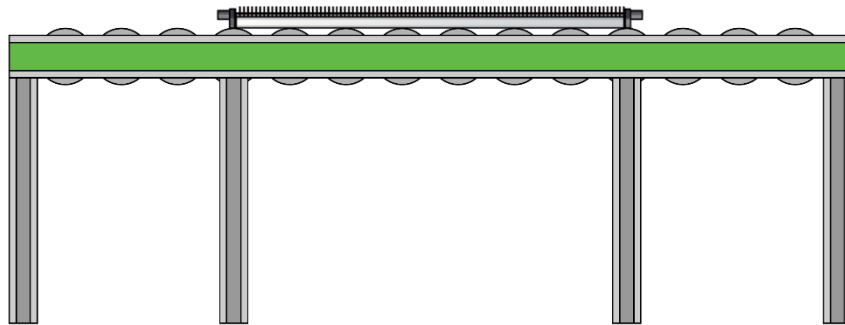




CHALMERS



Automatiseringsanalys av tillverkningsprocess hos Vehtec AB

Konceptförslag för effektivisering

Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom Mekanik 180Hp

David Östberg

Felix Myhrman

Automatiseringsanalys av
tillverkningsprocess hos Vehtec AB
Konceptförslag för effektivisering

David Östberg

Felix Myhrman

Automatiseringsanalys av tillverkningsprocess hos Vehtec AB
- Konceptförslag för effektivisering

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Mekatronik

David Östberg
Felix Myhrman

© David Östberg & Felix Myhrman, 2017

Examensarbete 2017
Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling
Chalmers tekniska Högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Förord

Examensarbetet har utförts på Chalmers Tekniska Högskola vid institutionen för produkt och produktionsutveckling. Uppdraget är genomfört på företaget Vehtec AB i Mölndal.

Först vill vi tacka Vehtec AB, och framförallt Bengt Lindgren, Patrick Inderhaug, Pouyan, Ahmed och Sebastian för ett trevligt bemötande, gott samarbete och en givande vistelse.

Tack till Johan Stahre för att ha tagit på sig rollen som vår examinator.

Avslutningsvis vill vi tack vår handledare Magnus Åkerman för all hjälp och respons kring utförandet av denna rapport.

David Östberg och Felix Myhrman

Sammanfattning

Behovet att utveckla och effektivisera sin verksamhet är något alla växande företag stöter på förr eller senare. Det kan exempelvis handla om besparingar som behöver göras, leveranstider som behöver kortas ner eller pappersarbete som behöver simplificeras. För Vehtec AB handlar det om att effektivisera sin tillverkningsprocess och öka produktionshastigeten. Detta då den nuvarande produktionshastigheten inte räcker till för att tillfredsställa den ökande efterfrågan på deras produkt VeHeat. VeHeat är ett konvektorelement som levererar värme med hjälp av vatten och som används i bussar över hela Europa. I dagsläget sker tillverkningsprocessen till stor del helt manuellt vilket gör att en automatisering av anläggningen ses som en potentiell lösning. Automatisering kan dock gå till på många olika sätt beroende på företagets situation, förutsättningar och begränsningar. Syftet med detta uppdrag är att genomföra en utförlig analys av tillverkningsprocessen för produkten VeHeat och utifrån denna utforma kvalificerade förslag på effektivisering av produktionen. I undersökningen ingår utförandet av en nulägesanalys av den aktuella tillverkningsprocessen samt fördjupning inom Vehtec AB's tillverkningsstatistik. Detta uppdrag har resulterat i flertalet lösningsförslag och koncept för varje enskild arbetsstation samt ett par mer övergripande förslag bestående av kombinerade koncept. Koncepten ska fungera som riktlinjer för Vehtec AB och hjälpa dem under framtida investeringar och förändringar av tillverkningsprocessen. Inga reella implementeringar eller förändringar har utförts under uppdragets gång.

Abstract

The need to develop and streamline your business is something all growing companies encounter sooner or later. This may include savings that need to be made, delivery times that needs to be shortened or paperwork that needs to be simplified. For Vehtec AB, it is about streamlining its manufacturing process and increasing the production speed. This is because the current production speed is not enough to satisfy the increasing demand for their product VeHeat. VeHeat is a convector element that supplies heat by water and is used in buses all across Europe. Today the manufacturing process is to a large extent entirely manual, which means that automation of the facility is considered a potential solution. Automation can however be implemented in several different ways depending on the situation of the company, its preconditions and limitations. The purpose of this assignment is to perform a detailed analysis of the manufacturing process for the product VeHeat and perform qualified proposals for streamlining the production. The survey includes the performance of a situation assessment of the current manufacturing process and an immersion of Vehtech AB's manufacturing statistics. This assignment has resulted in several proposed solutions and concepts for each individual workstation as well as general proposals consisting of combined concepts. The concepts will serve as a guide for Vehtec AB to assist them in future investments and modifications of their manufacturing process. No real implementations or changes has implemented during this assignment.

Innehållsförteckning

Beteckningar och definitioner	1
1 INLEDNING	2
1.1 Bakgrund	2
1.2 Syfte	2
1.3 Avgränsningar	3
1.4 Precisering av frågeställningen	3
2 TEORETISK REFERENSRAM	4
2.1 Tillverkningsystem	4
2.2 Manuell monteringslinje	4
2.3 Automatiserad monteringslinje	4
2.4 Semiautomatiserad monteringslinje	4
2.5 Flexibla manuella monteringsystem	5
2.6 Produktionsmaskiner	5
2.7 LoA – Levels of Automation	6
2.7.1 Fysisk automation	8
2.7.2 Kognitiv automation.....	8
2.8 Begränsningar för monteringsautomation	9
2.9 Automationspyramiden	9
2.9.1 ERP - Enterprise Resource Planning.....	9
2.9.2 MES - Manufacturing Execution System.....	10
2.9.3 SCADA Nätverk	10
2.10 Ergonomi	10
2.11 Industrirobotar	11
2.12 Cobots - Kollaborativa robotar	11
2.13 Servomotor	11
3 METOD	12
3.1 Generell tillvägagång	12
3.2 Kunskapsfördjupning	12
3.3 Kostnadsundersökning	13
3.4 Utförande av nulägesanalys.....	13
3.5 Dynamo++.....	13
3.6 HTA - Hierarchical Task Analysis	13
3.7 Observationer och intervjuer	14

3.8 Videodokumentation	14
3.9 Tidtagning	14
3.10 Orderundersökning	14
3.11 Automationsgrader	14
3.12 Brainstorming och idégenerering	15
3.13 Pughs metod (Relativ beslutsmatris), oviktad variant.....	15
3.14 Stationsplacering	15
4 RESULTAT	16
4.1 Nulägesanalys.....	16
4.1.1 Allmän beskrivning av tillverkningsprocessen	16
4.1.2 Arbetsstationsplacering	17
4.1.3 Flödesförutsättningar.....	17
4.1.4 Arbetsstationsbeskrivning	18
4.1.5 Intervju med montör.....	23
4.1.6 Tidsstudie	24
4.1.7 LoA-analys - aktuell tillverkningsprocess.....	25
4.1.8 Orderkartläggning	26
4.2 Kostnadsundersökning	27
4.3 Mötesreflektioner	28
4.4 Problematik för effektivisering och automatisering.....	29
4.5 Koncept och effektiviseringsförslag.....	30
5 DISKUSSION	31
5.1 Generell effektiviseringsanalys	31
5.2 Konceptanalys	34
5.3 Konceptsammanställning	38
6. SLUTSATSER	40
6.1 Resultatbedömning.....	40
6.2 Trovärdighetsanalys	40
6.3 Fortsatt arbete och rekommendationer	40
Referenser.....	41

Beteckningar och definitioner

VeHeat: Värmeelement i form av konvektor bestående av vattenbärare, kylfläns och anslutningar (1).

Konvektor: Enligt NE: "*Konvektor, värmare för rumsuppvärmning utformad så att värmeöverföringen till rumsluften sker genom egenkonvektion, dvs. luftcirkulationen åstadkoms av att den varma luften är lättare än rumsluften i övrigt.*" (2).

Här, produkten VeHeat då kylflänsarna är monterade på vattenbäraren.

Vattenbärare: Vätskeledande huvudkomponent av aluminium.

Kylfläns: Kylflänsplatta av aluminium på 12,5x11,4 cm med 12 stycken kylflänsblad.

Anslutning: De komponenter som monteras på ändarna av konvektorn, finns i tre varianter; 1-rörs anslutning, 2-rörs anslutning och återsändande anslutning. Tillverkade av hårdplast.

Stansning: Metod för att fästa kylflänsar på vattenbärarna.

VSM: Value Stream Mapping

HTA: Hierarchical Task Analysis

LoA: Levels of Automation

Ws: Workshop

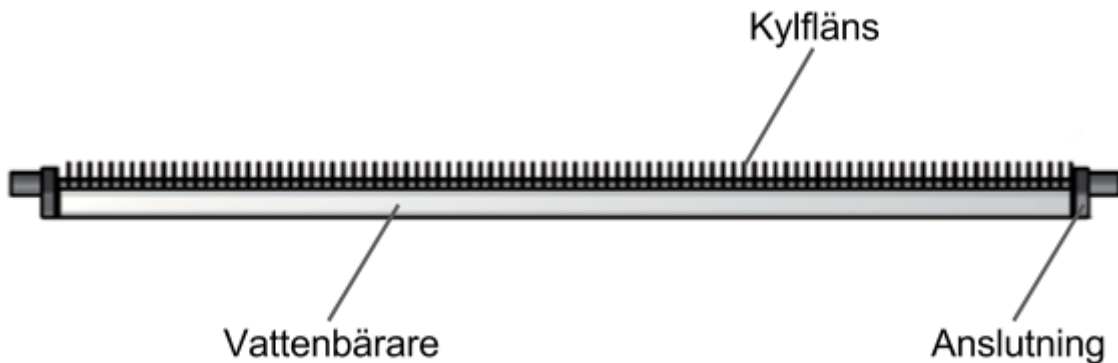
SoPI: Square of Possible Improvements

1 INLEDNING

Nedan följer beskrivning av företagets bakgrund och deras aktuella situation samt vad syftet med uppdraget är. Konkret specificering av både frågeställning och avgränsningar ges.

1.1 Bakgrund

Vehtec AB är ett relativt litet företag vars huvudsakliga sysselsättning består av tillverkning och försäljning av produkten VeHeat, se figur 1.1. VeHeat är ett konvektorelement som tillsammans med övriga systemkomponenter och vatten transporterar värme och används som kupévärmare i bussar över hela Europa. Under tillverkningsprocessens kärnmoment används en egenbyggd stansmaskin för montering av kylflänsar på vattenbärarna och en dubbelbladig sågmaskin för kapning. Då den aktuella produktionshastigheten inte räcker till för att tillfredsställa den ökande efterfrågan har automatisering av tillverkningsprocessen diskuterats. Företaget behöver dock konsultation då kompetens inom automation- och produktionsteknik saknas. Från början efterfrågades en teknisk lösning på ett helt automatiserat system, hela vägen från kundorder och lager till och med slutpaketering. En enklare skiss av företagets automationsidé hade konstruerats och reflekterats kring. Denna idé avskaffades dock relativt omgående med insikten av dess omfattning och komplexitet. Visionen ersattes med målsättningen om att underlätta och effektivisera de nuvarande montörernas arbete med hjälp av automation, istället för att helt och hållet ersätta dem med denna.



Figur 1.1: Konvektorn VeHeat med markerade delkomponenter

1.2 Syfte

Syftet är att genomföra en utförlig analys av tillverkningsprocessen för produkten VeHeat och utifrån denna utforma kvalificerade förslag på effektivisering av produktionen. Effektiviseringsförslagen ska utformas med avseende till faktorer såsom produktionsvolym, lokalplanläggning, ergonomi och kostnad.

1.3 Avgränsningar

Avsnittet anger nödvändiga avgränsningar som gjorts för att hålla uppdraget på en rimlig nivå i förhållande till givna tidsramar.

- Endast framtagandet av teoretiska koncept för automatisering och effektivisering ska göras, inga reella processer eller förändringar ska implementeras.
- Uppdraget behandlar endast tillverkningsprocessen för konvektorn VeHeat.
- Implementering av MPS-system med koppling till affärssystemet Monitor kommer ej att utföras eller undersökas.
- Leveransflöden till och från Vehtec AB undersöks ej.

1.4 Precisering av frågeställningen

Uppdraget har utgått från följande frågeställningar.

- Hur kan tillverkningsprocessen automatiseras och/eller effektiveras?
- Hur kan förflyttningar elimineras eller effektiveras/underlättas?
- Vad kan en förändring av lokalplanläggningen leda till och se ut?

2 TEORETISK REFERENS RAM

Avsnittet innefattar den teori som nyttjats vid utförandet av detta uppdrag. Först ges förklaring till diverse tillverkning- och monteringsbegrepp. Därefter definieras olika automationsgrader och nivåer av övergripande system. Slutligen beskrivs övrig teori som haft relevans inom detta uppdrag.

2.1 Tillverkningssystem

Definitionen för ett tillverkningssystem brukar innefatta kombinationen av människor, maskiner och verktyg vilka alla är bundna till ett gemensamt informations- och materialflöde. In i ett tillverkningssystem förs råmaterial, energi och information. Ut kommer färdiga produkter, spill och ytterligare information (3).

2.2 Manuell monteringslinje

Monteringssystem där alla moment görs helt manuellt eller består av endast manuella arbetsstationer (4).

2.3 Automatiserad monteringslinje

Monteringssystem för automatisk montering av produkter som använder någon form av programmerbart styrsystem (4).

2.4 Semiautomatiserad monteringslinje

Monteringssystem som är en kombination av manuella och automatiska arbetsstationer (4).

Användningen av manuella arbetsstationer i ett automatiserat monteringsystem är nödvändiga om (4):

- Designen eller känsligheten hos en del medför att den inte kan ordnas eller matas automatiskt.
- Eller om det finns väldigt komplexa monteringsoperationer som inte kan bli ekonomiskt utförda automatiskt.

2.5 Flexibla manuella monteringsystem

Inom manuell montering är det montören som är i centrum. Montören använder sina händer, sinnen och intelligens tillsammans med hjälpmedel som verktyg och mätare för att utföra monteringen. Produktionshastigheten hos montören beror på en mängd olika faktorer. Exempel på dessa är den ergonomiska designen av arbetsstationen och ljuset i lokalen. Även layouten av arbetsytan är en viktig faktor. Montering bör ske inom montörens synfält utan att de behöver röra huvudet och vid en höjd som är lägre än deras hjärta. Enformiga rörelser som att böja sig och räta på sig bör undvikas. Montering med en korrekt ergonomisk arbetsyta medför hög effektivitet genom bra tillgänglighet.

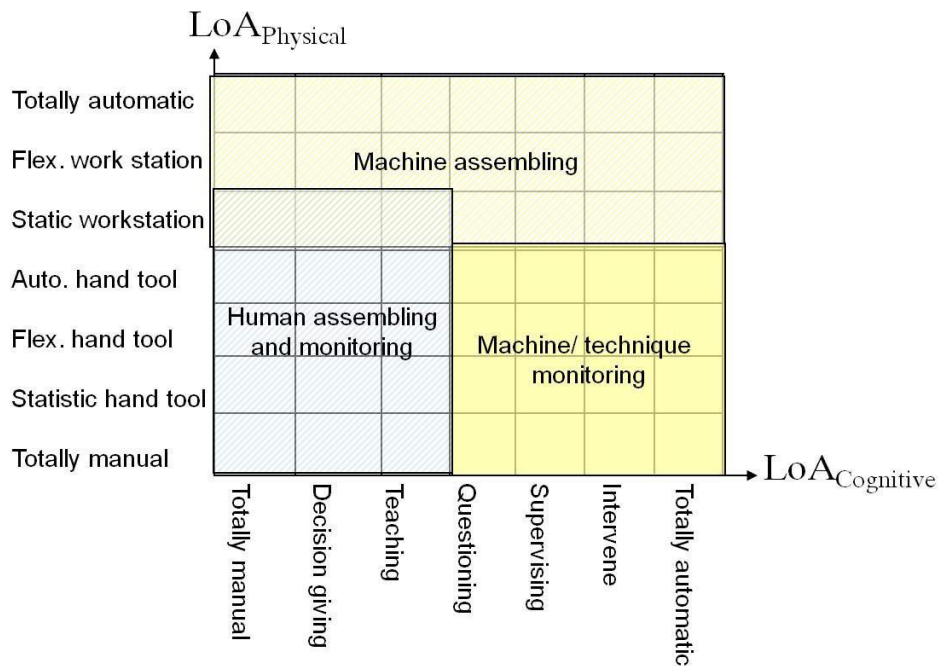
Dock så har en ergonomiskt korrekt arbetsstation en relativt liten arbetsyta och är därför endast lämplig för små produkter med låg komplexitet. För mer komplexa produkter kan man dela upp montering vid olika sammankopplade arbetsstationer (5).

2.6 Produktionsmaskiner

I moderna tillverkningssystem görs det mesta av den faktiska bearbetning och monteringen av maskinen eller med hjälp av verktyg. Maskinerna kan klassificeras som manuellt manövrerad, halvautomatiserade eller helt automatiserade. Manuellt manövrerade maskiner måste alltid styras eller övervakas av en människa. Halvautomatiserade maskiner utför en del av arbetet under någon slags programstyrning och en människa utför lastning och avlastningen av delarna som hanteras i maskinen. Medan en helt automatiserad maskin kan vara i drift under längre perioder utan att en människa är inblandad (3).

2.7 LoA – Levels of Automation

En viktig del av att automatisera en process är att konkret specificera dess syfte samt hur och av vem den ska användas. Man bör även ha förståelse för skillnaden mellan fysisk- och kognitiv (informativ och kontrollerande) automation. LoA-matrisen är ett verktyg som används för just detta ändamål. LoA står för Leves of Automation och översätts till automatiseringsgrader på svenska. Dessa automatiseringsgrader delas upp i en skala från 1 till 7 för både fysisk och kognitiv automation enligt figur 2.2 och bildar tillsammans en 7x7-matris enligt figur 2.1 (6).



Figur 2.1: LoA-Matris (7)

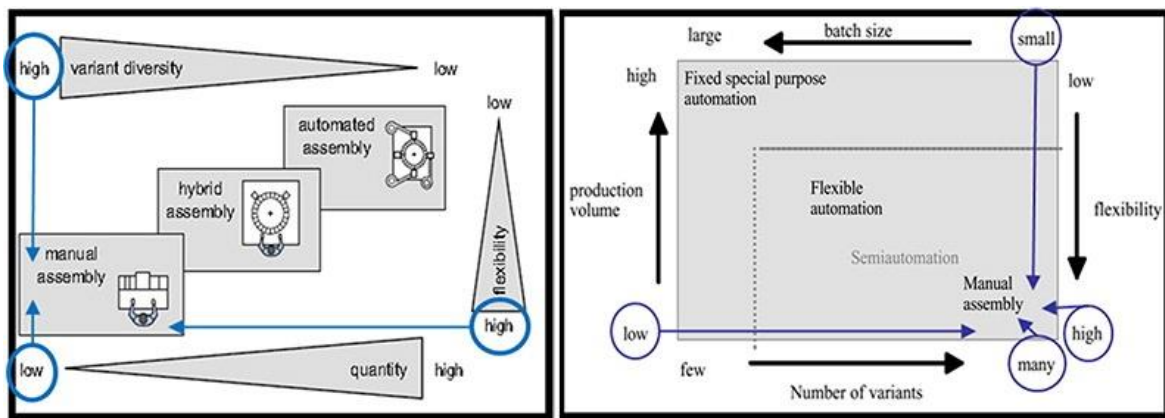
LoA-matrisen innebär alltså 49 olika automatiseringslösningar och en bred grund för företag att stå på vid val av utrustning. Genom att analysera ett företags aktuella tillverkningsprocess och ange antal delmoment och dess positioner i LoA-matrisen ges en tydlig överblick av företagets övergripande automationsnivå. Vidare analys påvisar vilka eventuella optimerings- och effektiviseringsmöjligheter som finns (6).

LoA	Fysisk	Kognitiv
1	Totalt manuellt – Helt manuellt arbete, inga verktyg används, bara användarens egen muskelkraft	Totalt manuellt - Användaren skapar sin egen förståelse för situationen och utvecklar sin egen handlingsplan baserat på tidigare erfarenheter och kunskaper
2	Statiskt handverktyg – Manuellt arbete med stöd av statiskt handverktyg, t.ex. skruvdragare	Beslutsfattande - Användaren får information om vad som ska göras eller förslag på hur uppgiften utförs, t.ex. arbetsorder
3	Flexibelt handverktyg – Manuellt arbete med stöd av flexibelt handverktyg, t.ex. skiftnyckel	Undervisande - Användaren får instruktioner om hur uppgiften utförs, t.ex. checklistor och manualer
4	Automatiskt handverktyg – Manuellt arbete med stöd av automatiskt handverktyg, t.ex. hydraulisk bulstax	Ifrågasättande - Tekniken ifrågasätter utförandet om det avviker från vad tekniken anser vara lämpligt, t.ex. verifiering före handling
5	Statisk maskin/arbetsstation - Automatiskt arbete av maskin designad för en specifik uppgift, t.ex. svarv	Övervakande - Tekniken anropar användarens uppmärksamhet och dirigerar den mot den aktuella uppgiften, t.ex. larm
6	Flexibel maskin/arbetsstation - Automatiskt arbete av maskin med möjlighet att konfigureras för olika uppgifter, t.ex. CNC-maskin	Övertagande - Tekniken tar över och korrigerar handlingen om tekniken anser att utförandet avviker från vad som är lämpligt, t.ex. termostat
7	Totalt automatiskt – Helt automatiskt arbete, maskinen löser själv alla problem och avvikelser som uppstår, t.ex. autonomt system	Totalt automatiskt – All information och kontroll hanteras av tekniken, användaren är aldrig involverad, t.ex. autonomt system

Figur 2.2: Automationsgradsdefinitioner (8)

2.7.1 Fysisk automation

Teknik som ersätter mänsklig muskelkraft brukar definieras som fysisk automation. Ofta koncentrerar sig företag på en hög grad av fysisk automation i början av produktionsflödet där repetitiva precisionsuppgifter dominerar sysselsättningen. Även i fall då arbetsuppgiften utgör direkt, eller indirekt, fara för människan är det vanligt att fysisk automation av hög grad appliceras. Generellt sett sjunker alltid automationsgraden i takt med att tillverkningsprocessens slut närmar sig. Detta på grund av principen om kundnärlighet som innebär att produktionen måste ha möjlighet till kundanpassning. I figur 2.3 illustreras de riktlinjer som vanligtvis gäller för fysisk automation (6).



Figur 2.3: Riktlinjer för fysisk automation (7)

2.7.2 Kognitiv automation

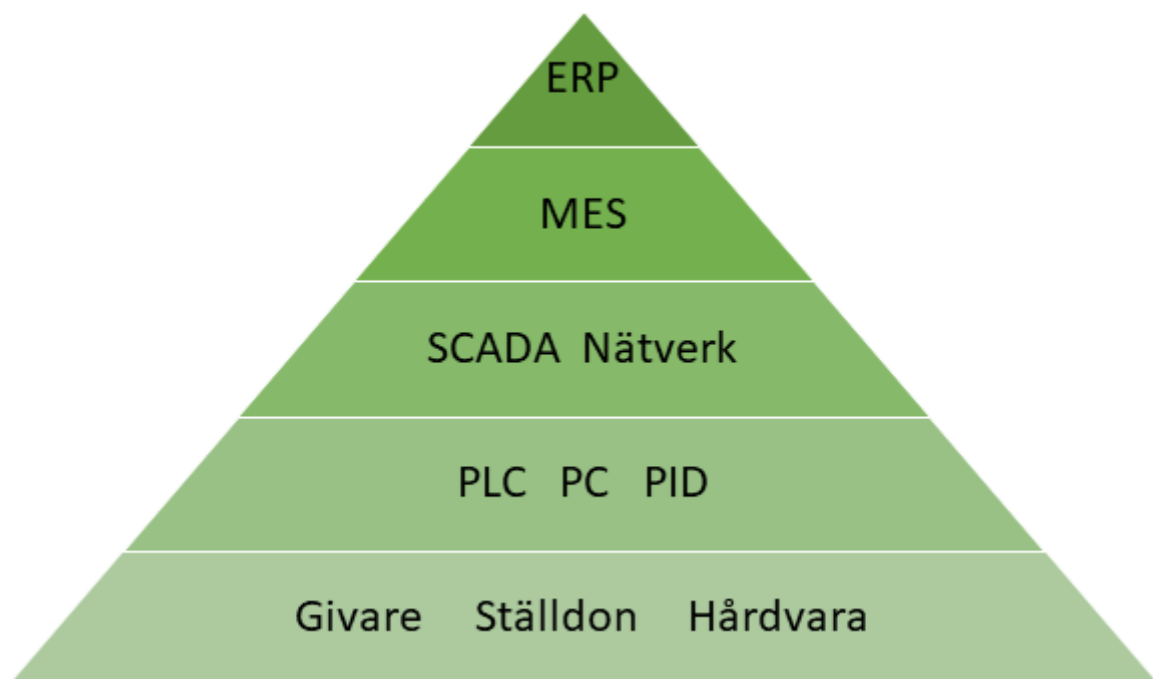
Kognitiv automation påträffas oftast i kontrollrum och andra översiktsplatser, t.ex. inom flyg- och kärnkraftsindustrin, men kan även fungera som informationsstöd till montörer. Ljus- och ljudsignaler vilka används som omgivningskontroller är vanliga exempel på kognitiv automation som ger en snabb överblick för operatörer. Ljussignaler tillämpas också i samband med montering för att indikera vilka komponenter som ska plockas. Då kvalitet är prioriterat i produktionen används ofta givare för att kontrollera att alla delmoment utförs korrekt och i rätt ordning. När det gäller informationsstöd till montörer handlar det vanligtvis om att klargöra vad som ska göras, hur det ska utföras och med vilka komponenter. Allmänna riktlinjer för informationsstöd till montörer är relevans, kompetensanpassning, lagom omfattning, enkelt format och såklart att informationen är korrekt. Informationen bör även vara lättillgänglig, det vill säga inom 2 meter från montören och max 3 klick bort i mjukvaran. För att uppnå hög effektivitet är det även viktigt att välja rätt informationsbärare och rätt informationsmedium. Mobila enheter kan underlätta om montören ofta rör sig mellan olika stationer medan videofilmer ofta är lämpligt vid inläring av nya processer. Informationsstödet utformning varierar också beroende på arbetscyklernas längd. Korta cykler innebär möjlighet till mer kognitiv automation då detta går att implementera i smarta verktyg och fixturer (6).

2.8 Begränsningar för monteringsautomation

Det största problemet med en automatiserad montering är hanteringen av komplexa och mjuka komponenter. Dessutom begränsas ofta flexibiliteten av programmeringens omfattning. För små och medelstora företag är istället manuell montering lämpligast. Detta på grund av den låga investeringsrisken som uppstår vid hög anpassningsförmåga och produktivitet. Manuell montering anses även bäst lämpad vid lätt produktvariation tack vare den mänskliga förmågan att anpassa sig till nya uppgifter (9).

2.9 Automationspyramiden

Automation kategoriseras vanligen i olika nivåer av överordnade system. Dessa nivåer delas upp och rangordnas enligt figur 2.4. Nedan ges beskrivning av de tre högst rangordnade systemen (10).



Figur 2.4: Automationspyramid baserad på (10).

2.9.1 ERP - Enterprise Resource Planning

ERP är den internationella beteckningen för begreppet affärssystem. Ett affärssystem är en sorts plattform för hantering av ett företags information och administration. Plattformen består av olika moduler vilka tillsammans behandlar allt från planering av produktion, resurser och projekt till inköp, tidsredovisningar och personaluppgifter. Även produktionsnära information såsom order- och lagerinformation tas omhand i dessa system. Ofta används en gemensam databas konstruerad av många olika tabeller för att sammanställa samtliga enheter. Den omfattning och komplexitet detta innebär medför vanligtvis att företagen kompletterar systemet med anpassade hjälpmedel för lättare dataåtkomst (11),(12),(13),(14).

2.9.2 MES - Manufacturing Execution System

MES är ett system som ansvarar för styrning och övervakning av produktions- och tillverkningsprocesser. Till skillnad från affärssystem fokuserar denna programvara mer på själva produktionen istället för företagets ekonomiska parametrar. Vanligtvis implementeras MES-funktionerna i befintliga användargränssnitt hos företagen. I dagsläget finns många företag som levererar system med benämningen MES. Utbudet som ges består av ett antal olika standarder varav flera svenska. Den mest välkända är utfärdad av MESA (Manufacturing Enterprise Solutions Association) och innefattar 11 punkter enligt nedan (15).

- Resursallokering och status
- Operationer och detaljerad schemaläggning
- Leverans av produktenheter
- Dokumentkontrollering
- Datainsamling och förvärv
- Arbetsledning
- Kvalitetshantering
- Processhantering
- Underhållshantering
- Produktpårning
- Prestationsanalys

Observera att ett system inte behöver innefatta alla 11 punkter för att klassas som MES (15).

2.9.3 SCADA Nätverk

SCADA står för "Supervisory Control And Data Acquisition" och är ett system som används vid övervakning och styrning av automation. Konceptet framtogs tack vare behovet av realtidsövervakning i stora anläggningar och produktioner. I dagsläget finns många alternativ för övervakning både via internet och specificerade applikationer. Ett av de mest väsentliga ändamålen med SCADA är informera om varningar och larm. Det tydliga gränssnittet medför att systemet blir lätthanterligt även för folk utan specifik kompetens. Att nyttja SCADA leder i många fall till effektivisering av processer och sekvenser (16).

2.10 Ergonomi

Ergonomi går ut på att optimera samspelet mellan människa och arbetsmiljö med hänsyn till anatomi, fysiologi och psykologi. Att skapa en bra arbetsmetod och arbetsplats utifrån individens naturliga förutsättningar och begränsningar är mycket viktigt. Inte bara är det avgörande för individens hälsa och välbefinnande men även dess effektivitet och säkerhet. Bra ljus, varierad arbetsställning och möjlighet till pauser är väsentliga faktorer på varje arbetsplats. Uppfylls inte dessa finns stor risk för belastningsskador på både kropp och sinne. Belastningsskador uppstår ofta i samband med tunga lyft, repetitiva arbetsuppgifter och obekväma arbetsställningar. Stress är också en mycket vanlig orsak till besvär (17).

2.11 Industrirobotar

Enligt ISO är en industrirobot en "automatically controlled, reprogrammable, multipurpose manipulator, programmable in three or more axes, which can be either fixed in place or mobile for use in industrial automation applications" (18). Industrirobotar kan förses med olika verktyg för att uppnå den funktion man söker. Exempel på detta är sugkoppar som använder vakuum för att lyfta objekt med släta ytor. En industrirobot kan utföra en process på exakt samma sätt om och om igen vilket leder till att kvalitén på produkten blir hög. De är även omprogrammeringsbara vilket ger möjlighet att ändra på produktion vid behov. Arbetsmiljön för människan kan även bli bättre då roboten kan utföra enformiga och tunga uppgifter (19).

2.12 Cobots - Kollaborativa robotar

En kollaborativ robot är en robot som kan samarbeta med människor. De är överlag lättare än vanliga industrirobotar och har inbyggda sensorer som känner av ifall någon eller någonting är i vägen för att förhindra skador. Detta medför att de inte behöver ha de traditionella säkerhetsburar som industrirobotar ofta har. Många kollaborativa robotar kan idag programmeras genom att man för hand drar dom till varje önskad position och samtidigt sparar dessa. På så sätt slipper man ange koordinaterna själv (20),(21),(22).

2.13 Servomotor

Motor med oerhört precis lägesåterkoppling. Detta innebär förmågan att informera styrsystemet om exakt hur många varv motoraxeln roterat. Därav kan precisionspotentialen nå hela vägen ner till mikrometernivå beroende på tillämpning. Servomotorer används ofta då hög precision efterfrågas, exempelvis när en specifik hastighet önskas hållas oavsett om motorn körs i upp- eller nedförsbacke (23),(24).

3 METOD

Nedan följer beskrivning av vilka metoder som använts och varför de anses lämpliga att använda i utförandet av uppdraget. Till att börja med ges en övergripande beskrivning av tillvägagången för att sedan individuellt förklara varje delsteg mer noggrant.

3.1 Generell tillvägagång

Det första som gjordes var att möta upp med de ansvariga på Vehtec AB och diskutera orsaken till uppdraget samt dess syfte och mål. Efter detta formulerades en lämplig frågeställning i enlighet med examinator på institutet för Produkt- och produktionsutveckling. När alla parter var nöjda och nödvändiga avgränsningar gjorts kunde företagets nuvarande tillverkningsprocess och tillverkningsstatistik undersökas. Detta innebar ytterligare ett möte med representanter från Vehtec AB där information gällande budget, tillverkningsstatistik och orderhantering mottogs. Därefter spenderades en förmiddag i fabriken tillsammans med de anställda vilka gav noggrann beskrivning och genomgång av produktionsflödet. En simplare form av intervju utfördes med frågor kring tillverkningens kritiska moment och en tidsstudie genomfördes.

Parallellt med detta utfördes kontinuerlig kunskapsfördjupning inom området produktionsteknik. Relevant litteratur i form av forskning, avhandlingar och rapporter studerades samtidigt som regelbundna möten med lärarhandledare hölls. Detta ledde bland annat till att arbetsmetoden Dynamo++ ansågs lämplig att följa.

En grövre kostnadsundersökning genomfördes för att få en primär överblick över den aktuella utrustningen tillgänglig på marknaden just nu. Relevanta kundkataloger genomsköts via internet och intressanta leverantörer kontaktades via mail.

När all väsentlig information var sammanställd och analyserad påbörjades konceptfasen. Detta innebar regelbunden diskussion författarna emellan samt ett flertal möten med både handledare och Vehtec AB. Huvudsakliga ämnen som resonerats kring är företagets aktuella situation, dess produktionsproblematik samt möjliga lösningsförslag. De slutgiltiga förslagen valdes genom utvärdering och analysering av framtagna resultat samt företagets önskemål och krav.

3.2 Kunskapsfördjupning

Den litteratur som studerats har huvudsakligen samlats in via internet. Chalmers Publication Library har varit ett avgörande verktyg som tillfört mycket användbart material. Ytterligare information har tillhandahållits via vår handledare på Chalmers Tekniska Högskola medan annan information hämtats från relevant undervisningsmaterial.

3.3 Kostnadsundersökning

En kostnadsundersökning utfördes genom att ta kontakt med olika företag som erbjöd relevanta maskiner och produkter för effektivisering. Detta gjordes för att få en bild av vad som finns på marknaden samt vilka prisklasser olika maskiner och produkter ligger i. Även möjligheten att köpa begagnande maskiner har undersökts då det föreslogs av Vehtec AB.

3.4 Utförande av nulägesanalys

Nedan följer beskrivning av de metoder som använts för undersökning av Vehtec AB's aktuella situation och tillverkningsprocess. Tillvägagångsman har inspirerats av Dynamo++-metoden som nämnts tidigare. Att Dynamo++ valts att efterlikna beror på att det är en övergripande metod specifikt lämpad för uppgifter likt detta uppdrag.

3.5 Dynamo++

Metoden användes för att mäta de aktuella automationsgraderna hos företagets tillverkningsprocess samt analysera vilka möjligheter till förbättringar det fanns. Att hitta rätt automationsgrad i förhållande till givna krav och önskemål är avgörande både för tid- och kostnadsbesparingar. Metoden utförs enligt följande 12 steg (25).

1. Välj ett system att undersöka
2. Granska processen
3. Utför en värdeflödesanalys för att identifiera flödes- och tidsparametrar (VSM)
4. Identifiera huvudoperationer och delmoment (HTA)
5. Mät automationsgraderna (LoA)
6. Dokumentera resultaten
7. Bestäm relevanta min- och maxnivåer för de olika delmomenten i systemet (Ws)
8. Ta fram möjliga förbättringar utifrån punkt 7 (SoPI)
9. Analysera och välj förbättringar utifrån punkt 3
10. Texta/visualisera förbättringsförslag utifrån erhållna resultat samt företagets krav och önskemål
11. Implementera förslagen
12. Följ upp och undersök vilka effekter förslagen hade på flödes- och tidsparametrarna

3.6 HTA - Hierarchical Task Analysis

Metoden användes för att ge en tydlig överblick av arbetsuppgifternas uppbyggd och struktur. HTA går till så att uppgiften i fråga först studeras, ofta via observationer och genom intervju med någon som har erfarenhet av att utföra uppgiften. Sedan definieras det huvudsakliga målet och de delmål som krävs för att fullborda detta. Därefter fortsätter man bryta ner delmålen tills dess att man når uppgiftens mest grundläggande steg. När detta är gjort rangordnas alla punkter i hierarkisk ordning enligt trädstruktur och numreras utefter denna (26).

3.7 Observationer och intervjuer

Under ett av besöken hos Vehtec AB utfördes noga observationer för VeHeats aktuella tillverkningsprocess, från lager till paketering. Varje delmoment demonstrerades i turordning utav erfarna montörer medan varje steg antecknades. Mot slutet av genomgången utfördes en kortare intervju med en av montörerna som då bland annat fick redogöra för eventuella kritiska moment och dylikt. Väsentlig information som samlats under dagen användes sedan som underlag vid genomförandet av en hierarkisk uppgiftsanalys.

3.8 Videodokumentation

På efterfrågan av Vehtec AB och som stöd för tidsstudien utfördes en videodokumentation av tillverkningsprocessen. Videodokumentationen består av två filmer, en för ordinarie tillverkningscykel och en för montering av anslutningar. Att montering av anslutningar filmades separat beror på att detta moment enbart genomförs då kunden specifikt efterfrågar detta.

3.9 Tidtagning

En tidsstudie genomfördes med hjälp av videodokumentationen. Att utgå från denna var nödvändigt då flera tillverkningsmoment i regel utförs samtidigt och ibland av mer än en enskild montör. Detta innebär en mycket svårövervakad process med en del oregelbundna mönster som krävde flera mätningar innan korrekt resultat uppnåddes.

3.10 Orderundersökning

Utifrån mottagna dokument innehållande samtliga beställningar relaterade till produkten VeHeat gjordes en orderkartläggning. Beställningarna kategoriserades utefter konvektorernas längd samt beroende på om anslutningar skulle monteras innan leverans eller ej. Resultatet illustreras med hjälp av cirkeldiagram. Orderkartläggningen utfördes för att få en överblick av de olika konvektorlängder som oftast beställs, vilka produktionsvolymerna som hanteras inom företaget samt hur stor andel av beställningarna som innefattar anslutningsmontering.

3.11 Automationsgrader

Bestämningen av automationsgrader har skett i enlighet med definitionerna i kapitel 2.2. De arbetsuppgifter och delmoment som utvärderats är tagna direkt från HTA-analysen.

3.12 Brainstorming och idégenerering

Majoriteten av förslagen som presenteras i denna rapport har vuxit fram genom regelbunden diskussion mellan författarna. Diskussionerna har framförallt handlat om företagets aktuella situation och produktionsproblematik. Med tiden har dessa diskussioner lett till olika idéer och konceptförslag vilka i sin tur diskuterats med både företagsrepresentanter från Vehtec AB och handlare på Chalmers Tekniska Högskola. Ofta har det varit dessa möten som medfört de största framstegen inom idégenereringen då olika perspektiv och erfarenheter mötts och blandats. Brainstorming på en whiteboardtavla utfördes vid ett tillfälle av författarna för att väcka kreativiteten och vidga perspektiven.

3.13 Pughs metod (Relativ beslutsmatris), oviktad variant

Pughs metod används för systematisk utvärdering av olika konstruktionsalternativ. Den går ut på att man väljer ett lösningsalternativ som referens vilken man sedan jämför med resterande lösningsalternativ. Man väljer sedan maximalt 15–20 utvärderingskriterier för jämförelsen. Referenslösning är lämpligast gamla lösningen på problemet, om en gammal lösning inte finns väljer man den lösning man tycker känns mest lovande (27).

Pughs metod användes för att utvärdera framtagna koncept.

3.14 Stationsplacering

Utifrån framtagna konceptidéer skisserades ett antal förslag på passande planlösningar i icke skalenliga figurer. Dessa skisser på nya stationsplaceringar togs fram för att ge en tydlig överblick av hur koncepten skulle kunna implementeras för att öka helhetsflödet i fabriken.

4 RESULTAT

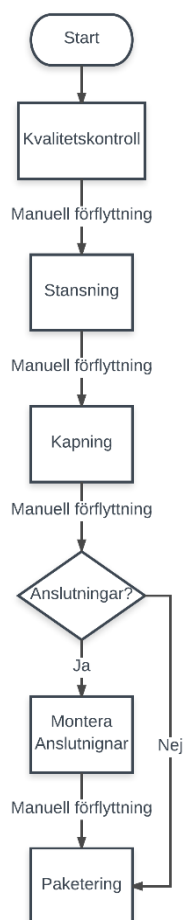
I detta kapitel redovisas alla resultat som erhållits samt konstateranden som gjorts under uppdragets gång. Först presenteras en nulägesanalys över företagets aktuella tillverkningsprocess, följt av relevanta mötesreflektioner och automatiseringsproblematik. Slutligen listas möjliga koncept som genererats utifrån dessa aspekter.

4.1 Nulägesanalys

Detta avsnitt redovisar den aktuella tillverkningsprocessen och den orderstatistik som undersökts.

4.1.1 Allmän beskrivning av tillverkningsprocessen

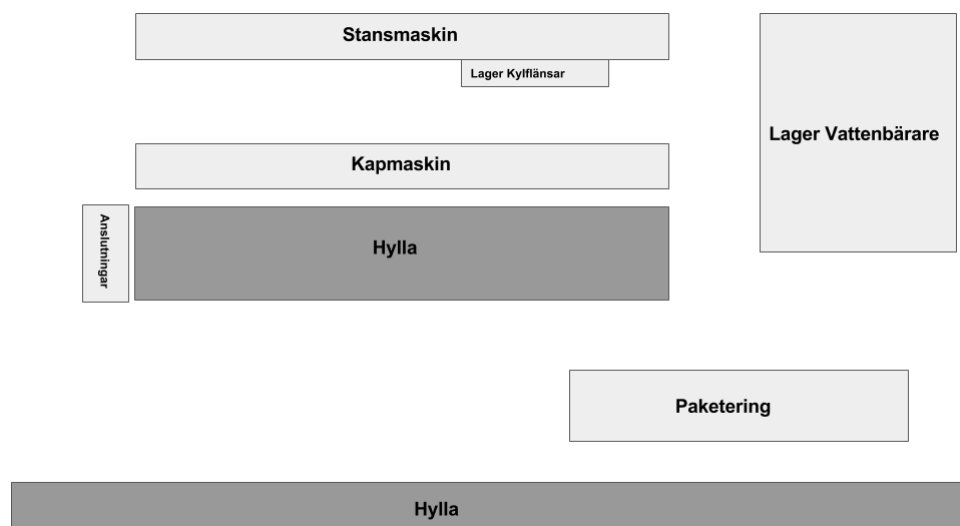
För varje enskild VeHeat sker samtliga steg enligt figur 4.1. Först utförs en kvalitetskontroll av vattenbärarna i lagret. Sedan monteras och stansas kylflänsarna. Därefter kapas konvektorn till rätt längd. Om montering av anslutningar har efterfrågats av kunden görs detta efter kapningen. Det sista momentet är att konvektorn paketerats.



Figur 4.1: Flödesdiagram av hela tillverkningsprocessen för produkten VeHeat.

4.1.2 Arbetsstationsplacering

I figur 4.2 ges en överblick av hur samtliga arbetsstationer är placerade i lokalen. Figuren är ej skalenlig och visar inte heller hela lokalen. Enbart de maskiner och lager som är relevanta för tillverkning av produkten VeHeat har illustrerats.



Figur 4.2: Ej skalenlig bild av arbetsstationsplacering.

4.1.3 Flödesförutsättningar

I fabriken arbetar två montörer med att tillverka konvektorn VeHeat. Dessa montörer arbetar växelvis både enskilt och tillsammans med de olika arbetsmomenten. Detta på grund av att produktionsflödet i normalläget hela tiden innehåller tre VeHeats och enbart vissa delmoment kräver att båda montörerna hjälps åt. Detta medför att den reella cykeltiden börjar och slutar varje gång montörerna tillsammans hämtar två nya vattenbärare i lagret. När detta sker har den tredje enheten i flödet precis blivit stansad och ligger på rullbanan bakom stansmaskinen.

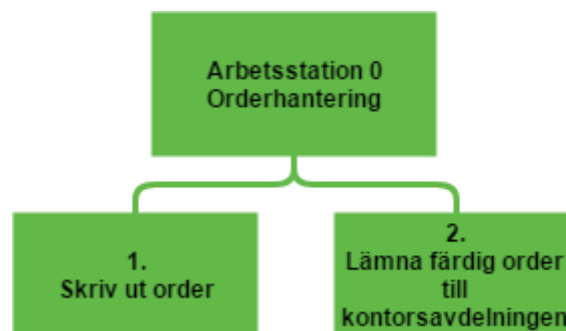
4.1.4 Arbetsstationsbeskrivning

I det här avsnittet beskrivs samtliga arbetsstationer och alla de moment som ingår i varje station. Dessa presenteras även i HTA-analys för varje arbetsstation.

Arbetsstation 0: Orderhantering

Den övergripande orderhanteringen utgör ingen faktor i den konkreta tillverkningsprocessen för konvektorn VeHeat. Dokumentering och registrering av beställningar sker på företagets kontorsavdelning i mjukvaran Monitor. I Monitor sorteras beställningarna upp efter närmaste deadline eller enligt överenskommelse med montörerna. Beställningarna nås sedan av montörerna i fabriken där de skrivs ut från en dator. Efter utförd order lämnas det utskrivna dokumentet i en inbox på kontorsavdelningen för fakturering och arkivering.

Då utskrift av order i fabrik och återlämning av färdigställd order till kontorsavdelningen enbart sker en gång per beställningar anses denna "arbetsstation" ej ingå i den generella tillverkningscykeln för produkten VeHeat.

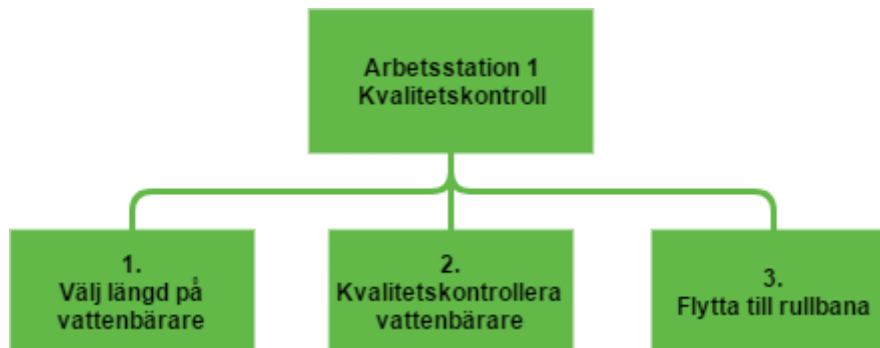


Figur 4.3: HTA Orderhantering

Arbetsstation 1: Kvalitetskontroll

Detta är det första steget i den faktiska tillverkningscykeln. Kvalitetskontrollen har ingen egen arbetsstation utan utförs direkt i lagerhyllan. Där plockas och kvalitetskontrolleras varje vattenbärare. Vattenbärarna levereras i längderna 3.2 m, 4.1 m, 5 m, 6.1 m och 7 m. Här väljs den längd som resulterar i minst spill. Exempelvis används en 4.1 m lång vattenbärare för att tillverka två stycken 2 m VeHeats. Vattenbäraren undersöks sedan visuellt från kant till kant av båda montörerna samtidigt. Eventuellt smuts tas bort med ett aluminiumsudd eller med en tvättsvamp och rengöringsmedel. Då sprickor eller andra skador upptäcks väljs en annan vattenbärare ur lagret medan den skadade kasseras.

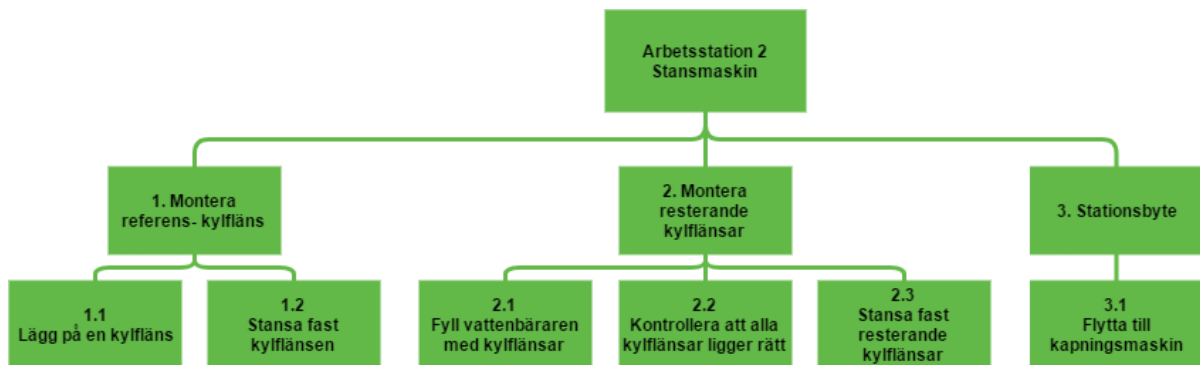
Därefter utförs kvalitetskontrollen för ytterligare en vattenbärare som sedan läggs ihop ovansida mot ovansida med den första. När detta är gjort flyttas de två vattenbärarna manuellt till stansmaskinens rullbana av de två montörerna.



Figur 4.4: HTA Vattenbärare lager

Arbetsstation 2: Stansmaskin

För att stansmaskinens kugghjul ska hamna rätt mellan kylflänsbladen stansas först en referenskyfläns fast i ena änden av vattenbäraren. Montörerna fyller sedan resten av vattenbäraren med kylflänsar till dess att det inte får plats fler. Därefter görs en kontroll genom att en av montörerna drar sin hand över kylflänsarna för att se så att alla ligger korrekt. Då eventuellt felplacerade kylflänsar rättats till körs stansmaskinen och resterande kylflänsar stansas fast. Då och då packas nya kylflänsar upp från öppnade lådor under stansmaskinen. Detta steg kan komma att ske när som helst under stansningen beroende på när aktuell kylflänslåda tar slut. När stansningen är klar flyttas konvektorn manuellt till kapningsmaskinen av en montör.

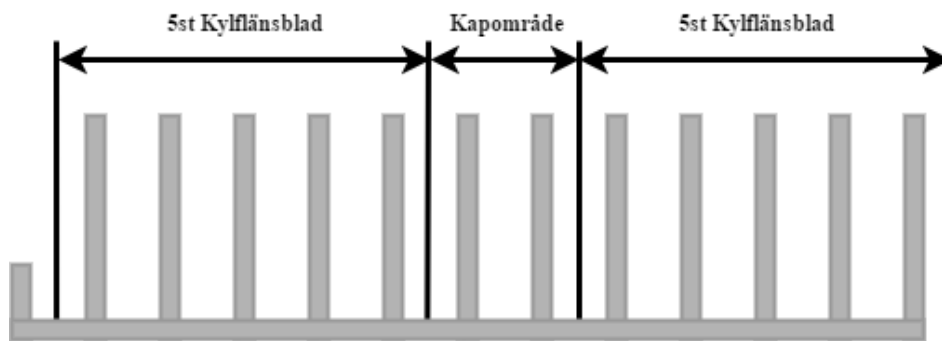


Figur 4.5: HTA Stansmaskin

Arbetsstation 3: Kapning och färdigställning

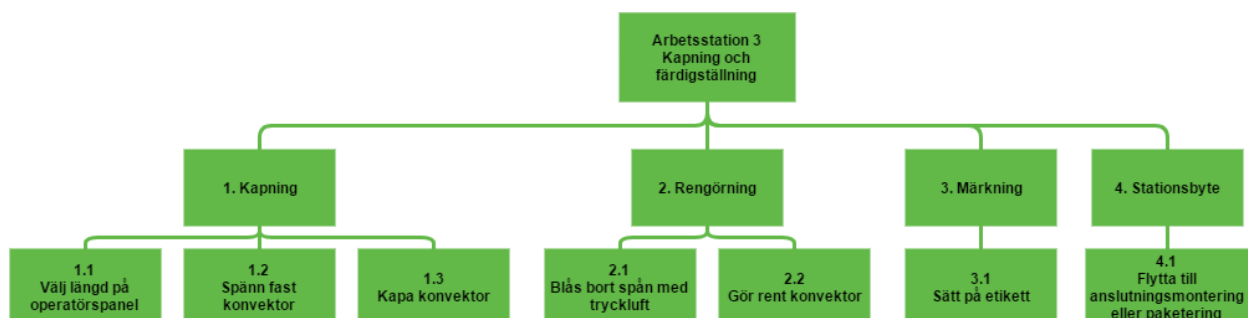
På en panel väljs önskad längd medan kapningsmaskinen själv justerar avståndet. Därpå spänns konvektorn fast i maskinen för att sedan kapas. Konvektorn måste placeras med kylflänsarna neråt vid fastspänning för att inte skada kylflänsarna. Kapningsmaskinen kapar konvektorn på två ställen samtidigt. Antingen kapas båda ändarna 3–4 cm för att få en fin profil samt att ta bort ojämnheter. Eller så kapas konvektorn till den efterfrågade längden samt att en av ändarna kapas för fin profil. I detta fall kan rester uppstå, dessa sparas om de är 45 cm eller längre på en egen hylla för användningen vid andra beställningar. Till exempel om en 250 mm VeHeat ska produceras används en 3.2 m vattenbärare och då uppstår cirka 2950 mm rest som då sparas för framtida användning.

När inte bara ändarna kapas måste man även kontrollera att det finns åtminstone 5 kylflänsblad kvar på den kylfläns som kapas, se figur 4.6. Detta är viktigt då kylflänsen annars riskerar att lossna.



Figur 4.6: Kapområde på kylfläns sett från sidan

När kapningen är klar blåses alla spån bort med tryckluft innan det är dags för färdigställning av konvektorn. Färdigställningen innebär att konvektorn rengörs med en tvättsvamp och rengöringsmedel samt att en etikett med företagets logga och allmän tillverkningsinformation klistras fast på det yttersta kylflänsbladet. Efter detta flyttas konvektorn manuellt till antingen anslutningsmontering eller direkt till paketering beroende på ordern.



Figur 4.7: HTA Kapning och färdigställning

Arbetsstation 4: Anslutningar

Detta steg utförs endast om kunden specifikt efterfrågar att anslutningar ska monteras. Annars skickas alla nödvändiga komponenter med vid paketering så att kunden själv kan montera anslutningarna.

Då detta moment inte har en egen yta i lokalen utförs det på olika ställen beroende på längden hos konvektorn. Vid kortare längder på konvektorn görs montering vid ett arbetsbord eller vid rullbanan innan stansmaskinen. Vid längre längder på konvektorn görs montering på ett par arbetsbänkar som placeras på golvet i lokalen där det finns plats. Då de komponenter som behövs inte finns tillgängligt från början hämtar man först alla komponenter och rullar fram dessa på ett rullbord.

När alla komponenter finns på plats börjar montören med att fasa innerkanterna på konvektorn med en gradare. Därefter trycks två stycken gummitätningar in i konvektorn. Sedan sprejas en anslutning med silikonspray för att förenkla montering av anslutningen på konvektorn. Därpå kan anslutningen monteras och här används en ritning för att visa vilken typ av anslutning som skall användas och hur den ska sitta. Därefter sätts tre skruvar i anslutningen som sedan dras åt med en skruvdragare. Innan produkten är klar för paketering sätts ett gummilock på de utgående rören på anslutningen. Denna process repeteras sedan för andra sidan av konvektorn med eventuellt annan typ av anslutning enligt ritningen.

När båda sidorna är klara kan den färdiga konvektorn med anslutningar flyttas manuellt till paketeringen.

För en förstorad bild av Figur 4.8, se bilaga 1.



Figur 4.8: HTA Anslutningar

Arbetsstation 5: Paketering

Beroende på om konvektorerna ska levereras med anslutningar monterade eller inte så ser paketeringen olika ut. Då inga anslutningar är monterade kan två konvektorer ligga kylfläns mot kylfläns, vilket medför att 8 stycken VeHeats får plats per lager i varje kartong. När anslutningar är monterade är denna paketering inte möjlig och innebär att endast 4 stycken VeHeats får plats per lager. Gemensamt för båda paketeringsmetoderna är dock skavskyddet. Skavskyddet består av wellpapp som läggs mellan varje lager samt varvas över och under varannan VeHeat längs med långsidorna. Kartongerna som används står på egenbyggda pallar placerade på golvet och som byggs innan varje order påbörjas. Att egna pallar byggs beror på konvektorernas breda längdvariation. Vid längre konvektorer krävs också att båda montörerna hjälper åt att paketera för att undvika skador på produkten.



Figur 4.9: HTA Paketering

4.1.5 Intervju med montör

Av intervjun framgick att det mest riskabla momentet var att utföra stansningen. Ligger inte kylflänsarna korrekt på vattenbäraren misslyckas hela stansningen. Skulle referenskyflänsen inte spännas in ordentligt medför detta att varje stanskugge förskjuts i förhållande till kylflänsbladen som då förr eller senare lossnar.

Det mest påfrestande momentet under tillverkningsprocessen var utan tvekan de tunga lyft som utgörs mellan varje arbetsstation. Att otaliga gånger per dag, med enbart muskelkraft, bära omkring på de upp till och med 7 meter långa konvektorerna är både slitsamt och otympligt. Lokalen är trång och försöker man bära en av de längre konvektorerna själv böjs ändarna ner så pass att de nästan tar mark.

4.1.6 Tidsstudie

Figur 4.10 nedan visar resultatet av tidsstudien för tillverkningsprocessen av en 5 m lång VeHeat utan anslutningar. Det, inom parentes, markerade delmomentet "stansning inkl. uppackning av kylflänsar" är en företeelse vilken inträffar med jämna mellanrum allteftersom den aktuella bufferten tar slut. Bufferten består utav ett antal öppnade lådor placerade precis under arbetsytan.

Delmoment	Tid
Kvalitetskontroll	30 s
Förflyttning, från lager till stansmaskin	20 s
Stansning (Stansning inkl. uppackning av kylflänsar)	1 min 50 s (4 min 50 s)
Förflyttning, från stansmaskin till kapmaskin	15 s
Kapning	2 min
Förflyttning, från kapmaskin till paketering	20 s
Paketering	25 s
Summa (Summa inkl. uppackning av kylflänsar)	5 min 40 s (8 min 40 s)

Figur 4.10: Tidsstudie, Enskild VeHeat

Då montering av anslutningar i de flesta fall inte efterfrågas av kund mättes denna tid separat. Den uppmätta tiden gäller för en VeHeat på 45 cm, figur 4.11.

Delmoment	Tid
Montering av anslutningar	2 min
Summa	2 min

Figur 4.11: Tidsstudie, Anslutningar

Observera att ovanstående tider enbart gäller för tillverkningen av en enskild VeHeat-produkt. Som tidigare nämnts utförs vanligtvis flera av delmomenten parallellt vilket innebär att upp emot tre olika enheter ofta är under produktion samtidigt. Detta medför som sagt att den reella cykeltiden egentligen börjar och slutar varje gång två nya vattenbärare hämtas i lagret. Självklart blir denna cykeltid aningen högre än den för en enskild VeHeat-produkt, men då har alltså två enheter tillverkats och paketerats medan en tredje fortfarande befinner sig i produktionsflödet, se figur 4.12.

Total cykeltid	9 min 30 s
-----------------------	-------------------

Figur 4.12: Tidsstudie, Total cykeltid

4.1.7 LoA-analys - aktuell tillverkningsprocess

Värdena i figur representerar antalet delmoment i tillverkningsprocessen samt den automationsgrad dessa erhåller. Studien är baserad på HTA-analysen och dess resultat beskriven under tidigare rubriker. Som synes är majoriteten av delmomenten placerade nere till vänster i matrisen vilket innebär att såväl fysisk som kognitiv nivå generellt är mycket låg. Detta medför stora förbättringsmöjligheter i form av höjd automationsgrad för flertalet arbetsuppgifter.

<i>Totalt automatisk</i>							
<i>Flexibel arbetsstation</i>							
<i>Statisk arbetsstation</i>	5	1					
<i>Automatiskt handverktyg</i>							
<i>Flexibelt handverktyg</i>							
<i>Statiskt handverktyg</i>	5		2				
<i>Totalt manuellt</i>	16						
Fysisk / Kognitiv	<i>Totalt manuellt</i>	<i>Beslutsfattande</i>	<i>Undervisande</i>	<i>Ifrågasättande</i>	<i>Övervakande</i>	<i>Övertagande</i>	<i>Totalt automatisk</i>

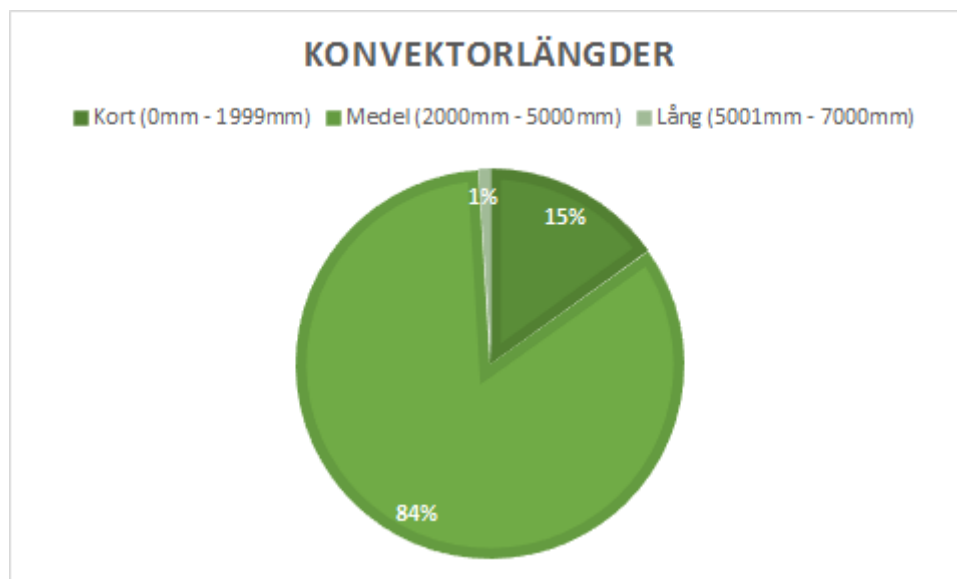
Figur 4.13: LoA-analys, aktuell tillverkningsprocess

4.1.8 Orderkartläggning

Följande orderrelaterade resultat gäller för perioden 2016-01-01 till och med 2016-12-31.

Orderhistorik

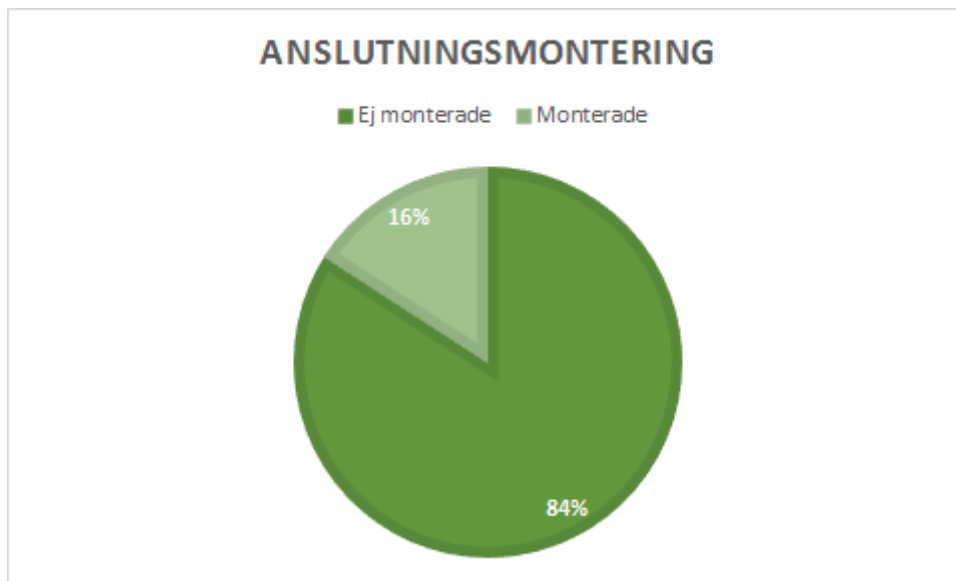
I figur 4.14 illustreras förhållandet mellan de vanligaste konvektorlängderna utifrån kategorierna kort, medel och lång. Ur figuren framgår bland annat att en minimal andel består av konvektorer längre än 5 m.



Figur 4.14: Orderhistorik 2016-01-01 till och med 2016-12-31

Ordertyper - Anslutningsmontering

I figur 4.15 illustreras förhållandet mellan monterade och ej monterade anslutningar. Ur figuren framgår att en kraftig majoritet av beställningar ej innefattar montering av anslutningar.



Figur 4.15: Cirkeldiagram som visar förhållandet mellan monterade och ej monterade anslutningar

4.2 Kostnadsundersökning

Undersökningen resulterade i finlandet av ett antal lämpliga maskiner och förnödenheter till vad Vehtec AB anser vara rimliga priser. Däremot begränsas urvalet av förmågan att hantera gods upp till och med 7 meter.

4.3 Mötesreflektioner

Här listas information, besked och synpunkter som ventilerats under mötena med Vehtec AB och som haft betydelse vid utförandet av detta uppdrag.

- Företagets vision är att anslutningsmontering tillslut ska ingå i alla beställningar.
- Den nuvarande kapmaskinen börjar bli gammal och behöver snart ersättas. En laserskärmskin efterfrågas trots den höga kostnad detta innebär. Faktorer såsom sänkt ljudnivå, längre serviceintervall och spånreducering väger tungt i detta fall.
- Utbyggnad av fabrikslokalen kommer att ske i form av sammanslagning med lokalen intill. Detta medför näst intill en fördubbling av golvytan.
- På grund av otillräckligt ljus i lagret leder kvalitetskontroll av vattenbärare snabbt till ögontrötthet. Vid större order medför detta ibland missar i kontrolleringen.
- Flera idéer kring en förbättrad paketeringsmetod finns redan hos anställda på företaget. Dock kommer enbart paketering med direkt anslutning till VeHeat-flödet att analyseras i denna rapport.
- Att kapa konvektorerna innan stansning av kylflänsar har diskuterats som eventuellt koncept.
- Möjlighet att koppla samman affärssystemet Monitor till automatiserad tillverkningsutrustning finns, men viss tveksamhet råder kring hur och vilka system detta gäller.
- Kylflänsar köps in från två olika leverantörer, den ena med betydligt bättre och användarvänligare förpackningar än den andra.

4.4 Problematik för effektivisering och automatisering

Från nulägesanalysen identifierades diverse problem för effektivisering och automatisering av samtliga arbetsstationer. Dessa listas nedan för varje enskilt steg i tillverkningsprocessen.

Problematik - Förflyttning av konvektorer mellan stegen

- Längd, långa konvektorer har stor svängradie och svajar lätt.
- Vikt, de långa konvektorerna väger upp till ca 21 kg (1).
- Begränsat utrymme i lokalen.

Problematik - Kvalitetskontroll

- Komplicerat att identifiera små sprickor och smuts.
- Krävs mer yta och en till arbetsstation om detta skall automatiseras.

Problematik - Stansning

- Stor längdvariation på konvektorerna.
- Komplicerat att montera referenskyfläns korrekt i nuvarande stansmaskin.

Problematik - Kapning

- Det måste finnas minst 5 stycken kylflänsblad per faststansad kylfläns.
- Ändarna på konvektorn måste kapas för fin profil.

Problematik - Anslutningar

- Många komponenter och delsteg krävs vid montering.
- Montering måste ske på båda sidor av konvektor med eventuellt olika anslutningar.
- Utförs bara vid 16 % av beställningarna.

Problematik - Paketering

- Paketeringslådans position i lokalen.
- Omständigt att applicera skavskydd.

4.5 Koncept och effektiviseringsförslag

Här listas samtliga koncept och effektiviseringsförslag för varje enskilt steg i processen. Även förslag på effektivisering av konvektorförflyttning mellan stegen presenteras.

Koncept för kvalitetskontroll

- Inför bättre ljussättning i lagret för vattenbärarna

Koncept för stansning

- Automatisera montering av kylflänsar med robot (alla kylflänsar eller alla utom referensskylfläns)
- Kylflänsmagasin

Koncept för kapning

- Ersätt nuvarande kapmaskin
 - Hel- och halvautomatisk klingkap
 - Kapmaskin med dubbla geringssågar
 - Automatisk laserskärarmaskin (rörlaser)
- Kapning före stansning

Koncept för anslutningsmontering

- Inför egen arbetsstation för montering av anslutningar och färdigställning
 - Samtliga komponenter nära tillhands
 - Skruvdragare med sladd
 - Utför rengöring och märkning här istället för på kapmaskinen

Koncept för paketering

- Införskaffa en sträckfilmsmaskin
- Nytt paketeringsmaterial

Koncept för förflyttningar

- Implementera bärhjälp
 - Telfer
 - Vakuumlyft
 - Robot
 - Vagn

5 DISKUSSION

I detta avsnitt diskuteras de automatiseringsproblem, effektiviseringsmöjligheter och konceptförslag som tidigare utförande lett fram till.

5.1 Generell effektiviseringsanalys

Av LoA-matrisen i nulägesanalysen framgår att den aktuella tillverkningsprocessen håller mycket låga automationsgrader. Detta innebär stort spelrum i diskussionen kring effektivisering i form av förhöjda automationsgrader. Att höja automationsgraderna är dock inte en garanti för ökad effektivitet. Som tidsstudien, figur 4.10, 4.11 och 4.12, visar visar majoriteten av delmomenten endast under några få sekunder vilket medför små marginaler för tidseffektivisering. De varierande konvektorlängderna kräver dessutom flexibilitet, se figur 2.3. Detta innebär, enligt samma figur, att alltför höga fysiska automationsgrader bör undvikas. Att då konkret försöka tidseffektivisera arbetsuppgifterna individuellt anses ej lönsamt. Istället riktas fokuset på att uppnå ett jämnare helhetsflöde och mer ergonomisk arbetsplats för montörerna. Förhoppningarna är att öka montörernas egen effektivitet samt att ge dem rätt förutsättningar för att bibehålla denna under längre perioder.

Effektivisering - Förflyttningar

Genom att eliminera tunga och onödiga lyft med hjälp av smartare stationsplaceringar och automatiserad bärhjälp sparas tid, energi och i slutändan montörernas hälsa (5),(17). Detta anses särskilt angeläget då en av förflyttningarna som utförs idag till och med innebär att ensam lyfta de upp emot 7 meter långa konvektorerna över huvudet, från stansmaskinen till kapmaskinen. I nuläget är det dessutom ganska ont om plats i fabriken vilket gör att även övriga lyft och förflyttningar är anses svårutförliga vid långa konvektorer. Under projektets gång tillkännagavs dock planen om en utbyggnad i form av sammanslagning med lokalen intill. När detta genomförs tillkommer flera optimeringsmöjligheter i form av förbättrad lokalplanläggning och olika sorters bärhjälp.

Effektivisering - Kvalitetskontroll

Att utföra en kvalitetskontroll går i dagsläget ganska fort. Enbart montörernas egna ögonmått brukas vilket rent tekniskt även gör det till en mycket simpel process. Att uppgiften dessutom utförs direkt i lagerhyllan gör att både tid och plats sparas. Att effektivisera detta med hjälp av automation finnes därför aningen onödigt. Först och främst skulle det krävas mycket mer yta för att få plats med utrustningen, exempelvis en röntgenmaskin. Att dessutom köpa in en sådan och leta efter eventuella mikroskopiska sprickor är ett stort steg att gå från att enbart använda ögonmått. Enda scenariot då detta skulle anses effektivare än i dagsläget är om ett helautomatiserat system infördes och kunde producera dygnet runt i ett konstant flöde. För att däremot hålla montörernas effektivitet uppe har bättre ljussättning diskuterats då ögontrötthet ibland uppstår vid större leveranser.

Effektivisering - Stansning

Stansningen är det mest kritiska delmomentet av alla. Spänns inte referenskyflänsen in korrekt kan detta medföra att kylflänsar förr eller senare lossnar. Det är även viktigt att övriga kylflänsar ligger korrekt innan själva stansningen, annars kan detta leda till samma problem. Även vid denna station anses tidseffektivisering genom höjda automationsgrader svårt att uppnå utan att överkomplicera processen, enligt figur 2.3. Vad som däremot besitter stor effektiviseringspotential är uppackningen av kylflänsar. Detta moment sker idag utan någon större struktur vilket leder till att det ofta stannar upp processen då det utförs. Att samordna en smart kylflänsbuffert för att minska antalet gånger kylflänsar behöver packas upp varje dag är väsentligt för denna stations produktivitet, enligt figur 4.10.

Effektivisering - Kapning

Kapning är ett moment som i dagsläget nästan uteslutande beror på utrustningens prestationsmöjligheter. Valet av utrustning är dessutom begränsat av konvektorernas geometri. I detta fall är den aktuella maskinen tämligen bra anpassad för produkten VeHeat eftersom att den kapar på två ställen samtidigt och kan hantera de varierande längderna. Detta innebär att det både går snabbt och ger en bra längdprecision (23),(24). Problemet är att den börjar bli gammal och behöver ersättas inom kort.

Effektivisering - Anslutningsmontering

Anslutningsmonteringen är en arbetsuppgift med stora förbättringsmöjligheter. Momentet utförs bara vid 16 % av beställningarna, enligt figur 4.15, men är ett moment med många ingående komponenter. I dagsläget utförs anslutningsmonteringen på olika ställen i lokalen beroende på konvektorernas längd. Detta medför att alla nödvändiga komponenter måste hämtas och flyttas runt vid varje montering vilket både är tidskrävande och kan vara i vägen för resterande tillverkningsprocess. Då utbyggnad av lokalen sker bör detta kunna åtgärdas genom att en egen arbetsstation för montering av anslutningarna konstrueras.

Effektivisering - Paketering

Att paketera VeHeat konvektorerna sker idag helt manuellt. Paketeringen är i sig simpel men kräver en viss grad av noggrannhet. Detta då konvektorerna ska placeras både intill och ovanpå varandra utan att repas. Vid längre konvektorer krävs det att båda montörerna hjälps åt för att lyckas, framförallt då kylflänsar ska passas mot varandra. I och med längdvariationerna, kylflänspassningen och de egenbyggda pallarna finnes paketeringen svår att automatisera på ett tidseffektivt sätt, enligt figur 2.3. Möjligheten att byta paketeringsmetod finns dock vilket kan leda till bättre och säkrare paketering.

Effektivisering - Affärssystem

Som tidigare nämnts använder sig Vehtec AB av affärssystemet Monitor. I dagsläget utgör detta en väldigt liten del av den konkreta tillverkningsprocessen för produkten VeHeat. Enda tillfället montörerna kommer i direkt kontakt med programmet är vid utskrift av dagsaktuell order, resten sköts via kontorsavdelningen. Samtal kring förening av Monitor och tillverkningsutrustningen har förts. Möjligheten finns där men anses endast lämplig vid implementering av högre automationsgrader (28). Inte heller anses övrig styr- och övervakningssystem nödvändigt att implementera bland de låggradiga automationslösningar som presenteras i denna rapport.

Effektivisering - Automationsgrad

Då produkten VeHeat endast produceras på beställning är ett helt automatiserat system en överkvalificerad lösning. Detta då en stor fördel med helt automatiserade system är att de kan vara i drift under långa perioder (3). Dessutom varierar beställningarna rejält beroende på längd och specifika anslutningskombinationer vilket gör det svårt att förutsäga vad som borde produceras och lagras i buffert.

Effektivisering - Beställningar

Som framgår ur figur 4.14 görs oerhört få beställningar av produkten VeHeat över 5 meter. Att marknaden dessutom erbjuder relativt få maskinalternativ som kan hantera dessa längder gör det rimligt för Vehtec AB att vid implementering av någon av dessa begränsa sitt produktutbud till konvektorer på max 5 meter. Detta utan att göra någon större försäljningsförlust i förhållande till övrig produktion. Maskineri kapabelt att hantera konvektorer längre än 5 meter är dock fortfarande att föredra. Utan denna möjlighet skulle tillverkning av exempelvis 3 meterskonvektorer innebära oerhört mycket spill vilket ej är önskvärt varken ur ekonomi- eller miljö- och hållbarhetssynvinkel.

5.2 Konceptanalys

Här redovisas och motiveras tidigare presenterade koncept mer utförligt, med avseende på produktionsvolym, lokalplanläggning, ergonomi och kostnad.

Konceptanalys - Förflyttningar

Då det fanns fyra koncept för bärhjälp användes en Pughmatris för att ta reda på den mest lämpade lösningen, se figur 5.1.

Chalmers		Pughmatris (Relativ beslutsmatris): Förflyttningar		
Utfärdare: Felix Myhrman		Skapad: 2016-06-01		Sid 1
		Modifierad:		
Kriterier	Ref	Alternativ		
	Vakuumlyft	Telfer	Vagn	Robot
Ergonomisk		0	-	+
Kompakthet		-	-	-
Kostnad		-	+	-
Komplexitet		-	+	-
Hastighet		-	-	+
Antal +		0	2	2
Antal 0		1	0	0
Antal -		3	3	3
Nettovärde		-3	-1	-1
Rangordning	1	3	2	2
Vidareutveckling	Ja	Nej	Nej	Nej
Beslut	Vidareutveckla vakuumlyft			

Figur 5.1: Pughmatris gällande konvektorörflyttning

Utifrån Pughmatrisen framgår att vakuumlyften är det mest lämpade konceptet för förflyttning. En vakuumlyft går dock endast att använda på undersidan av en VeHeat då det är den enda tillräckligt plana ytan. Därför måste konvektorn vändas på när vakuumlyften skall användas. Implementering av detta koncept bör därför även innefatta hjälpmedel som underlättar möjligheten att vända på konvektorerna där det behövs. Vid förflyttning av vattenbärarna ur lagret kan däremot båda sidor användas eftersom kylflänsarna ännu inte monterats vid detta steg. Med utgångspunkt i hur tillverkningsprocessen ser ut idag skulle vakuumlyftare kunna användas mellan samtliga steg. På grund av dess smidighet och användarvänlighet lär processen även kunna hålla ungefär samma produktionshastighet som i dagsläget. Implementering av vakuumlyftare gör också att alla konvektorer oavsett längd kan flyttas av en enskild montör utan någon större ansträngning, vilket är bra ur ergonomisk synpunkt (17). Detta leder i sin tur till att hela tillverkningsprocessen kan utföras av en enda montör. Slutligen innebär detta att flera montörer kan arbeta samtidigt vid olika stationer och med varsin konvektor utan att vara beroende av varandras bärhjälp. En nackdel med pneumatik är dock de energiförluster och slitage som ofta uppstår i dessa system, vilket ej heller är gynnsamt ur ett miljö- och hållbarhetsperspektiv (29).

Konceptanalys – Kvalitetskontroll

För att underlätta kvalitetskontrollen och förlänga montörernas uthållighet bör bättre ljus införas vid lagret för vattenbärarna (17). För att välja typ av ljus och infallsvinklar måste dock leverantören av vattenbärare kontaktas.

Konceptanalys - Automatisera montering av kylflänsar

Då montering av kylflänsar är ett väldigt enformigt moment skulle detta kunna automatiseras med en robot. Montering av referenskyflänsen kan dock vara svårt att automatisera då det är väldigt viktigt att den sitter helt rätt. För att automatisera detta skulle nuvarande stansmaskin behövas byggas om och kompletteras med givare så att allt sker korrekt. Istället bör en av montörerna fortsätta att montera referenskyflänsen medan en robot enbart monterar resterande kylflänsar. För att realisera detta måste roboten antingen kunna nå upp till 3.5 m eller åka på en bana för att montera alla kylflänsar. Att låta roboten putta fram kylflänsarna är också möjligt men då krävs att den är positionerad vid änden av vattenbäraren. På grund av vattenbärarnas olika längder krävs här också då att roboten åker på en bana. En robot behöver dock oftast ett speciellt lager den plockar det den skall montera ur. Alltså behöver detta införas för kylflänsar.

Då roboten endast behöver kunna lyfta en kylfläns åt gången behövs inte en stor industrirobot utan här är en liten, kollaborativ robot mer lämpad. Detta medför även möjligheten att montörerna samarbetar med roboten för att montera kylflänsarna. Det är svårt att säga om en robot skulle utföra monteringen snabbare än vad montörerna gör idag. Men då en robot utför uppgiften kan montörerna fokusera på andra uppgifter.

Konceptanalys - Kylflänsmagasin

Inför en välstrukturerad metod för kylflänsbufferten med ett påfyllnadsintervall betydligt större än de nuvarande. Förslagsvis genom att redan innan tillverkningen påbörjas packa upp rejält med kylflänsar och se till att dessa räcker så länge som möjligt. På så sätt minskar antalet gånger tillverkningsprocessen stannas upp vilket bör leda till ett jämnare helhetsflöde och i slutändan insparad tid, enligt figur 4.10.

Konceptanalys - Hel- och halvautomatisk klingkap

Ett byte från den aktuella kapmaskinen till en hel- och halvautomatisk klingkap skulle öppna för många nya möjligheter. Att helautomatisera kapningsmomentet blir betydligt enklare jämfört med om man skulle göra det med dagens maskin. Det öppnar även upp möjligheten att placera kapningsmaskinen i ett flöde med rullbanor vilket kan eliminera manuella förflyttningar av konvektorerna. Dessa maskiner är dessutom ofta relativt små då de bara har ett blad.

Konceptanalys - Kapmaskin med dubbla geringssågar

Detta koncept är väldigt likt den nuvarande kapmaskinen. Maskinen kan kapa på två ställen samtidigt och den måste matas manuellt. Möjligheten för automatisk utmatning finns dock. Alltså är den inte lämplig i ett flöde som använder sig av rullbanor. Implementering av en sådan maskin skulle inte ändra på den nuvarande processen.

Konceptanalys - Laserskärarmaskin (rörlaser)

Införskaffandet av en laserskärarmaskin har efterfrågats som ersättare för den nuvarande kapmaskinen ett flertal gånger av företaget. Önskemål om att sänka ljudvolymen, reducera spånbildningen och att förlänga serviceintervallet är grundpelare i detta koncept. Efter utförd marknadsundersökning och samtal med intressanta leverantörer framgick dock att priset för en lämplig laserskärarmaskin var långt utöver avsatt budget. Implementering är därför ej genomförbart. Den höga kostnaden beror på att laserskärarmaskiner ofta är designade för mycket mer än bara vinkelrät kapning vilket dessutom gör dem överkvalificerade i detta fall.

Konceptanalys - Kapning för stansning

Ett koncept om att kapa vattenbärarna innan kylflänsarna stansas fast har diskuterats. Detta då vattenbärarnas ändar och restdelar kortare än 45 cm i nuläget kasseras. På alla dessa bitar sitter kylflänsar som bara går till spillo. Tanken var att om vattenbärarna kapades först skulle detta spill möjligtvis kunna minskas. Att kapa först gör dock processen mer komplicerad. För att kapa först måste den längd som kapas vara en multipel av kylflänsarnas längd så att man kan montera kylflänsar på hela konvektorn. Eftersom produkten VeHeat erbjuds i alla längder upp till 7 m är detta inte fallet. Istället måste man kapa med en marginal så att alla kylflänsar får plats. Detta ger då en för lång konvektor vilket medför att ännu en kapning måste genomföras för att erhålla rätt längd. Effekten blir istället att man måste kapa bort bitar av konvektorn med monterade kylflänsar vilket slutligen ändå ger det man ville undvika från första början, nämligen spill. Att minska spill är överlag ett mycket viktigt mål, både ur ekonomi-, miljö och hållbarhetssynvinkel, och var därför en relevant aspekt att undersöka. Observera dock att detta inte är ett koncept vi rekommenderar, utan enbart en idé som tillfört en nyttig debatt under uppdragets gång.

Konceptanalys - Anslutningsmontering och färdigställning

Förslaget är att efter utbyggnad av lokalen införa en egen arbetsstation för anslutningsmontering och färdigställning av konvektorerna. Tanken är att aldrig vara i vägen för övriga tillverkningsmoment samt att alltid ha alla nödvändigheter i närheten. För att realisera detta föreslås ett arbetsbord där möjligheten att höja upp konvektorn en bit finns. Detta är för att underlätta montering av anslutningarna. Det bör även gå att låsa fast konvektorn så att den inte glider runt vid montering. Alla ingående komponenter bör finnas på arbetsbordet för att snabbt och enkelt kunna montera dem. Att även utföra färdigställning av konvektorerna här, det vill säga rengöring och etikettmärkning, medför att stationen inte står oanvänd vid de 84 % av beställningarna som inte efterfrågar anslutningsmontering. Vidare rekommenderas ersättning av de batteridrivna skruvdragarna med sladdbundna för att uppnå laddningsoberoende och ökad miljövänlighet då inga batterier förbrukas.

Konceptanalys - Sträckfilmsmaskin

Istället för att paketera med wellpapp skulle en sträckfilmsmaskin kunna användas. I sträckfilmsmaskinen placeras konvektorn för att sedan plastas in automatiskt. Här finns möjligheten att plasta in två stycken VeHeat åt gången likt hur de paketeras i dagsläget, om anslutningar inte är monterade. Införandet av denna maskin skulle troligtvis inte göra att paketeringen går snabbare, men konvektorerna skulle vara paketerade på ett ordentligare sätt. Eftersom uppgiften däremot för det mesta utförs av en maskin kan montören arbeta vid en annan station medan sträckfilmen appliceras. Denna typ av paketering är även lätt att placera i ett flöde med rullbanor. Wellpapp är dock ett mycket miljövänligt alternativ vilket alltså är att föredra i så stor utsträckning som möjligt (30). Därför bör fortsatt diskussion inom företaget ske angående huruvida ordentligt paketerade produkter bör prioriteras i förhållande till dess miljöpåverkan.

Konceptanalys - Alternativa förpackningslösningar

Andra paketeringsmetoder och material som diskuterats med Vehtec AB är bland annat cellplast. Tanken är att eventuellt använda sig utav färdiga stötskydd som placeras i kartongen vilket sedan medför en enkel paketering av konvektorerna. Precis som ovan nämnt är dock wellpapp ett av de miljövänligare alternativen på marknaden vilket medför att ytterligare diskussion krävs (30).

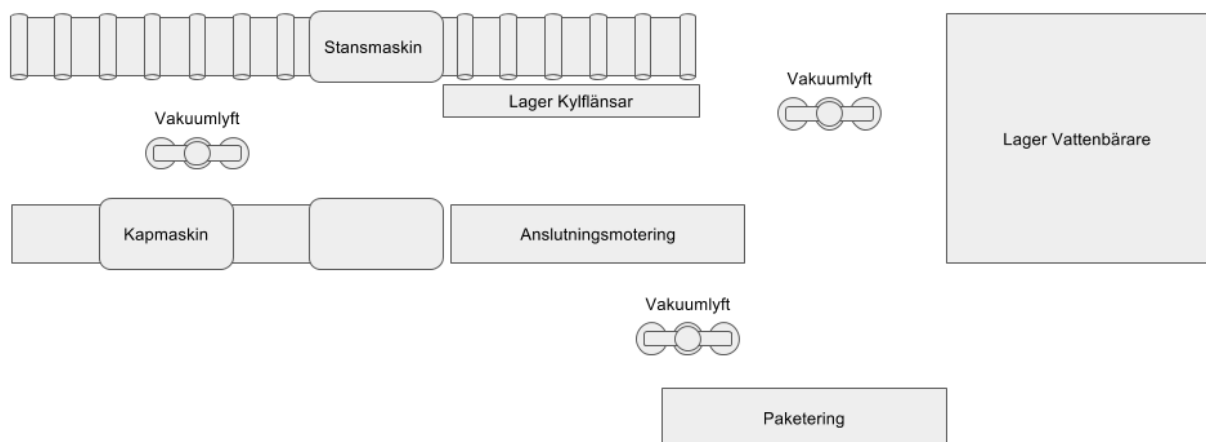
5.3 Konceptsammanställning

Efter att ha analyserat samtliga koncept konstaterades vilka som passar bra ihop. Utifrån detta skapades förslag på ny arbetsstationsplacering. Dessa redovisas nedan med diskussion kring dess påverkan på tillverkningsprocessen.

För att ge utrymme till de föreslagna konceptkombinationerna bör utrusning, komponentlager och producering utan direkt koppling till tillverkningen av produkten VeHeat flyttas till den nya lokalutbyggnaden intill. Genom att bevara hela VeHeat-flödet i en och samma lokal bibehålls dessutom de korta förflyttningssträckorna mellan arbetsstationerna medan övrig produktion i den nya lokalen ej påverkas i lika hög grad av ljudet från kap- och stansmaskinen.

Konceptkombination 1

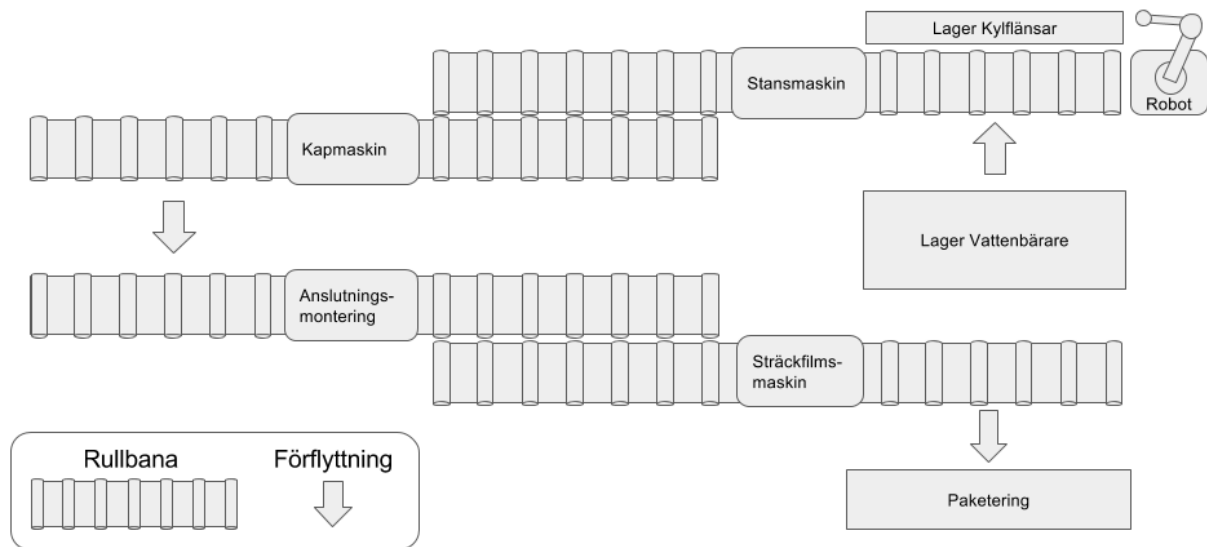
Denna kombination av koncept innefattar införandet av vakuumliftare för bärhjälp och en station för anslutningsmontering och färdigställning, se figur 5.2. Här finns även möjligheten att byta nuvarande kapmaskin mot en ny kapmaskin med dubbla geringssågar. Effekten av detta blir att alla manuella lyft underlättas med vakuumliftarna, vilket leder till en mer ergonomisk arbetsmetod. Införandet av en egen station för anslutningsmontering och färdigställning medför att färdigställning inte behöver göras när konvektorn befinner sig i kapmaskinen. Resultat av det blir att mindre tid behöver spenderas vid kapmaskinen vilket gör att flödet kan flyta på snabbare.



Figur 5.2: Ej skalenlig bild av konceptkombination 1

Konceptkombination 2

Denna kombination av koncept har en högre automationsgrad och kräver därför mera arbete och resurser för att realisera, se figur 5.3. Här föreslås ett flöde med rullbanor och eventuellt vakuumlyftare för vissa förflyttningar av konvektorerna. Här hjälper en robot till att montera kylflänsar och kapning sker automatiskt med en hel- och halvautomatisk klingkap. Färdigställning och anslutningsmontering sker vid en egen arbetsstation och paketering görs i en sträckfilmsmaskin. Inplastade konvektorer kan sedan placeras direkt i kartongen.



Figur 5.3: Ej skalenlig bild av konceptkombination 2

Effekten av denna kombination blir att många manuella förflyttningar elimineras vilket är bra ur ett ergonomiskt perspektiv. Här tillkommer även möjligheten att ha många konvektorer i flödet samtidigt på grund av de nya rullbanorna. Detta kan i sin tur leda till ökad effektivitet då många stationer går använda samtidigt.

Här är även många av arbetsstationerna halvautomatiserade maskiner vilket medför mindre arbete för montörerna (3). Detta innebär då att de istället kan lägga fokus på de stationer som behöver mer manuellt arbete. Nya vattenbärare kan även hämtas oftare eftersom montörerna kan gå ifrån en arbetsstation när den blivit laddad.

6. SLUTSATSER

I detta avsnitt redogörs för de erfarenheter och slutsatser som har åstadkommit under uppdragets gång.

6.1 Resultatbedömning

De viktigaste resultaten är utan tvekan de nya planlösningarna där passande koncept kombineras och sammanställs i gemensamma skisser. Som tidigare nämnts konstaterades tidigt att effektiviseringsförslagen skulle utgå från ett jämnare och smidigare helhetsflöde, vilket dessa förväntas leda till. Ett annat viktigt resultat och koncept är förslaget om införandet av en egen arbetsstation för montering av anslutningar och färdigställning av konvektorerna. Detta bör också till stor del påverka kontinuiteten i flödet då dessa moment vid implementering av konceptet ej längre är i vägen för övriga steg i tillverkningsprocessen. Slutligen anses vakuumlyftkonceptet särskilt lovande då det med bravur förväntas underlätta förflyttning av de längre konvektorerna. Att lösa detta var inte bara en del av den grundläggande frågeställningen utan även ett prioriterat önskemål från montörerna själva.

6.2 Trovärdighetsanalys

Självklart hade mer tid och ytterligare fördjupning kunnat ge andra resultat och slutsatser. Om fler och noggrannare undersökningar genomförts i nulägesanalysen hade mer detaljerade lösningsförslag kunnat tas fram. Exempelvis baseras hela HTA:n på tillverkningen av 5 meter långa konvektorer, vilket för visso är den vanligaste beställningen, men ej talande för alla beställningar som görs. Begränsande tidsramar är dock ett faktum för alla projekt. Andra erfarenheter och kunskaper är också faktorer som kunnat leda projektet i en annan riktning. Utifrån framtagna resultat och förda diskussioner med Vehtec AB anses dock koncepten både ha relevans och potential att realiseras. Slutresultatet ses därför på med både stolthet och belåtenhet.

6.3 Fortsatt arbete och rekommendationer

Det viktigaste som finns kvar för företaget att göra är att välja vilka koncept de vill införa och utveckla dessa vidare. Detta genom att kontakta företag som erbjuder lämplig teknik och tillsammans med dem komma fram till bra lösningar.

Utöver detta föreslås också följande:

- Om inköp av robotar och/eller avancerad kapmaskin inträffar bör utbildning av den nya tekniken ske. Detta så att montörerna har möjlighet att rätta till eventuella fel eller programmera om maskinerna vid behov.
- Kontakta leverantören av vattenbärarna för att reda på vilket ljus som bör användas vid kvalitetskontrollen.
- Om beställningar där anslutningar ska monteras ökar kraftigt bör möjligheten att automatisera anslutningsmontering undersökas.

Referenser

1. Vehtec Product Catalogue Version 2015/2016, Vehtec AB, <http://vehtec.se/product-catalogue-online-view/> (Acc 2017-02-13)
2. Konvektor, NE, <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/konvektor> (Acc 2017-05-10)
3. Alessandra Caggiano: Manufacturing System, CIRP Encyclopedia of Production Engineering, sid 830-836, 2016.
4. Gunther Reinhart: Assembly Line, CIRP Encyclopedia of Production Engineering, sid 55-60, 2016.
5. B. Lotter, H.-P. Wiendahl: Changeable and Reconfigurable Assembly Systems, Springer Series in Advanced Manufacturing, sid 127-142, 2009.
6. Åsa Fast-Berglund, Sandra Mattsson, Smart Automation - Metoder för slutmontering, Lund, Sverige 2017.
7. Åsa Fasth-Berglund, Johan Stahre, Cognitive automation strategy for reconfigurable and sustainable assembly systems, Göteborg, Sverige 2013.
8. Åsa Fasth, Quantifying Levels of Automation - to enable competitive assembly systems, Göteborg, Sverige 2012.
9. Gunther Reinhart: Assembly Automation, CIRP Encyclopedia of Production Engineering, sid 52-54, 2016.
10. Automation, SMC International Training, Hässleholm, Sverige 2017, <http://www.smctraining.com/en/webpage/indexpage/312> (Acc 2017-06-10)
11. IT-ord, ComputerSweden, Stockholm, <https://it-ord.idg.se/ord/affarsystem/> (Acc 2017-05-18)
12. Johan Magnusson, Björn Olsson, Affärsystem uppl.2, Lund, Sverige 2005.
13. Ngai, E.W.T.; Law, C.C.H. & Wat, F.K.T. :Examining the critical success factors in the adoption of enterprise resource planning, Computers in Industry. vol.59, sid 548-564, 2007.
14. K.Ganesh et al, Enterprise Resource Planning: Fundamentals of Design and Implementation, Switzerland 2014.
15. Dr.-Ing. Jürgen Kletti, Manufacturing Execution Systems - MES, Heidelberg, Tyskland 2007
16. Vad är SCADA?, Cenito Software AB, Malmö, Sverige 2016, <http://www.cenito.se/sv/hmi/scada/> (Acc 2017-06-10)
17. Arbetsställning och belastning – ergonomi, Arbetsmiljöverket, Stockholm 2016, <https://www.av.se/halsa-och-sakerhet/arbetsstallning-och-belastning---ergonomi/> (Acc 2017-05-10)

18. Robots and robotic devices - Vocabulary, ISO, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8373:ed-2:v1:en> (Acc 2017-05-19)
19. Industrirobot, Grafa, <http://www.grafa.se/industrirobot.htm> (Acc 2017-05-19)
20. Testcenter för samarbetande robotar möjliggör nya tekniska lösningar för svensk industri, Robotdalen, <http://www.robotdalen.se/sv/artikel/sv-testcenter-samarbetande-robotar-mojliggor-nya-tekniska-losningar-svensk-industri> (Acc 2017-05-19)
21. Michael Peshkin, J. Edward Colgate, (1999) "Cobots", Industrial Robot: An International Journal, Vol.26, no5, sid 335-341
22. UR Robots Benefits, Universal Robots, <https://www.universal-robots.com/products/ur-robot-benefits/> (Acc 2017-05-19)
23. Fundamentals, Darren Sawicz, <http://www.princeton.edu/~mae412/TEXT/NTRAK2002/292-302.pdf> (Acc 2017-05-27)
24. Seong-Kyoon Kang et al: Theory and Design of CNC Systems, Berlin, Tyskland 2008.
25. Åsa Fasth, Johan Stahre och Kerstin Dencker: Measuring and analysing Levels of Automation in an assembly system, Springer, London 2008.
26. Neville A. Stanton, Hierarchical task analysis: Developments, applications and extensions, vol.3, nr1, sid 55-79, 2006.
27. Olesen, V. (2017). FÖRELÄSNING 9 – FMEA OCH SYSTEMATISKT URVAL (Powerpoint). Göteborg
28. MONITOR Maskinintegration, Montior, <http://www.monitor.se/media/2358/maskinintegration.pdf> (Acc 2017-05-12)
29. Möt Daniel Wiklund, säljare reservdelar, Renholmen AB, Byske, <http://www.renholmen.se/sv/jobba-hos-oss/medarbetare-berattar> (Acc 2017-07-03)
30. Wellpapp är möjligheternas material, EXAKTA, <http://prbox.se/wellpapp-ar-mojligheternas-material/> (Acc 2017-07-03)

