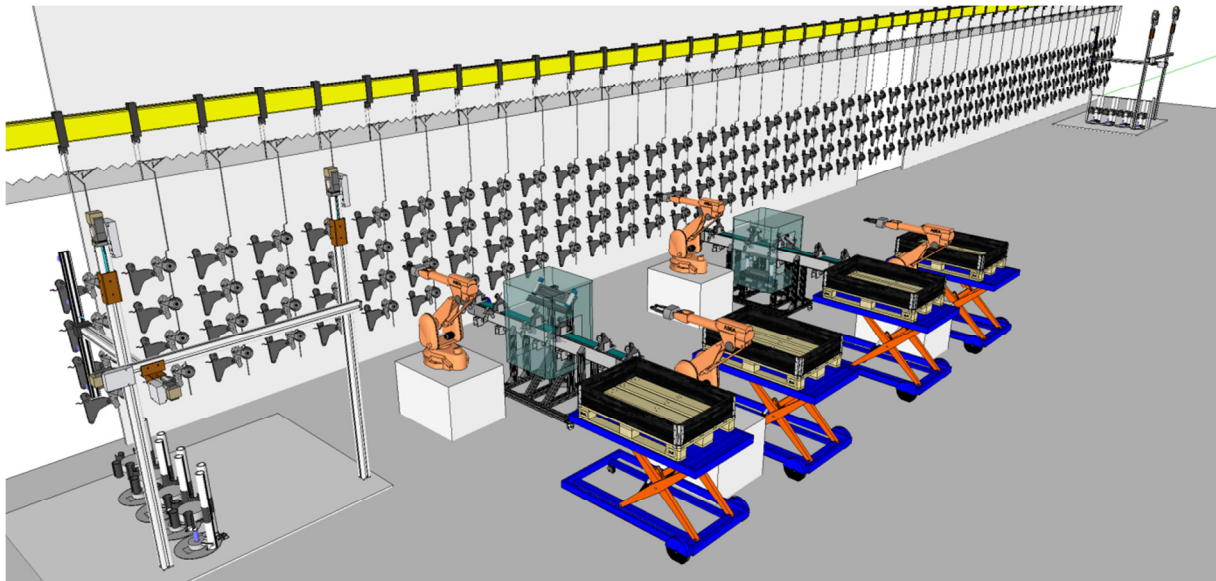




CHALMERS



Förstudie – automatisering av delmoment vid industriell lackering

Feasibility study – automation of sub-operations at industrial painting

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskiningenjör

Mats Håkansson
Christian Lundeflo

FÖRORD

Vi som har genomfört detta examensarbete är i slutskedet på vår utbildning, maskiningenjörsprogrammet på högskoleingenjörsnivå vid Chalmers. Utbildningen täcker de klassiska ingenjörssämnena och delar av utbildningen består av en inriktning. Vi läser inriktningen produktion där kunskaper inom produktionsområdet inhämtas. Det gäller dels tekniken bakom såsom robot-, CNC- och PLC-programmering, dels mer övergripande kunskaper såsom industriell ekonomi, utjämnad produktion och logistik. Examensarbetets syfte är att ta reda på om och hur man kan minska omkostnader med hjälp av automationsutrustning på företaget LaRay, vars verksamhet består av pulverlackering och våtlackering. Det aktuella produktflödet består av legoarbete och på grund av oviss framtid vad gäller uppdraget, är den av LaRay satta payback-tiden 3 år, för eventuell investering, en starkt begränsande faktor.

Under arbetets gång har vi varit i kontakt med många företag och personer som aldrig tvekat att ta sig tid att besvara frågor vi haft. Vi är självklart mycket tacksamma för detta och vill rikta ett speciellt tack till följande personer och företag. Tack till Erik Danauskis och Elektroautomatik för hjälp med och utlåning av visionlaboratorium. Tack till Anders Mandorsson och SVIA för ett mycket givande studiebesök och konsultation kring dåvarande frågor i vårt arbete. Tack till Sven Ekered, vår handledare, som vid flera tillfällen agerat konsult och besvarat frågor om allt från teknik till rapportens upplägg. Tack till Torbjörn Ylipää, vår examinator, för konstruktiv kritik och vägledning under arbetets gång. Tack till Michael Westergren som hjälpte oss skapa kontakt som ledde till examensarbetets uppstart. Till sist ett stort tack till Stig Olsson, Lars Ruud och alla medarbetare på LaRay AB för att vi har fått möjligheten att utföra examensarbetet hos dem.

SAMMANFATTNING

LaRay lackerar olika produkter åt olika företag verksamma inom främst fyra segment; fordon, vitvaror, försvar samt telecom/elektronik. Denna förstudies syfte är att se om det är ekonomiskt hållbart att investera i automatisering av särskilda delmoment i LaRays lackeringsprocess. Detta för att få LaRays produktion mer effektiv och konkurrenskraftig. Denna förstudie fokuserar på en av LaRays kundprodukter, dels som avgränsning och dels för att den står för 70% av deras produktion. Därför beaktas flexibilitet avseende olika produkter i andrahand, i fall det inte försämrar slutliga koncept.

Utifrån datainsamling och nulägesanalys hos LaRay har koncept utarbetats genom bland annat brainstorming. Experiment och litteraturstudier har också gjorts för att få fram bra och verklighetsanpassade koncept. Dessa koncept har i sin tur utvärderats med tidsstudier, ekonomiska beräkningar och två utvärderingsmatriser. De som har haft störst potential har modellerats upp i Google Sketchup, för att få en bra helhetsbild av arbetssätten och underlätta visualisering. Tidsstudier genomfördes för de manuella momenten i koncepten, för att se om nuvarande cykeltid kan behållas, måste ökas eller kan minskas. Detta dömde ut ett av arbetssätten och tre av de resterande fem var tvungna att ha dubbelt så lång cykeltid, för att operatörerna skulle hinna med. Ett av arbetssätten kunde behålla nuvarande cykeltid. Ekonomiska uppskattningar har automationsföretaget SVIA hjälpte oss med, tyvärr blev inte alla förslag helt ekonomiskt utvärderade, därför gjordes det en grov uppskattning på det som saknades.

Två matriser har gjorts för att på ett lättöverskådligt sätt kunna utvärdera arbetssätten. En Pughmatris för att väga koncepten mot det nuvarande arbetssättet och en Kesselringmatris för att väga dem mot varandra. Utifrån dessa utvärderingsmatriser rekommenderas konceptet vi kallar arbetssätt 4. Dels för att det var det bästa ekonomiskt sett men bland annat även för att den var det enda alternativet som klarar cykeltiden. Med detta rekommenderade koncept är nästa steg detaljkonstruktion, där man i detalj väljer och förbättrar de tekniska lösningarna. Detta görs vanligtvis av ett konsultföretag.

SUMMARY

LaRay is a company that powder coats and spray paints different products for other companies active primarily in four segments; automotive, home appliances, defense and telecom/electronics. This feasibility study's purpose is to determine if automation of a subsection of LaRay's spray paint process is worth investing in, in order to make LaRay's production more efficient and competitive, out of an economical point of view. The study focuses on one of LaRay's customer products, since it represents 70% of their manufacturing and to delimit the study. Product flexibility is therefore not the main priority and is only considered if it does not impair the final concept.

From data collecting and a situational analysis at LaRay, concepts have been formed with help of brainstorming, among other methods. These concepts have then been evaluated using different methods. Virtual 3-D models have been created in Google Sketchup of those concepts with the biggest potential, to get a good overview and to better visualize them. To see if the cycle time of the production can be kept or improved, a time study was made on manual operations in the different concepts. This study showed that one of the five concepts could not be realized due to its long cycle time, three of the concepts had a cycle time double that of the original and one concept had the same as the original. Economic evaluations were made with help from SVIA, unfortunately all concepts were not fully evaluated, and therefore the missing parts were roughly estimated.

Two matrices have been made to evaluate the concepts, a Pugh-matrix to rate the concepts against the current production and a Kesselring-matrix to rate them against each other. Based on these evaluation matrices, concept 4 is recommended. It is the best concept economically and it is also able to keep up with the original cycle time. With a finished concept the next step is detail design, where more work is to be done improving and determine technical solutions, this is normally done by consultancies.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte.....	1
1.3	Avgränsningar	1
1.4	Precisering av frågeställning	2
2	TEORETISK REFERENSRAM	3
2.1	Generella produktutvecklingsmetoder.....	3
2.2	Automation	6
2.3	Manipulator typer för industrirobotar	8
2.4	Kravspecifikation.....	12
2.5	Ekonomi, payback-metoden	15
2.6	Ergonomi	16
3	METOD.....	17
4	RESULTAT	18
4.1	Nulägesanalys	18
4.2	Identifierade moment att automatisera	25
4.3	Datainsamling	26
4.3.1	Processen.....	26
4.3.2	Produkt	26
4.3.3	Personal.....	27
4.3.4	Ekonomi	27
4.4	Intressanta tekniker	28
4.4.1	Vakuumteknik.....	28
4.4.2	Visionteknik	29
4.4.3	Haspexperiment	32
4.4.4	Magnetexperiment	33
4.5	Kravspecifikation.....	34
4.6	Konceptgenerering.....	36
4.6.1	Arbetsätt 1	36
4.6.2	Arbetsätt 2	39
4.6.3	Arbetsätt 3	42
4.6.4	Arbetsätt 4	45

4.6.5	Arbetssätt 5	47
4.6.6	Utrustning A (saxbord)	50
4.6.7	Utrustning B (utfällning).....	51
4.6.8	Utrustning C (maskering).....	54
4.6.9	Utrustning D (avmaskering och infettning)	58
4.6.10	Utrustning E (ihopfällning).....	61
4.6.11	Utrustning F (alternativ maskering).....	64
4.6.12	Utrustning G (styrning av galge)	65
4.7	Tidsstudier	66
4.7.1	Arbetssätt 1	67
4.7.2	Arbetssätt 2	70
4.7.3	Arbetssätt 3	71
4.7.4	Arbetssätt 4	72
4.7.5	Arbetssätt 5	73
4.8	Ekonomiska Beräkningar	75
4.8.1	Payback-tid för arbetssätt 1	76
4.8.2	Payback-tid för arbetssätt 2.....	76
4.8.3	Payback-tid för arbetssätt 3	77
4.8.4	Payback-tid för arbetssätt 4.....	77
5	DISKUSSION	78
5.1	Bortval av arbetssätt 5	78
5.2	Alternativ till Maskering	79
5.3	Utvärderingsmatriser	80
5.3.1	Pughmatris	80
5.3.2	Kesselringmatris	81
5.4	Arbetssätten	83
5.4.1	Arbetssätt 1	83
5.4.2	Arbetssätt 2	84
5.4.3	Arbetssätt 3	85
5.4.4	Arbetssätt 4	86
6	SLUTSATS	88
6.1	Rekommendationer och fortsatt arbete.....	88
	REFERENSER.....	90

BILAGA 1	1
BILAGA 2	1
BILAGA 3	1
BILAGA 4	1

BETECKNINGAR

OFF-line	Arbete som sker skilt från flödet, exempelvis för att det är mer tidskrävande än övriga moment i flödet.
ON-line	Arbete som sker i samband med flödet.
Cykeltid	Tid det tar från det att man börjar arbeta på en produkt tills man börjar med nästa.
Payback-tid	Tid det tar för en investering att betala tillbaka sig själv, med hjälp av besparingar (inbetalningsöverskott). Besparingarna blir möjliga tack vare investeringen jämfört med nuvarande kostnad.
ACRE	ACquisition of REquirements, ett ramverk med metoder för att samla in data till kravspecifikationer.
Flödesanalys	En produkts väg genom produktionen.

1 INLEDNING

I detta inledande kapitel presenteras bakgrunden till arbetet och uppdragsgivarens nuvarande situation. Vidare presenteras arbetets syfte, avgränsningar och en precisering av frågeställningen, det vill säga, vilka frågor arbetet vill ge svar på.

1.1 Bakgrund

Hos företaget LaRay AB våtlackerar och pulverlackerar man idag en mängd olika produkter på uppdrag åt andra företag, verksamma inom främst fyra segment; fordon, vitvaror, försvar samt telecom/elektronik. Konkurrensen om uppdrag är hård och därför är det viktigt att ha en så effektiv produktion som möjligt. Produktionen på företaget är idag till viss del automatiserad. Detaljerna löper på galgar längs förädlingsprocessen i en takmonterad conveyer. Steg i processen som är automatiserade är tvätt, torkning, lackering och härdning av färg. Manuella moment är på/avhängning och på/avmaskering. Hög konkurrens driver behovet att effektivisera. Företaget vill veta om det är möjligt att automatisera en eller flera av de manuella momenten, och därmed sänka tillverkningsomkostnaderna.

1.2 Syfte

En förstudie ska tas fram för att få ett översiktligt bedömningsunderlag inför möjliga fortsatta strategiska investeringar av automatiseringsutrustning i produktionen. Detta med avseende på personalkrävande arbetsmoment som sker före eller efter processen på conveyer vid våt/pulverlackering hos LaRay AB. Målet med eventuella investeringar är att öka företagets konkurrenskraft, förbättra ergonomin för operatörerna samt minska kvalitetsbristkostnaderna i produktionen. Förutsättningar, möjligheter och begränsningar ska tas upp för automationslösningen. Förstudien syftar till att ge svar på hur nuvarande flexibilitet att hantera en mångfald av kundprodukter kan komma att tillgodoses vid ökad användning av robotteknik, det vill säga vara enkelt anpassningsbar för ett spektrum av olika produkter som skall lackeras.

1.3 Avgränsningar

I detta projekt kommer fokus inte att läggas på automatisering av själva tvätt-, torknings-, lackerings- och härdningsprocessen då det redan finns befintliga lösningar där. Till de förslag på lösningar som tas fram, kommer vi att rekommendera nödvändig utrustning, däremot kommer vi inte programmera denna. Vi kommer i första hand fokusera på en av LaRays

kundprodukter och i andra hand försöka få vår lösning så produktflexibel som möjligt. Ergonomin har vi tagit hänsyn till men inga mer detaljerade analyser har genomförts. Enklare tidsstudier har gjorts med hjälp av klockor, i utvärderande syfte. Ekonomiska beräkningar sker endast genom payback-metoden med uppskattade investeringskostnader från konsultbolag inom automationsbranchen. Löner beaktas, dock inte driftskostnader.

1.4 Precisering av frågeställning

I projektet handlar det främst om att söka automatiserade lösningar för följande moment:

- maskering av detalj före lackering
- avmaskering av detalj efter lackering
- infettning av detalj (vikbar modell)
- fälla ut detalj (vikbar modell)
- fälla ihop detalj (vikbar modell)
- upphängning av detalj på conveyer
- nedhängning av detalj ifrån conveyer
- uppackning av detalj ur pall
- nedpackning av detalj i pall.

Därför kommer vi ta med, men inte lägga lika stor vikt, vid möjligheter för kontroll av detaljer med hjälp av automation och alternativ till maskering.

Vi vill besvara följande:

- Vilka manuella moment inom nuvarande produktions nio delmoment (se ovan), som tekniskt och ekonomiskt har förutsättningar för att kunna automatiseras.
- Ta fram förslag med olika lösningar, med utrustning som behövs och förutsättningar som krävs för att dessa ska fungera.
- Hur kan lösningen göras komponentflexibel?
- Är maskering av komponenter det bästa sättet för att ej lackera vissa ytor eller finns det andra metoder som är bättre med avseende på ekonomi?

2 TEORETISK REFERENSRAM

I detta kapitel presenteras fakta bakom olika metoder, teknisk utrustning och begrepp att ta hänsyn till, vilka har används och beaktats under arbetets gång. Fakta är hämtad och tolkad ur litteratur av olika slag, och grundar sig således på tidigare egenskaper och principer inom ingenjörsarbetets område.

2.1 Generella produktutvecklingsmetoder

Produktutveckling är en process med flera olika faser. I detta examensarbete genomgår de inledande faserna, trots att det inte är en fysisk produkt som tas fram. Därför redogörs nedan för de inledande faserna.

Förstudie

Under förstudien ska en objektiv analys av problemet ske. Problemet ska definieras. Grunden ska läggas för att kunna avgöra om man vill gå vidare i utvecklingen eller inte. Möjliga tekniska lösningar ihop med övriga förutsättningar ska undersökas objektivt, så att inte stora resurser läggs på vidareutveckling, för att långt in i processen inse att man inte kommer att lyckas. Resultatet av förstudien är, förutom det ovan nämnda, en kravspecifikation över funktionella krav. Ett funktionellt krav är *vad* som ska klaras av. Senare, vid konceptgenereringen, tas en teknisk lösning fram, det är med den man bestämmer *hur* det klaras av. Johannesson, Persson och Pettersson (2004)

Kravspecifikation

I denna fas görs en specifikation över *vad* en produkt eller tjänst ska utföra. Man får ett utkast som kan kompletteras och ändras allteftersom man vet mer om det som utvecklas.

Informationen i specifikationen används vid konceptgenereringsfasen och utvärderingsfasen, då man letar efter lösningar respektive utvärderar. Det är viktigt med korrekta, entydiga och ändamålsenliga specifikationer och det är inte helt trivialt att skapa dessa på bästa sätt. Mer om det i kapitel 2.4.

Konceptgenerering

Här söks lösningar som uppfyller kraven. De olika förslagen till lösningar kallas koncept, ofta framkommer flera koncept. Beskrivningen av lösningen, konceptbeskrivningen, kan innehålla bland annat preliminär produktlayout med utrymmesuppskattningar, preliminär kostnadsuppskattning och beskrivning i text, skisser, modeller mm. Vid systematiskt konceptgenereringsarbete är utgångspunkten de funktionella kraven i kravspecifikationen, som man vill finna lösningar till. Ofta delas lösningens totala funktion in i ingående delfunktioner med en funktionsanalys. Detta görs för att dela upp ett svåröverblickat problem i mindre delproblem. Lösningar kan sedan lättare sökas för varje delproblem och kombineras

för att klara den totala funktionen hos problemet. När detta är genomfört kan sökandet av lösningar till delprombelen påbörjas. Det finns olika sätt att göra det på men vill man arbeta systematiskt används främst två kategorier av metoder. En av kategorierna är kreativa metoder, brainstorming är kändast och används i störst utsträckning. Den andra kategorin är systematiska eller rationella metoder, exempel på metoder här är sökning i litteratur och patent, biomimetik (efterlikna naturens lösningar) och att titta på konkurrenters lösningar. Det är vanligt att flera metoder ur båda kategorier blandas. Slutligen kombineras lösningar för varje delproblem till att klara den totala funktionen. Man vill ha några olika sådana totallösningalternativ. Dellslösningarna i en totallösning måste givetvis vara kompatibla med varandra.

Utvärdering & konceptval

Det är nödvändigt att utvärdera lösningalternativen som arbetats fram i konceptgenereringsfasen för att kunna välja det bästa alternativet, konceptvalet. På olika sätt fastställs hur väl ens alternativ uppfyller krav och önskemål från kravspecifikationen. Man får ett mått på kvalitet med avseende på kriterierna ur kravspecifikationen. Vid val av koncept väljs det med högst kvalitet, det vill säga det som bäst uppfyller krav och önskemål från kravspecifikationen. Flera svårigheter uppkommer ofta vid valet, exempelvis påverkas värdet på kvalitet av många olika egenskaper. Ett koncept kanske är väldigt bra på en viktig egenskap och dålig på övriga, och erhåller ett visst värde på kvalitet. Ett annat koncept kanske är bara precis godkänd på alla egenskaper, så att samma värde på kvalitet erhålls även här. Vilket ska då väljas? De är ju lika bra totalt sett, enligt denna metod. Fler svårigheter är till exempel att vissa egenskaper kan värderas kvantitativt medan andra behöver värderas kvalitativt och att alternativen man väljer mellan bara delvis är färdigställda då beslutet ska fattas. Johannesson, Persson och Pettersson (2004)

Utvärderingen kan göras på flera sätt, experimentellt eller teoretiskt. Exempelvis teknikbaserade modellerings-, simulerings- och analysmetoder (teoretiskt) eller skalmodeller och prototyper (experimentellt). I möjligaste mån vill man ha mätbara mått, vilket inte alltid är möjligt. Detta för att de är objektiva. Kvalitativa värderingar är svåra att göra helt objektivt.

I utvärderingsprocessens början tas lösningar som bedöms vara dåliga bort, av olika anledningar. För vidare jämförelse av kvarvarande alternativ är beslutsmatriser ett systematiskt och väl använt verktyg. Exempel på beslutsmatriser är relativ beslutsmatris (även kallad Pughs metod) och kriterievikt-metod (även kallad Kesselrings metod). Med relativ beslutsmatris jämförs alternativen mot nuvarande alternativ, om de är bättre, sämre eller lika bra. Med kriterievikt-metoden ser man hur bra olika alternativ är i förhållande till varandra och hur bra de är jämfört med ett (påhittat) idealt alternativ.

Detaljkonstruktion

Här vidareutvecklas det lösningalternativ man har bestämt sig för, till en fungerande produkt eller tjänst. Man ska ta fram ett underlag som beskriver lösningen funktionsriktigt och användningsriktigt. Utifrån beskrivningen ska man kunna ta fram prototyper eller ett fåtal exemplar som kan testas och verifieras. Lösningen konfigureras vilket innebär att

1. dimensionera och välja standardkomponenter
2. konstruera detaljer som inte tillhör standardkomponenter och göra materialval för dem
3. bestämma lösningens arkitektur
4. bestämma lösningens layout.

Med arkitektur menas hur dellösningar samverkar med varandra till en helhetslösning. Med layout menas hur lösningens olika delar byggs till en fysisk produkt (eller tjänst)

Efterföljande steg i produktutvecklingsprocessen är sedan

- prototyper
- provning av prototyp
- anpassning för tillverkning (om ett stort antal produkter ska tillverkas)
- tillverka serieversion
- marknadsintroduktion.

Johannesson, Persson och Pettersson (2004)

2.2 Automation

I Svenska akademins ordlista är betydelsen av ordet automation; ”automatiskt sätt att fungera” och ordet automatisera ”göra automatiskt”, Svenska akademins ordlista (2006). Varför man automatiserar kan ha många olika skäl, till exempel för att öka produktiviteten, för att ta över för människan i svåra och obekväma situationer och/eller för att minska kostnaderna. Alla moment är inte värda att automatisera, Paul Fitts listar vilka moment en människa klarar bäst kontra ett automationssystem.

Människan är bättre på att

- upptäcka svaga visuella och audiella signaler
- upptäcka och integrera en mängd olika signaler samtidigt
- uppfatta mönster, kunna göra generaliseringar och se helheten
- upptäcka signaler i stort brus av annan information
- improvisera och lösa nya problem kreativt
- lagra information under lång tid och plocka fram relevanta delar när de behövs
- känna igen ett problem, resonera induktivt, ha slutledningsförmåga och utföra bedömningar.

Automationssystem är bättre på att

- övervaka data, processer och varningssystem
- upptäcka signaler utanför människans toleransområde (exempelvis höga/låga temperaturer, strålning)
- bortse från störande moment och stressreaktioner
- reagera snabbt med jämn precision och stor kraft
- upprepa samma moment med bibehållen kvalitet
- lagra mycket information en kort tid som sedan kan raderas
- resonera deduktivt baserat på tillgänglig data
- utföra flera komplexa moment samtidigt.

Osvalder och Ulfvengren (2010)

Dock blir automationssystem bättre med den pågående teknikutvecklingen och gränsen är inte längre lika tydlig vad gäller delarna som, enligt Fitts, människan gör bäst. Ett bra exempel på detta är visionteknik som redan idag är bra på att upptäcka svaga visuella signaler.

När man ska automatisera en process kan man inte bara se på resultatet utan måste också tänka på operatörerna. En automatisering av ett visst moment i produktionen kan leda till att operatören får ett icke stimulerande arbetsmoment istället, som leder till missnöje och förlorad arbetsstolthet. Automatisering i hög grad, av flera moment, som endast lämnar övervakande uppgifter till operatör kan upplevas som understimulerade och uppmärksamheten kan bli

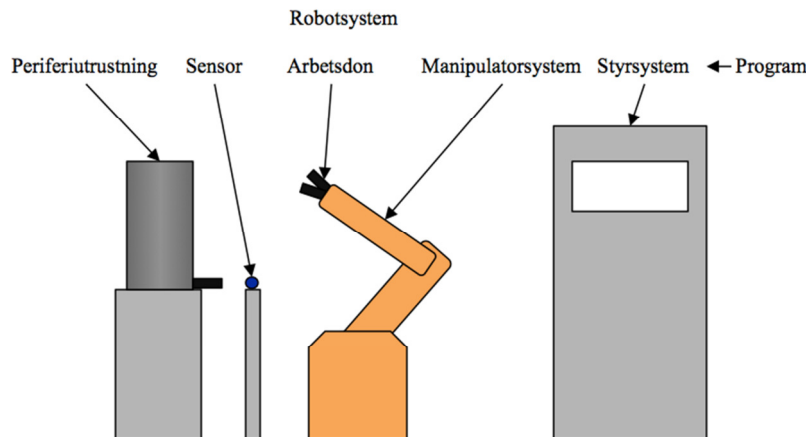
lidande. Båda fallen kan i längden påverka produktionen negativ, till exempel försämrad kommunikation mellan ledning och personal. Osvalder och Ulfengren (2010) Risk finns att enkla arbetsuppgifter automatiseras och svåra lämnas till operatören. För att komma ifrån risken måste allt som ingår i arbetet för operatören efter den tänkta automatiseringen beaktas. Exempel är arbetstakten, sociala konsekvenser och stimulansen. För komplexa tillverkningssystem finns listat ett antal kriterier som är av vikt då man utformar nya arbetssätt, se figur 2.1. Mårtensson (1995)

Mångsidigt arbetsinnehåll • Individen utför planering, genomförande och kontroll för att skapa en sammanhängande del av processen Ansvar och inflytande • Individ eller grupp ansvarar för hela arbetet • Kontroll av eget arbete • Medverkan vid förändringar och utformning av arbetsplatsen Informationsbehandling • Planering av eget arbete • Tankeverksamhet i nya situationer till exempel vid störningar • Beslutsfattande	Inflytande på arbetets utförande • Arbetstakten styrd av processen endast under kortare moment • Möjligheter att påverka arbetsmetod • Arbetet medger rörlighet inom avdelningen och variation i rörelse • Möjlighet att kunna gå ifrån arbetsplatsen en kort stund Kontakt och samarbete • Tal- och synkontakt med andra • Kontakt med kollegor på andra avdelningar • Möjlighet till samarbete i grupp Kompetensutveckling • För individen acceptabel kompetensnivå • Individens kompetens utnyttjas succesivt i mer kvalificerade arbetsuppgifter • Återkommande utbildning
---	--

Figur 2.1. Kriterier av vikt vid utformning av nya arbetssätt. Osvalder och Ulfvengren (2010)

2.3 Manipulatortyper för industrirobotar

För industriellt bruk finns ett antal olika industrirobotar. Ordet industrirobot syftar till ett helt robotsystem, se figur 2.2. Det man ofta tänker på när man hör ordet är dock endast manipulatore. Det är denna som bestämmer vilka arbetsuppgifter som lämpar sig för varje robotsystem, det är denna som gör allt fysiskt arbete.



Figur 2.2. Robotsystem med manipulatorsystem.

Definition manipulator:

”Manipulator är en maskin vars mekaniska uppbyggnad normalt består av en serie segment som sammanfogats genom led- eller glidrörelse relativt varandra med uppgift att gripa och/eller förflytta objekt (detaljer eller verktyg) vanligen i flera frihetsgrader” Bolmsjö (2006)

Definition frihetsgrad:

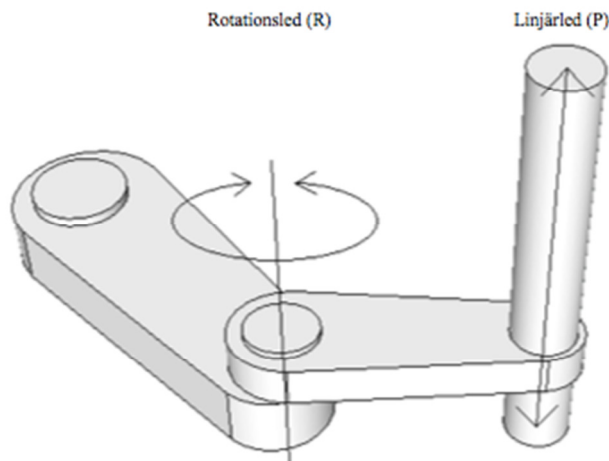
”Frihetsgrad (DOF¹) är en av variablerna (maximalt antal sex) som erfordras för att definiera en kropps läge i rummet” Bolmsjö (2006)

Ett manipulatorsystem består av tre samverkande delar; åkdon, arm och handled. Åkdon används inte alltid, men då man vill ge systemet större arbetsområde kan man montera armen så att den kan förflytta sig i en upp till tre riktningar. Armen utför positionering och rörelse av verktyg. Handleden orienterar verktyget som är monterat på denna, där armen befinner sig för tillfället. Med manipulator avses själva robotarmen. Enligt definitionen för frihetsgrad finns maximalt sex frihetsgrader för att bestämma till exempel ett verktygs läge. Antalet rörelseleder kan dock vara fler för en manipulator som då blir ett överbestämt system. I ett överbestämt system finns fler än en väg för att uppnå samma läge (position och orientering).

¹ DOF - Degrees Of Freedom

Med ökat antal rörelseleder får man ofta högre rörelsefrihet. Tyvärr påverkas ofta stabilitet och lastförmåga negativt. Detta är bara en av flera aspekter som gör att uppbyggnaden av en arm påverkar vilka arbetsuppgifter den lämpar sig för.

Manipulatorns länkar förbinds i leder som medger relativ rörelse sinsemellan. Två typer av rörelseleder finns, linjärled P och rotationsled R, vilka medger rörelse i linjär- respektive rotationsriktning, se figur 2.3.



Figur 2.3. Rotationsled (R) och linjärled (P).

Med dessa rörelseleder kan ett mycket stort antal armkonfigurationer skapas. De flesta robotarmar kan trots detta placeras i följande konfigurationer:

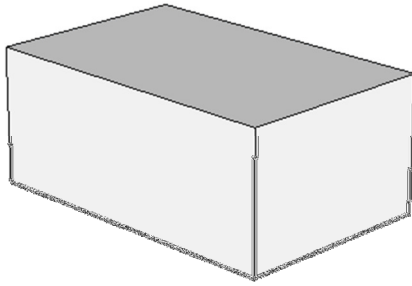
- Rektangulär robot, PPP.
- Cylindrisk robot, RPP.
- Sfärisk robot, RRP.
- Länkarmsrobot, RRR.
- SCARA-robot, RRP.

Bolmsjö (2006)

Rektangulär robot, PPP

En rektangulär robot har linjärleder i tre huvudaxlar och medger rörelse enbart i respektive axelriktning. Axlarna sammanfaller med axlarna i ett kartesiskt koordinatsystem.

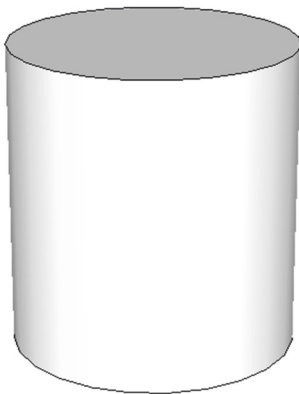
Rotationsleder kan läggas till vid armens handled. Konstruktionen ger armen goda egenskaper i noggrannhet, styvhet och lastkapacitet. Vanliga användningsområden är montering, mätning och materialhantering. Figur 2.4 visar robottypens arbetsområde.



Figur 2.4. Arbetsområde för rektangulär robot.

Cylindrisk robot, RPP

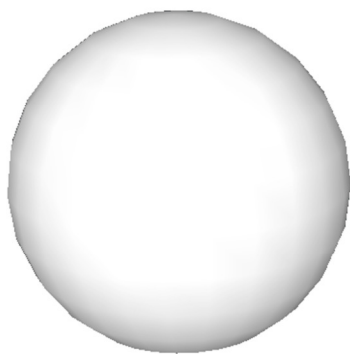
Roboten har ett armcentrum som armen roterar runt. Axlar rör sig i ett cylindriskt koordinatsystem. Ytterligare linjära rörelseleder finns i vertikal och radiell riktning. Arbetsområdet blir cylindriskt vilket figur 2.5 visar. Armen upptar liten golvyta och når ett stort område tack vare den radiella leden. Konstruktionen blir styv och styrningen av rörelser enkel. Vanliga arbetsuppgifter är materialhantering och maskingbetjäning.



Figur 2.5. Arbetsområde för cylindrisk robot.

Sfärisk robot, RRP

En sfärisk robot har rotation runt en vertikal led, rotation runt en horisontell led och linjär rörelse längs en tänkt radie utifrån den första vertikala leden. Arbetsområdet blir teoretiskt sett sfäriskt, se figur 2.6, men i praktiken begränsas rotationen runt den horisontella leden, på grund av maskinkomponenter som hindrar full rotation. Det verkliga arbetsområdet blir något större än en halv sfär och blir då jämförbart med arbetsområdet hos en cylindrisk robot. Den första industrilla roboten, Unimate, är av denna typ. Vanliga arbetsuppgifter är maskinbetjäning.



Figur 2.6. Arbetsområde för sfärisk robot.

Länkarmsrobot, RRR

Roboten har tre rotationsleder, en vertikal och två horisontella. Detta är den vanligast förekommande typen, roboten är lätt att anpassa till många arbetsuppgifter. Arbetsområdet blir som figur 2.6 ovan visar. Styvheten är något sämre än övriga robottyper, främst vid långa avstånd från centrum på roboten och vid stora laster. Detta på grund av höga moment i lederna. Robottypen anses vara den mest universella, arbetsuppgifter varierar stort och exempel är bågsvetsning, lackering, materialhantering samt punktsvetsning.

SCARA-robot

SCARA-roboten har två rotationsleder i samma horisontalplan direkt efter varandra samt en linjär led i vertikal riktning. Robottypen är mycket snabb och används oftast för montage ovanifrån. Dess arbetsområde blir cylindriskt enligt figur 2.5 ovan. I figur 2.3 ovan ser man de två rotationslederna och linjärleden.

Bolmsjö (2006)

2.4 Kravspecifikation

En kravspecifikation är ett bra verktyg då ett system eller en produkt ska utformas. Dess syfte är att göra det enklare överskådligt vad som måste vara med i lösningen, genom att sätta upp krav. Dessa krav kan variera i betydelse och antal, med för många eller för specifika krav ”dödar” man kreativiteten hos leverantören av lösningen. Ett krav skall helst bara beskriva vad som skall göras och inte hur det skall göras. Alla krav är inte alltid lika viktiga och kan valideras på olika sätt, till exempel med en skala mellan 1-5 där 1 är näst intill onödig och 5 är absolut nödvändig för lösningen. De kan också jämföras parvis för att få en bättre redogörelse för skillnaden mellan olika krav. Begreppet ”krav” tolkas på många olika sätt. Detta bland annat på grund utav att man har försökt översätta den engelska termen ”requirement” som har två betydelser, ”krav” och ”behov”. Därför kan exempelvis kraven delas in i olika kategorier som önskemål, funktionella krav och icke funktionell krav. Ett önskemål är inte lika viktigt som ett krav och kan utelämnas ur lösningen men det är något som i många fall ger kunden mervärde. Funktionella krav är exempelvis ”När palett kommer fram till streckodsläsare så läses dess streckkod in”. De beskriver en funktion i lösningen. Icke-funktionella krav är mätbara, exempelvis kapacitet, effektivitet eller en tidsgräns. kravspecifikation.se (2011) och Karlsson (1998).

Data kan samlas in till en kravspecifikation på många olika sätt. ACRE² är ett ramverk som presenterar de vanligaste metoderna för just detta. ACRE presenterar tolv olika metoder:

- Observation
Leverantören av lösningen (kravhanteraren) observerar hur ett moment i systemet görs. Detta dokumenteras sedan, exempelvis i en flödesanalys. Utifrån dokumentationen kan man utforma sina krav. Viktigt är att denna observation tolkas rätt så att enbart relevant data kommer med.
- Ostrukturerad intervju
Oförberedda frågor ställs av kravhanteraren angående systemet. En del viktig information kan missas med denna metod på grund av att fel frågor ställs eller att något viktigt glöms. Metoden är ett bra och snabbt sätt att få en god uppfattning av systemet.
- Strukturerad intervju
Förberedda frågor ställs systematiskt. Inte lika snabb datainsamlingsteknik som vid ostrukturerad intervju men chansen att man missar något väsentligt är mindre.
- Protokollanalys
Liknar ”observation” fast användaren berättar om vad han/hon gör och kravhanteraren dokumenterar.

² ACquisition of REquirements

- Card Sorting
Problem skrivs ned på ett antal lappar och kategoriseras sedan av användaren.
- Laddering
”Kravhanteraren skapar sig en övergripande bild av en användares kunskap i form av ett semantiskt nätverk, som ofta är hierarkiskt uppbyggt. Kravhanteraren ”vandrar” därefter omkring i nätverket och uppdaterar informationen i nätverket genom att ställa ett antal påståenden till användaren och försöker verifiera dessa.”
Karlsson (1998)
- Repertory Grids
En matris skapas där raderna är attribut-par (t.ex. bra/dålig) och kolumnerna är begrepp.
- Brainstorming
Användaren försöker komma på så många idéer som möjligt, som sedan dokumenteras.
- Rapid Prototyping
En prototyp skapas som sedan utvärderas av användaren.
- Scenario-analys
Ett scenario beskrivs för användaren i text eller verbalt, detta i form av ett flöde. Utvärderas sedan av användaren.
- RAD (Rapid Application Development)
Ett system arbetas fram av en grupp på 8-20 personer ledda av en kravhanterare.
- Etnografiska metoder
Kravhanteraren är långa perioder hos användaren för att få en förståelse för deras arbete.

Karlsson (1998)

För att få bra krav i en kravspecifikation kan man gå efter Mayers metod, att undvika ”de sju synderna vid specificering av krav”. Dessa innehåller:

1. Brus
Krav som inte bidrar med något värde för lösningen eller krav som är specificerade fler än en gång.
2. Tystnad
Utelämnad av krav som behövs för att specificera problemet.

3. Överspecificering
När ett krav är så specificerat att det ”dödar” kreativiteten hos leverantören. Kravet är en lösning snarare än ett krav.
4. Motsägelser
När ett krav säger i mot sig själv eller andra krav.
5. Tvetydighet
Ett krav skall endast kunna tolkas på ett sätt.
6. Framåtreferens
När begrepp används i kravspecifikationen innan de blivit definierade.
7. Önsketänkande
När ett specificerat krav är omöjligt att genomföra.

Karlsson (1998)

2.5 Ekonomi, payback-metoden

Då man ska beräkna om en investering är lönsam kan det göras på flera olika sätt. En enkel och vanlig metod för investeringskalkylering är payback-metoden. Denna är lätt att förstå och ofta tillräcklig som bedömningsunderlag. Den svenska benämningen är återbetalningsmetoden, dock är den engelska termen allmänt accepterad. Ytterligare en benämning är payoff-metoden. Med metoden får man reda på tiden det tar att få tillbaka ett investerat belopp. Återbetalningstiden fås genom att sätta grundinvesteringen i relation till det årliga inbetalningsöverskottet. Inbetalningsöverskottet är besparingen som görs under ett år, med det som investerats i, relativt om investeringen inte hade genomförts. Metoden är lämplig vid industriella investeringar, där svårbedömda framtida faktorer såsom konkurrenssituation spelar in.

Metoden används för att kontrollera om investeringen lönar sig inom rimlig tid eller för att jämföra flera investeringsalternativ, för att se vilken som är bäst ekonomiskt sett. På grund av detta gynnas kortsiktiga investeringar vilket kan vara en nackdel. Tiden som räknas fram jämförs med en bestämd återbetalningstid som anses acceptabel. Investeringen anses lönsam om återbetalningstiden är mindre än denna.

Metoden är enkel och man gör antaganden att penningvärdet är stabilt under hela investeringsperioden och att alla betalningar sker vid årsskiftet. Man bortser från kalkylräntan.

Metodens fördelar är att

- den är enkel
- konsekvenser under återbetalningstiden bara behöver uppskattas
- man inte behöver uppskatta en kalkylränta.

Metodens nackdelar är att

- den gynnar kortsiktiga investeringar och tar inte hänsyn till konsekvenser efter återbetalningstiden
- fördelar med stora inbetalningar tidigt i återbetalningstiden frånges, eftersom tidpunkten för inbetalningar inte spelar någon roll för metoden.

Formel

Återbetalningstid = $\frac{G}{a}$, där G är grundinvesteringsbelopp och a inbetalningsöverskott.

Om inbetalningsöverskottet a är olika under olika år adderas de tills de är lika stora eller större än grundinvesteringen G. Återbetalningstiden blir då det antal år det tar innan $\sum a \geq G$.

Skärvad, P-H. och Olsson, J. (2011)

2.6 Ergonomi

Skador i arbetet är något som minskar vid mer ergonomiskt anpassade arbetssätt, speciellt förslitningsskador. En förbättrad ergonomisk arbetsplats bidrar inte bara till mindre arbetsrelaterade skador utan också till nöjdare arbetare och mer framgång för företaget. Därför är ergonomi en aspekt som är viktig när man vill utforma en bra arbetsplats. Detta behövs då många arbeten ofta är ensidiga när det gäller arbetsuppgifter eller rörelsemönster, vilket gör att risken för förslitningsskador ökar. Dessa skador uppstår på grund av att människan inte är skapad för monotona arbetsuppgifter utan för varierad fysisk ansträngning. Att skapa fysiskt varierade arbetsuppgifter kan vara svårt och i stället kan man underlätta dem med utrustning som gör dem mer ergonomiska. Detta kan innefatta en lyftanordning så att tunga lyft undviks eller ett mer ergonomisk handtag på en bormaskin. Det kan också vara att göra saker lättare åtkomliga.

Men en mer ergonomisk arbetsplats handlar inte bara om att förebygga mot arbetsskador utan också bland annat om hur bra miljön är på arbetsplatsen. Det kan handla om bra ljus på arbetsplatsen så att man helt enkelt ser vad man håller på med och slipper anstränga ögonen. Det kan också handla om det termiska klimatet. Om en arbetsplats är allt för kall eller för varm kan detta bli oergonomiskt för arbetaren.

Ergonomi är ett viktigt område som nämnt ovan, därför är det viktigt att ta hänsyn till detta vid alla arbetsplatser. När det är maskiner och automation man jobbar med får man komma ihåg att för en så ergonomisk arbetsplats som möjligt, ska inte människans arbetssätt utformas efter maskinen, utan maskinen efter människan.

Hägg, Ericson, et al. (2012)

3 METOD

För att förstå nuvarande arbetssätt och rutiner vid av- och påhängning samt maskering och för att samla in krav som ställs på en automatiserad lösning utfördes en nulägesanalys. Detta i form av en flödesanalys och ett datablad med insamlad data så som cykeltid och produkter per pall. Informations- och datainsamlingen gjordes genom observationer av de nuvarande arbetsmomenten och ostrukturerade intervjuer med Stig Olsson (VD) och Lars Ruud (Produktionsledning) på företaget enligt ACRE. Observationer och intervjuer utfördes ofta samtidigt för att få en så bra bild av arbetsmomenten som möjligt. Experiment utfördes för att se hur stark magneten var i galgen. I ett annat experiment fastställdes kraften som krävs för att aktivera haspen på aktuell produkt.

När all nödvändig data var insamlad påbörjades framtagning av en kravspecifikation för att få en ännu tydligare bild av problemet, men framför allt för att se vilka problem som var av störst vikt samt skilja krav från önskemål. För att få hög kvalitet på krav och önskemål gick vi efter Mayers metod att undvika ”de sju synderna vid specificering av krav”. För att sedan kunna utforma koncept och lösningar utifrån kravspecifikationen togs det reda på vad som finns på marknaden i dagsläget och för att förstå dagens teknik genomfördes litteraturstudier och ytterligare två experiment. Ett experiment hos företaget Elektroautomatik för att se om man kan tillämpa visionteknik och i så fall i vilken utsträckning. Det andra för att se om vakuumteknik i form av sugkoppar kunde tillämpas för hantering av produkten. De tekniker vi gjorde litteraturstudier på var bland annat om manipulatorer, dessa finns i tidigare kapitel; teoretisk referensram. Utöver detta gjordes ett studiebesök hos företaget SVIA i Jönköping. De hade byggt upp en anläggning för ett norskt företag med liknande verksamhet som LaRays. Där gjordes en del ostrukturerade intervjuer om anläggningens robotar och automatiska moment. Med SVIAs robotprogrammerare diskuterades cykeltiden för en industrirobot vid olika moment.

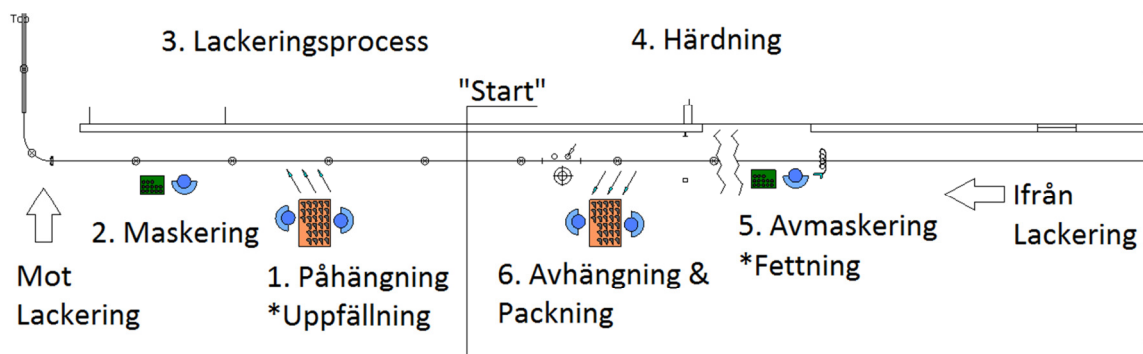
Konceptgenereringen började efter att tillräckligt med information om dagens teknik var insamlad. Den utfördes genom brainstorming utifrån kravspecifikationen, idéer skrevs först tyst ned på papper sedan diskuterades dessa och de som var kvalificerade följde med i processen för att se om det faktiskt var möjliga att genomföra. De valda lösningarna genomarbetades och mer precisa förutsättningar, begränsningar och möjligheter togs fram. Det togs fram fem stycken arbetssätt, dessa bestående av sju dellösningar kombinerade på olika sätt. Efter konceptgenereringen gjordes tidsstudier av dessa arbetssätt. Detta genom att filma de olika arbetsmomenten som inte innehöll automation och sedan ta tid för att kunna avfärda de koncept som var orealistiska, ett av arbetssätten avfärdades. Alla resterade arbetssätt och dellösningar bedömdes i grova drag med avseende på kostnad av SVIA. Dock bedömdes inte arbetssätten i sin helhet och en egen uppskattning fick göras av det resterande. Slutligen användes Kesselring- och Pughmatris för att utse det arbetssätt som bäst uppfyllde kravspecifikationen. Pughmatris användes för att mäta de olika arbetssätten mot nuvarande och Kesselring för att mäta dem mot varandra. Det bästa av dessa valdes med hjälp av ovan nämnda utvärderingar.

4 RESULTAT

I detta kapitel kommer allt underlag som tagits fram under projektets gång redovisas. Detta ur en så objektiv synvinkel som möjligt. Allt underlag i detta kapitel har använts för att kunna rekommendera en lösning till LaRay, som diskuteras i kapitlet diskussion och presenteras i kapitlet slutsats.

4.1 Nulägesanalys

Då man ska införa något nytt eller ändra något i en tillverkningsprocess är det lämpligt att kontrollera hur det ser ut i dagsläget. Detta görs för att lägga grund för projektet och används som utgångsmaterial för att bygga sina idéer. Denna nulägesanalys är gjord i form av en flödesanalys från upppackning av detalj till nedpackning. Det finns även en datainsamling med data från nuvarande process, se kapitel 4.3.



Figur 4.1. Överblick över nuvarande produktion.

* Tilläggsmoment för rörlig detalj

1. Påhängning

Detaljerna som ligger strukturerat (figur 4.2) plockas upp ur pallar och hängs upp på galgar fyra och fyra (figur 4.3). De ligger i lager med kartongskiva emellan. På galgar sitter de fast med magnet och en liten krok (figur 4.4).

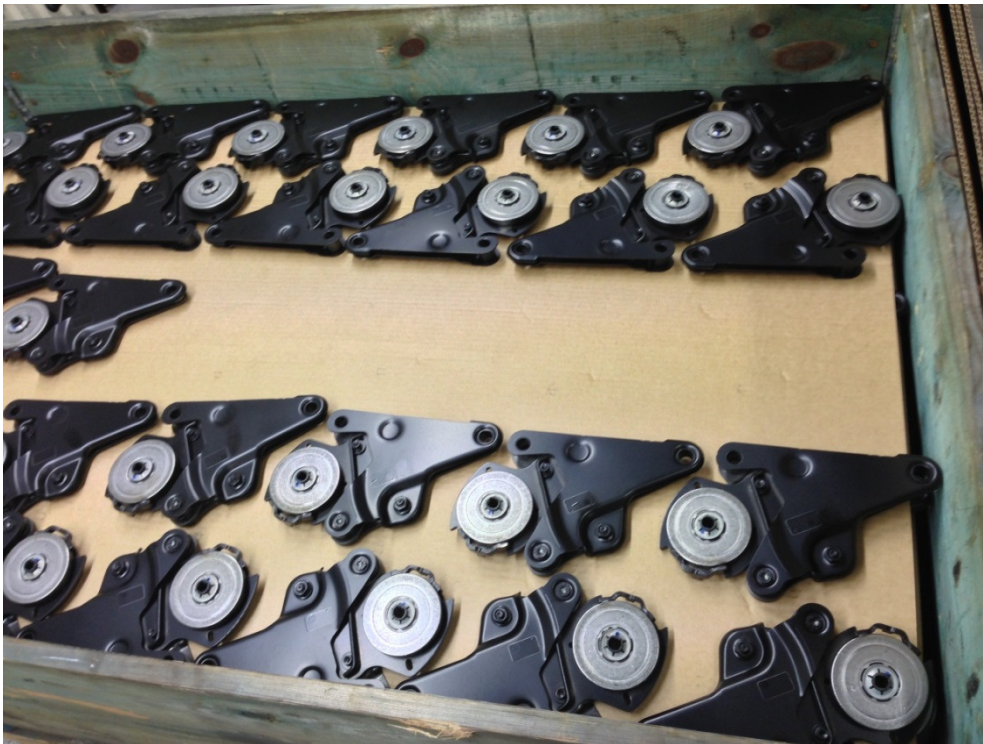
*Hasp fälls upp och detaljen fälls ut i samband med påhängning (figur 4.5).

Hantering av fast modell

Detalj ligger med magnetsida uppåt i pallen, det vill säga den sida som sedan ligger an mot magnet på galge, ligger uppåt. Den roteras runt valfri axel så att andra sidan kommer uppåt. Den roteras och flyttas samtidigt till krok/magnet så att hål för krok är uppåt och mot galge. Där förs den igenom krok och mot magnet. Figur 4.2 och 4.4 visar detta tydligare.

Hantering av rörlig modell

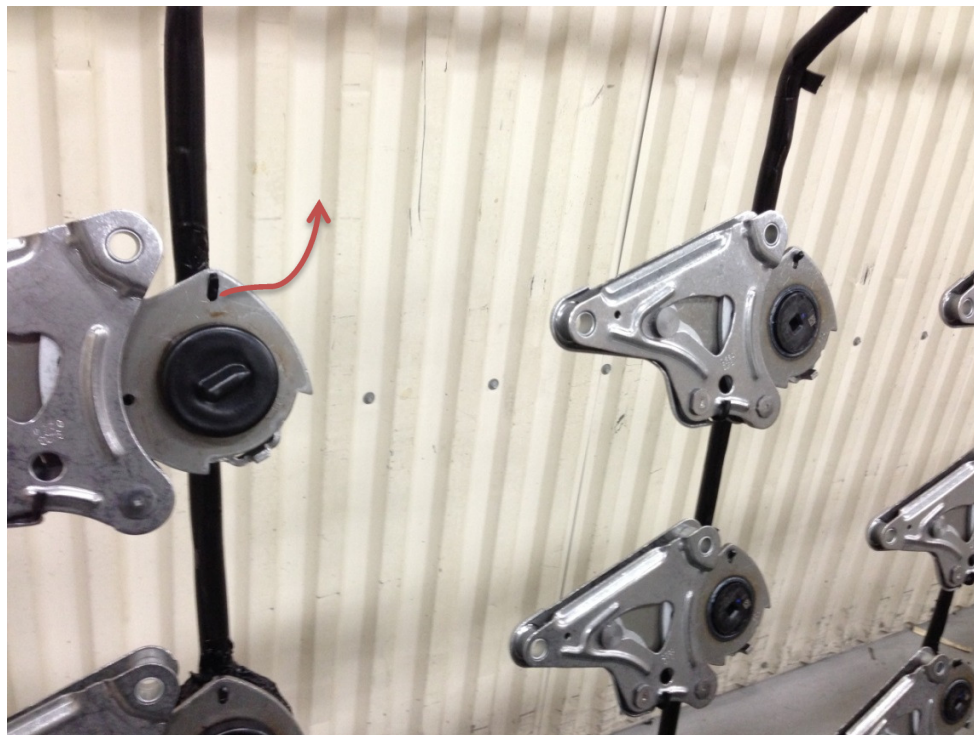
Detalj ligger med magnetsida uppåt i pall. Den tas upp, hasp trycks inåt mot detaljen och detalj öppnas. Den roteras sedan runt valfri axel så att andra sidan kommer uppåt. Den roteras och flyttas samtidigt till krok/magnet så att hål för krok är uppåt och mot galge. Där förs den igenom krok och mot magnet. Figur 4.2, 4.4 och 4.5 visar detta tydligare.



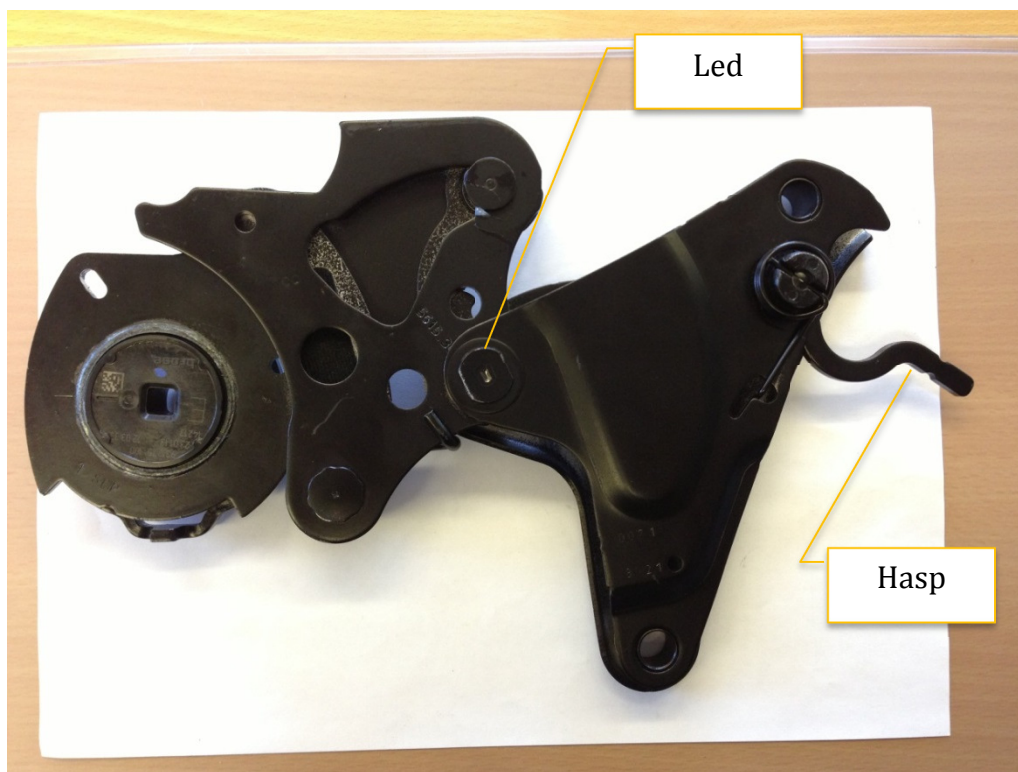
Figur 4.2. Detaljerna ligger strukturerat i pall.



Figur 4.3. Galgar som hänger på conveyern.



Figur 4.4. Detaljer hänger på galgar med magnet och krok, röd pil visar avhängningsrörelse.



Figur 4.5. Öppen rörlig detalj. Hasp aktiveras och då kan rotationsrörelse runt leden ske, så att detaljen öppnas.

2. Maskering

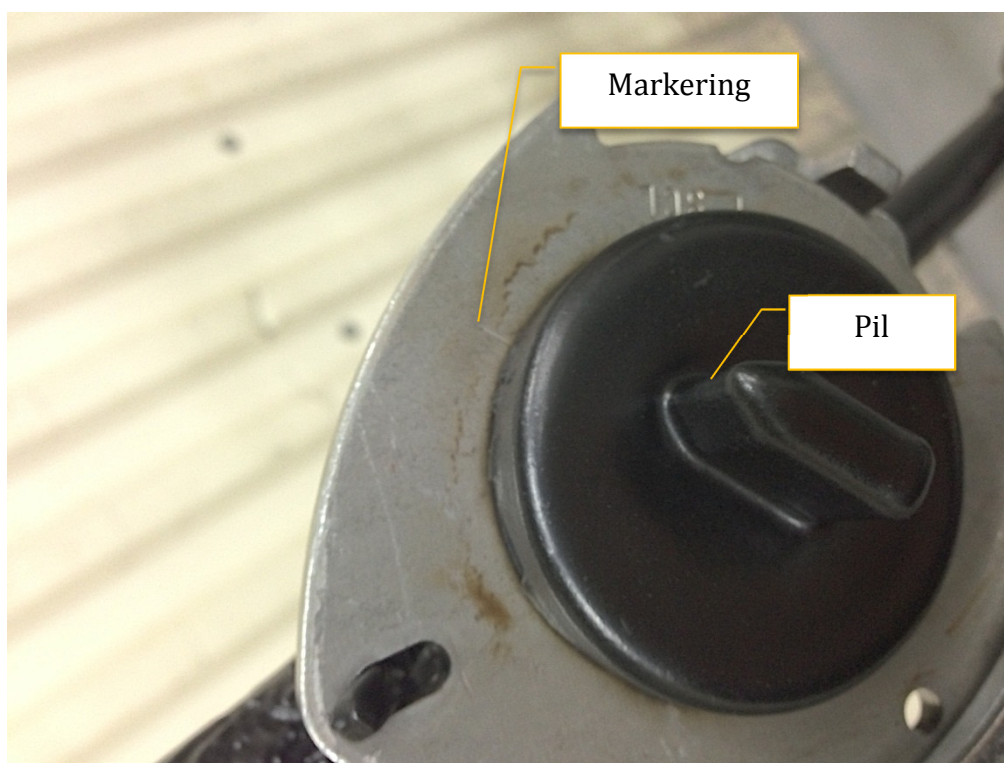
Maskering (figur 4.6) tas upp ifrån back och monteras (figur 4.7). Den utstickande del som hjälper maskeringen att sitta fast, sitter asymmetriskt, ej centrerat, och därför används en pil på pluggens greppyta för att guida rätt mot en instansad markering på detaljen (figur 4.7).

Hantering av detalj (alla modeller)

Detalj hänger på krok och magnet sedan punkt 1. Maskering tas från back på golv (operatör sittandes) och hålls i dess utstickande greppyta. Plugg vrids runt valfri axel(ar) och flyttas samtidigt så att dess undersida befinner sig ovanför området som ska maskeras. Pil orienteras rätt till markering på detalj och maskering trycks fast.



Figur 4.6. Maskering. Till vänster, ovansida med nämnd pil och greppyta, till höger undersida med asymmetrisk utstickande del.



Figur 4.7. Maskering monterad på detalj, greppytans pil orienterad mot markering på detalj.

3. Våtlackering (redan automatiserat moment)

4. Härdning (redan automatiserat moment)

5. Avmaskering (Fettning)

Maskering tas av och läggs i back (figur 4.8).

*Efter avmaskering fettas del av detalj in (figur 4.9)

Hantering av fast modell

Detalj hänger på krok och magnet sedan punkt 1. Maskering tas från detalj och släpps ner till back på golvet (operatör sittandes).

Hantering av rörlig modell

Detalj hänger på krok och magnet sedan punkt 1. Maskering tas från detalj och släpps ner till back på golvet (operatör sittandes). När alla detaljer saknar maskering tar operatören en fettpistol som finns på stationen, för den till det område som ska fettas (figur 4.9) och aktiverar fettningen.



Figur 4.8. Back med maskeringar.



Figur 4.9. Infettningsställe, endast på rörlig modell.

6. Avhängning och Packning

Detaljerna tas av från galgar och läggs strukturerat i pall, i samma mönster som innan påhängning. Kunden vill att detaljerna ligger på samma sätt som innan lackering. När ett lager är fullt läggs en kartongskiva över och ett nytt lager påbörjas, se figur 4.10. När pallen är full körs den ut av truck.

Hantering av fast modell

Detalj lyft utåt med liten rotation enligt röd pil i figur 4.4. Den roteras sedan runt valfri axel så att magnetsida är uppåt. Detalj läggs i olika orienteringar i pall enligt figur 4.2. Mellanlägg läggs i när ett lager är fullt.

Hantering av rörlig modell

Detalj stängs då den hänger på galge. Hasp trycks in och detalj stängs. Detalj lyft utåt med liten rotation enligt röd pil i figur 4.4. Den roteras sedan runt valfri axel så att magnetsida är uppåt. Detalj läggs i olika orienteringar i pall enligt figur 4.2. Mellanlägg läggs i när ett lager är fullt.



Figur 4.10, detaljer i pall med kartongskiva bredvid.

4.2 Identifierade moment att automatisera

Momenten nedan utförs i dagsläget vilket framgår i kapitel 4.1. Vid förändringar i produktionen måste samma moment utföras på något sätt. För samtliga moment söks lösningar för automatiserat utförande. Momenten är:

- plocka obearbetade produkter ur pall
- placera produkter på conveyer via galge/fixtur
- *aktivera hasp och fäll ut rörliga produkter
- maskera ytor som ej ska täckas med färg
- ta av maskering efter lackering
- *applicera fett på rörliga produkter
- *aktivera hasp och fäll ihop rörliga produkter
- lossa produkter från galge/fixtur
- placera bearbetade produkter i pall, strukturerat.

*tilläggsmoment för rörlig detalj

Om man finner automatiserade lösningar för flertalet av dessa och kombinerar dem till ett arbetssätt där få operatörer är inblandade tillkommer ytterligare ett moment att automatisera i och med detta. Det är kontroll av att lackeringen blivit lyckad. I dagsläget utför de operatörer som packar ner detaljer detta, då de synar produkter okulärt med jämna mellanrum.

4.3 Datainsamling

Parametrar rörande nuvarande produktion. Inhämtade genom intervjuer och iakttagelser.

4.3.1 Processen

Tillverkade per dag (snitt) (8h) 11325

Produktion 2-3 dagar/vecka

Produktionsveckor 46 veckor/år

Genomloppstid 1,5 h

Antal produkter/lager i pall 30

Lager/pall 13 (fast)

11 (rörlig)

Produkter/pall 30x13 = 390 (fast)

30x11 = 330 (rörlig)

Antal produkter i blå låda 8 (2/lager, 4 lager), 48 lådor/pall

Flaskhals (fast) ugn (utanför projektramen)

Flaskhals (rörlig) manuella moment: påmaskering, fettning

Bandhastighet 2,4 m/min (fast)

2,2 m/min (rörlig)

Detaljer per meter bana 12

Produktionstakt (fast) $2,4 \text{ m/min} \cdot 12 \text{ st/m} = 28,8 \text{ st/min}$

Produktionstakt (rörlig) $2,2 \text{ m/min} \cdot 12 \text{ st/m} = 26,4 \text{ st/min}$

Cykeltid (fast) $(1/28,8) \cdot 60 = 2,08 \text{ s}$

Cykeltid (rörlig) $(1/26,4) \cdot 60 = 2,27 \text{ s}$

Detaljer/galge 4

Vikt galge 2 kg (ny), 3 kg (lite färg),

max uppmätt 4 kg (mycket färg)

Kraft som krävs för 6 N (galge låst nedtill)

att lossa produkt från 8 N (galge får röra sig med kraften)

galgens magnet

4.3.2 Produkt

Namn WHIP-R

Vikt 1,164 kg fast, olackerad

1,425 kg rörlig, olackerad

Hantering

rörliga viks upp innan upphängning och viks ner
innan packning

4.3.3 Personal

Personalkostnad	220 kr/h
Antal operatörer	6 st (exkl. truckförare)
Hänga	2 st
Maskera	1 st
Avmaskera/fetta in	1 st
Packa	2 st
Skiftets längd	8h jobb + 1h rast/skift => 9 h skift

4.3.4 Ekonomi

Önskad payback-tid	3år
--------------------	-----

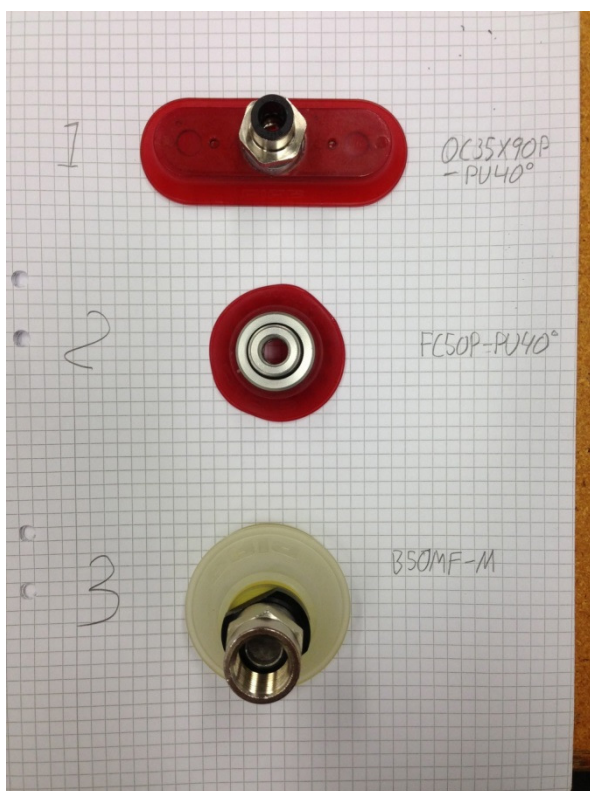
4.4 Intressanta tekniker

Fyra experiment har genomförts under arbetets gång, i två olika syften. I detta kapitel kommer deras resultat och slutsatser redovisas. Experimenten om vakuum- och visionteknik gjordes för att se hur de skulle kunna appliceras i olika sammanhang, medan hasp- och magnetexperimenten gjordes för att testa detaljerna och deras egenskaper.

4.4.1 Vakuumteknik

Detta experiment utfördes i Lindholmens verkstadslaboratorium med tre stycken olika pumpar och ett antal olika sugkoppar. Detaljen lyftes upp och om lyftet lyckades roterades och flyttades detaljen runt för att kolla vakuumsystemets lyftkapacitet. Den minsta av pumparna klarade inte av att lyfta detaljen medan de andra klarade att lyfta den bra. Tre olika sugkoppar klarade med bra resultat att lyfta detaljen, se figur 4.11. Av dessa var nummer ett stadigast men för stor för att greppa den rörliga detaljen. Sugkopp nummer tre var inte lika stadig som de andra. Den som var bäst var sugkopp nummer två.

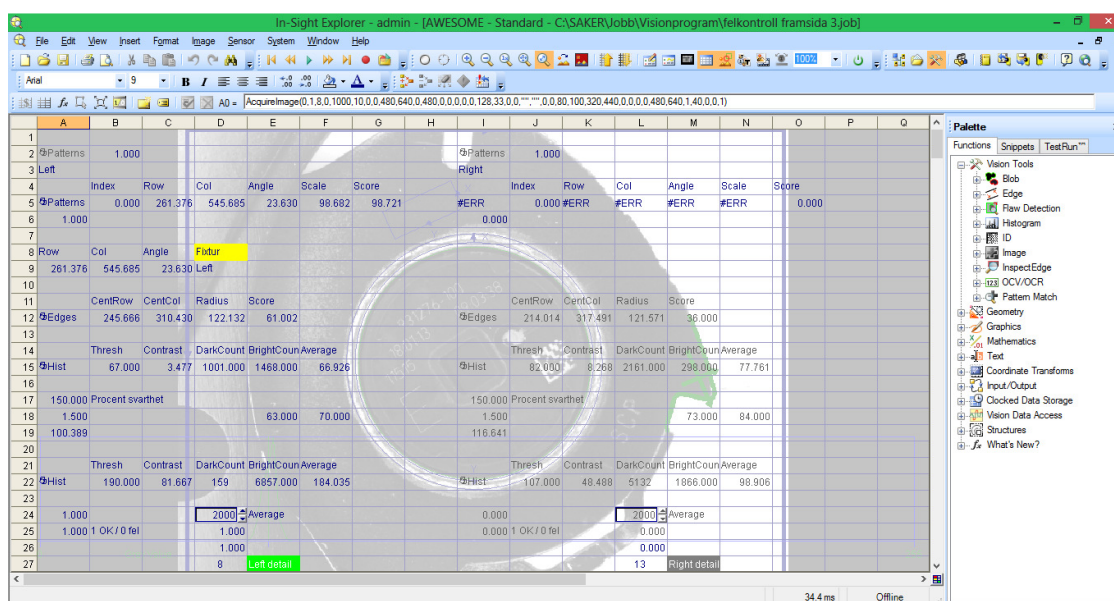
Slutsatsen av experimentet blev, trots att goda resultat uppnåddes med sugkopparna, att det är bättre att använda gripdon i fortsatta lösningar. Detta på grund av att det är lättare att fixera detaljen i rätt läge och en högre grad av stabilitet kan erhållas, vilket kan behövas. Experimentet i sin helhet finns i bilaga 1.



Figur 4.11. De bästa sugkopparna.

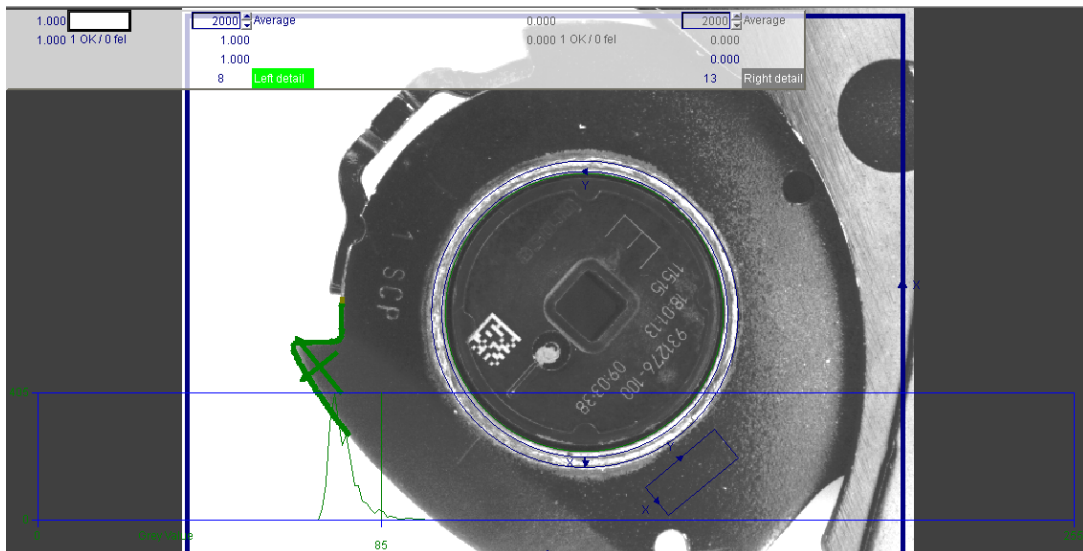
4.4.2 Visionteknik

Visionexperimentet gjordes hos Elektroautomatik i Göteborg. Av dem fick vi låna utrustning och lokal. Mjukvaran som användes var In-Sight Explorer, se figur 4.12. Mjukvaran ges ut av företaget Cognex gratis, i gengäld fungerar den enbart med Cognex hårdvara. Det som testades var först hur bra visiontekniken kunde upptäcka detaljen och dess orientering. Efter lyckade försök gick vi vidare och testade om det gick att upptäcka om färg hade hamnat på oönskade ställen på detaljen, detta gjordes både på fram- och baksidan av produkterna. Testerna gjordes med en In-Sight kamera kopplad till en dator med nämnd mjukvara för att kunna programmera och i realtid få snabba resultat. Det testades olika sorters ljus och olika avstånd mellan kamera och produkt.

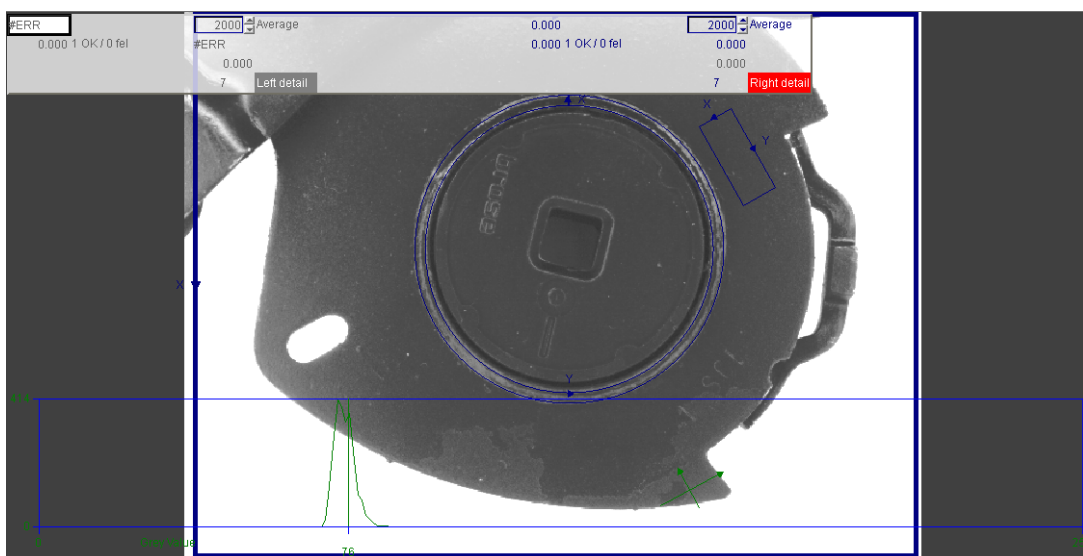


Figur 4.12. In-Sight Explorer.

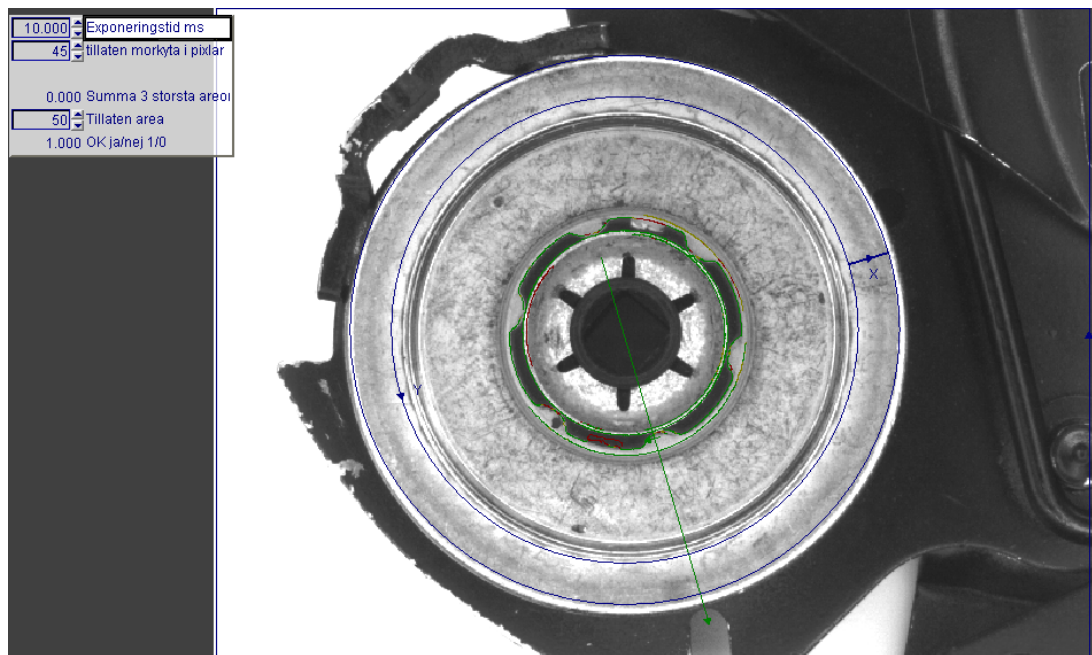
Efter många mätningar framgick det att lysrör gav det bästa ljuset. Med ett bra ljus och ett bra avstånd trimmades mjukvaran för att hitta detaljens orientering och mäta oönskad färg på bästa sätt. Programmet kunde med lätthet hitta detaljen och undersöka rätt område även fast detaljen roterades i olika vinklar. Om ljuset inte var helt perfekt anpassade programmen uträkningen till detta. Utan svårigheter kunde oönskad färg mätas och experimentet blev lyckat som kan ses i figurerna 4.13, 4.14, 4.15, 4.16 nedan. Där ”1” och grönt är godkänd och ”0” och rött är ej godkänd. Experimentet i sin helhet finns i bilaga 2.



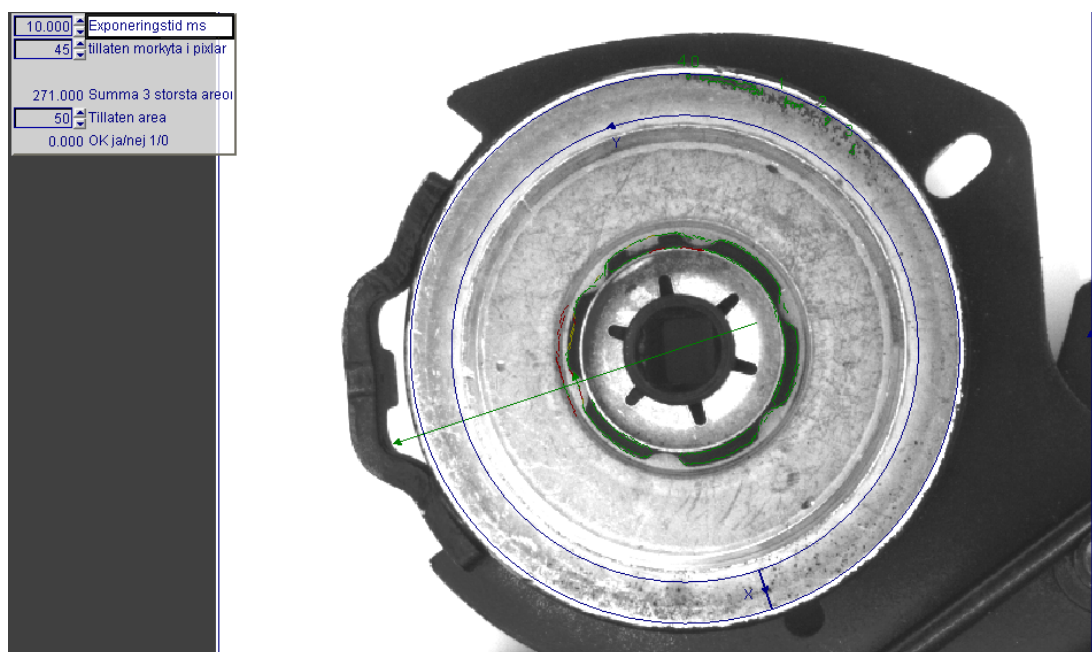
Figur 4.13. Framsida godkänd. Den tjocka gröna linjen på produktens kontur används av programmet för att fastställa orientering. I den mörkblå rektangeln hämtas ett värde på gråskalan. I det ringformade området hämtas ett värde på gråskalan, som inte får överstiga en procentsats (tröskelvärde) av värdet från rektangeln. Programmet returnerar 1 eller 0, i detta fall 1.



Figur 4.14. Framsida ej godkänd.



Figur 4.15. Baksida godkänd.



Figur 4.16. Baksida ej godkänd.

4.4.3 Haspexperiment

Syftet med detta experiment var att ta reda på hur mycket kraft som behövs för att aktivera haspen som möjliggör öppnandet av den rörliga detaljen. En dynamometer fästes i haspen, se figur 4.17. Sedan drogs haspen ned med hjälp av dynamometern tills haspen var helt i sitt ändläge då detaljen är redo att fällas upp.

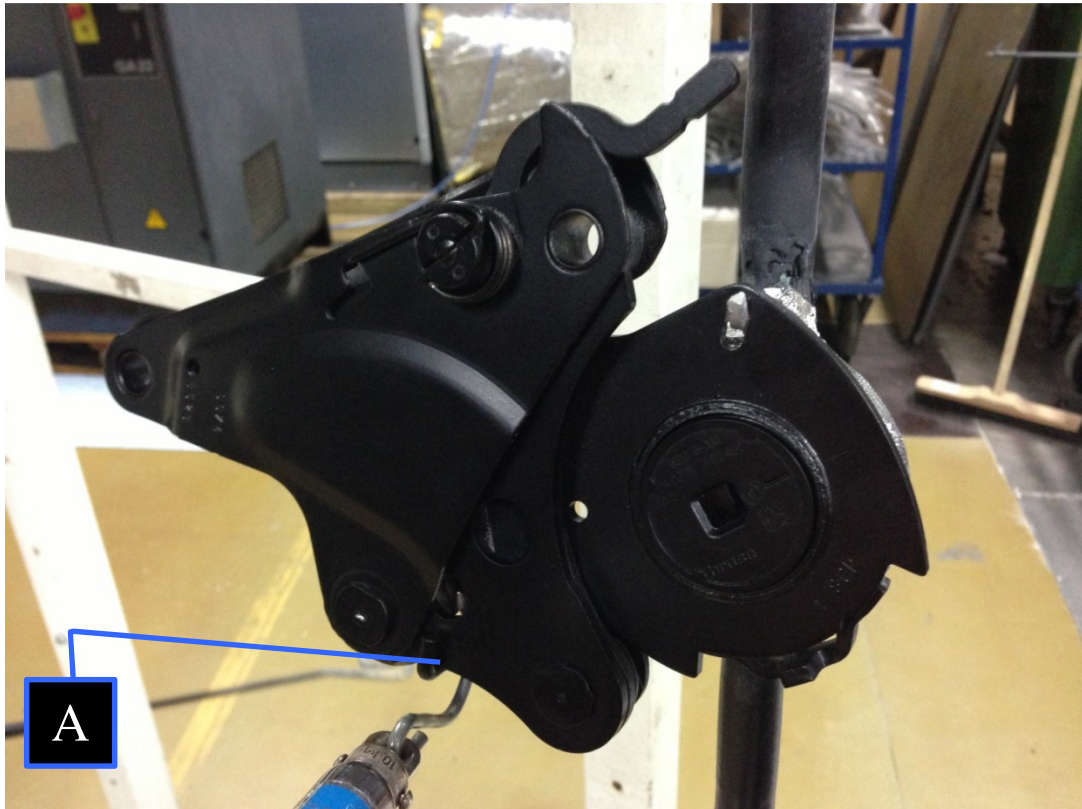


Figur 4.17. Dynamometer används för att öppna hasp på rörlig detalj.

Kraften som behövs för att trycka ned haspen noterades vid 26 N. Detta kanske inte låter som mycket men vid upprepade (cirka 11 000/skift) tillfällen kan detta resultera i skador, Hägg, Ericson, et al. (2012). När upprepade försök har gjorts att trycka ned haspen på egen hand har ömma fingrar blivit följd. Experimentet i sin helhet finns i bilaga 3.

4.4.4 Magnetexperiment

Med detta experiment var syftet att få fram hur stor kraft som behövs för att dra en produkt från galge, om denna varierar med position på galge och/eller vilken produktvariant det handlar om samt om den varierar i vilken vinkel den dragande kraften appliceras. Detta gjordes med en dynamometer som fästes i "A", se figur 4.18. Med dynamometern i detta läge gjordes testet på galgens fyra olika positioner, med de olika detaljvarianterna och i olika vinklar.



Figur 4.18. Magnetens styrka testas med dynamometer som fäst i "A".

Det spelade det ingen roll vilken detalj som användes och den största kraften som uppmättes när galge hölls fast var 6 N i positionen högst upp på galgen. När galgen fick röra sig fritt var den högsta kraften 8 N även denna i positionen högst upp på galgen. Experimentet i sin helhet finns i bilaga 4.

4.5 Kravspecifikation

När man tagit reda på vad som redan finns och hur saker och ting utförs är det dags att ställa upp de krav som projektets lösningar skall uppfylla, detta kan göras genom exempelvis en kravspecifikation. Det finns många olika sätt att strukturera upp en kravspecifikation och i detta projekt har vi valt att göra det genom en lista i Excel. Listan är indelad i antingen krav eller önskemål. Ett krav är något som lösningen ”måste” uppfylla medan ett önskemål är något som man vill uppfylla men inte måste, för att lösningen skall bli genomförbar.

Citationstecknen vill visa på att ordet ”krav”, som nämnt i kapitel 2.4, kan tolkas på många olika sätt. Detta på grund av att man har försökt översätta den engelska termen ”requirement” som har två betydelser, ”krav” och ”behov”. Det finns också ett värde på prioritering som indikerar hur viktigt kravet eller önskemålet är i relation till varandra, där 5 är högst och 1 är lägst. Detta görs för att sedan kunna utvärdera lösningarna och se vilken lösning som uppfyller de viktigaste kraven bäst. Vissa krav/önskemål är direkt beroende av varandra, detta visas i den näst sista kolumnen och behöver nödvändigtvis inte tas så mycket hänsyn till men är bra för att få en bättre förståelse om hur systemets olika delar påverkar varandra.

Kravspecifikationen visas i figur 4.19 på nästa sida.

Krav och önskemål

Titel	Beskrivning	Identifierare	Motivering	Typ	Prioritet	Beroende	Kommentar
Krav							
Hämta detalj ur pall	Detalj skall kunna hämtas direkt som de ligger ur pall, med hänsyn till mönster och mellanlägg	K1		funktionellt	3		
Fixera detalj på conveyor	Detalj skall kunna fixeras på conveyor (via t.ex. fixtur)	K2		funktionellt	3	K3, ev K1	
Fixera detalj så att lackering kommer åt	Detalj skall kunna fixeras så att nödvändiga ytor blir täckta med färg	K3		funktionellt	4	K2	
Hindra färg på oönskade ställen	Färg får inte täcka ytor specificerade av kund	K4		funktionellt	2		
Applicera smörjfett	Smörjfett ska appliceras på rörlig detalj på rätt ställe, i rätt mängd	K5		funktionellt	2		
Hämta detalj från conveyor	Detalj skall kunna hämtas från conveyor	K6		funktionellt	3	K2, K3	
Placera detalj i pall	Detalj skall kunna placeras i pall i förutbestämt mönster och med mellanlägg	K7		funktionellt	3	ev K6	
Ge plats åt fortsatt manuellt arbete intill cell	Utrymme skall finnas för manuell hantering av produkter	K8		funktionellt	5		
Maximal payback 3 år	Investeringsbelopp får inte överskrida motsvarande 3x antal årslöner som undviks av detta	K9		icke funktionellt	5		
Önskemål							
Hantera olika produkter med varierande vikt & utseende	Andra produkter skall kunna hanteras	Ö1		önskemål	1	K1, K2, K6, K7	
Undvika färg på oönskade ställen på olika produkter	Undvika färg på oönskade ställen på produkter med annat utseende	Ö2		önskemål	1	K4	
Kontroll av färg på önskat ställe m.h.a. automation	Kontrollera produkter med hjälp av automation så att åtgärd kan vidtas	Ö3		önskemål	3		
Ej öka antal produkter i lager	Ej binda upp produkter i buffert el. dyl.	Ö4		önskemål	2		
Bibehåll cykeltid	Nuvarande taktid skall inte behöva sänkas	Ö5		önskemål	5		
Ergonomi	Öka ergonomiska förutsättningar för operatörer	Ö6		önskemål	4		

Förklaring av prioritering

Skala mellan 1-5 där 5 har högst prioritet. Ett krav med 1 har högre prioritet än ett önskemål med 5.

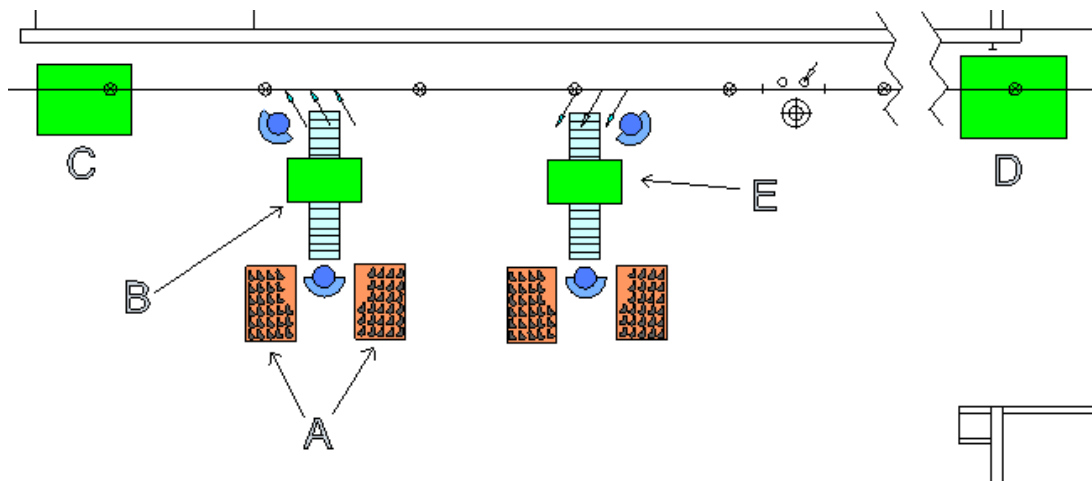
Figur 4.19. Kravspecifikation.

4.6 Konceptgenerering

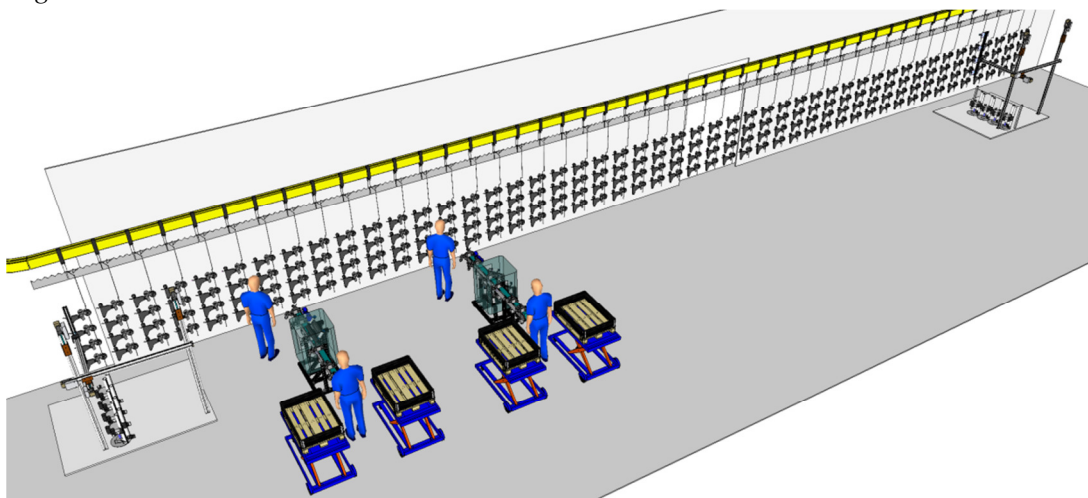
Utifrån kravspecifikation, insamlad data och erfarenheter genomfördes brainstorming. Flera olika utrustningar och tillhörande handhavanden för olika identifierade delmoment att automatisera togs fram. De idéer som var bäst gick vi vidare med och fortsatte utveckla. Senare kombinerades dessa dellösningar till 5 olika kombinationer, kallade arbetssätt, vilka ska klara av att användas i produktionen. Först presenteras arbetssätten och här nämns flera gånger namn på utrustningar som ingår, exempelvis utrustning A och utrustning D. Dessa förklaras tydligare i kapitel 4.6.6 till och med kapitel 4.6.12.

4.6.1 Arbetssätt 1

Pall med obearbetade detaljer i placeras på höj- och sänkbara saxbord, A, av truckföraren. Det finns två saxbord så att truckförare kan byta tömd pall till full pall och operatör kan ladda utan avbrott. Operatören plockar upp detaljerna och placerar dem i fack i utrustning B. Där åker de sedan vidare för upphängning (rörliga detaljer fälls upp mekaniskt på vägen). Detaljerna kommer fram till nästa operatör som tar dem ur fack och hänger upp på galgarna. Galgarna är fixerade i botten av utrustning G, för att de inte ska gunga då man hänger på detaljerna. Detta bidrar till bättre ergonomi då man inte behöver hålla emot med sin andra hand. Innan detaljerna åker igenom lackering- och härddprocessen sätts maskeringen i form av gummipluppar på med hjälp av en portalrobot, C. Efter lackering och härdning kommer de fram till D där maskeringen tas av med hjälp utav en portalrobot, de rörliga detaljerna fettas då också på bestämt ställe. Detaljerna åker vidare och tas ned ifrån galgarna, även här fixerade i botten av utrustning G. De läggs i fack i utrustning E som åker längs ett rullband mot nerpackningen (de rörliga detaljerna fälls ihop mekaniskt på vägen). Detaljerna kommer slutligen fram till operatören som lägger ned dem i rätt mönster i pallen. När Pallen är fylld hämtar truckföraren den och ersätter den med en tom, under tiden börjar operatören på nästa pall då det finns två saxbord även här. En vy ovanifrån och i 3D visas nedan i figur 4.20 respektive 4.21.



Figur 4.20. Arbetssätt 1.



Figur 4.21. Arbetssätt 1.

Ingående utrustning i arbetssätt 1 redovisas i tabell 4.1.

Utrustning	Antal
A (saxbord)	4
B (utfällning)	1
C (maskering)	1
D (avmaskering och infettning)	1
E (ihopfällning)	1
G (styrning av galge)	4

Tabell 4.1.

Ergonomi

I detta arbetssätt slipper operatörerna fälla upp och ned haspen på de rörliga detaljerna eftersom detta sker i utrustning B och E, därav minskar förslitningsskador som dessa moment kan ge upphov till. Saxborden (utrustning A) är höj- och sänkbara, detta gör att en bra arbetshöjd alltid kan erhållas, oavsett hur djupt i pallen man arbetar, vilket beror på vilket skikt man är på. Galgarna är fixerade i botten på de stationer där operatörer hänger på eller av

produkter. Detta för att inte behöva använda sin ena hand som mothåll. Man kan använda båda händer till att passa in produkten på galgen.

Truckförarens uppgifter

Truckföraren ser till att operatör vid avlastningsstationen alltid har minst en pall med obearbetade produkter att ta från. Då en av de båda är tom börjar operatör på den andra, som truckföraren placerat där medan den första tömdes. Den första som nu är tom, byter truckföraren medan operatören tar ur den andra. Detta upprepas hela tiden.

På samma sätt ser truckföraren till att operatör vid packstationen alltid har minst en pall som inte är full. Truckföraren byter också magasin för maskeringar på utrustning D, från fulla till tomma. På utrustning C byter truckföraren magasin från tomma till fulla.

Flexibilitet

Saxborden, A, är mycket flexibla då de kan användas av företaget även då andra produkter bearbetas. De är också utrustade med hjul undertill och mobila. Utrustning B för utfällning och utrustning E för ihopfällning är inte anpassningsbara för olika produkter. Produkterna i detta arbete är så pass otympliga och ovanliga i utformning att det krävs speciella lösningar för att handha dem. Utrustning C och D skulle kunna användas för att utföra arbetsuppgifter även på andra produktflöden. Verktygen för dessa portalrobotar är lätta att byta ut.

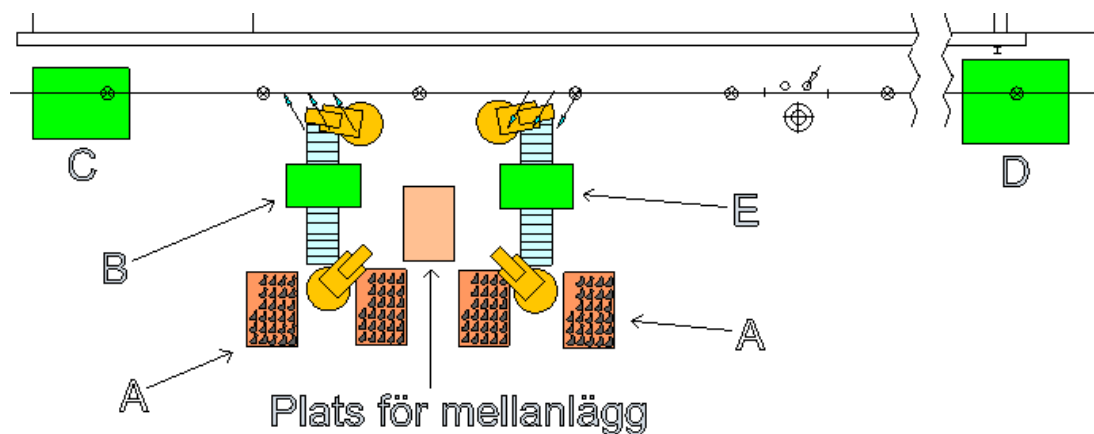
Svårigheten ligger i att ta fram nya verktyg för andra produkter. De här robotarna kan arbeta på den sida av produkten som monteras på conveyern mot dem. Väljer man att kombinera C och D med visionsystem ökas flexibiliteten något.

Fortsatt arbete

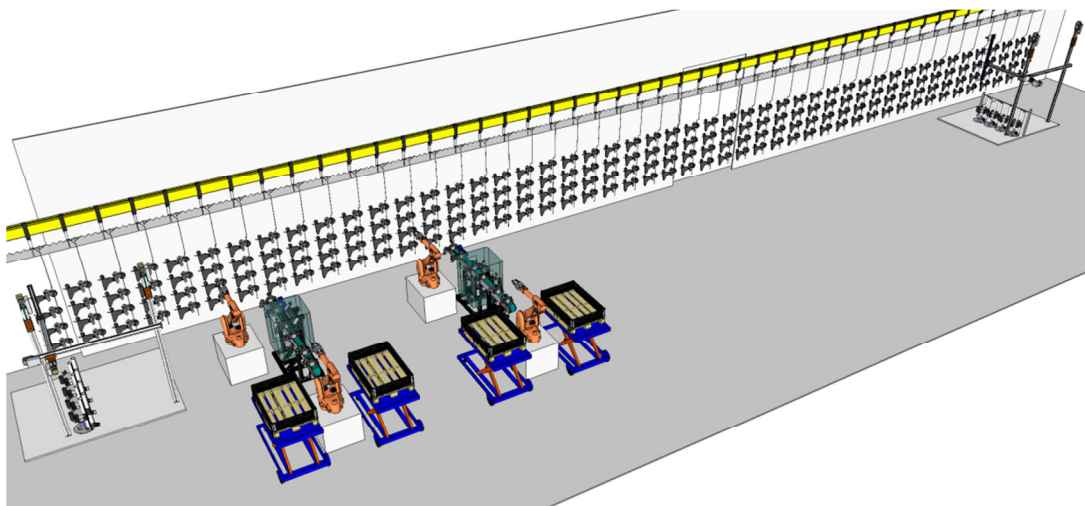
För att detta arbetssätt ska kunna realiseras behövs vidare tester och utveckling av arbetssättet, detaljkonstruktion. Speciell vikt bör läggas vid att trimma in så att utrustning C och D blir tillförlitliga samt se till att utrustning B och E hinner med cykeltiden. För utrustning C och D bör man titta på om visionsystem är nödvändigt för att lokalisera och orientera verktygen rätt, eller om det räcker med så kallad död räkning, kopplad till conveyerns hastighet.

4.6.2 Arbetssätt 2

Pall med obearbetade detaljer i placeras på höj- och sänkbara saxbord, A, av truckföraren. Det finns två saxbord så att truckförare kan byta tömd pall till full pall och robot kan ladda utan avbrott. Ifrån pallen plockas detaljerna i rätt ordning utav roboten med hjälp av ett vision-system och placerar dem i fack på ett band i utrustning B. Där åker de sedan vidare för upphängning (rörliga detaljer fälls upp mekaniskt på vägen). Väl framme hängs detaljerna upp utav en robot på galgarna som är fixerade i botten, av utrustning G, för att de inte ska gunga då roboten hänger på detaljerna. Detaljerna åker vidare mot lackeringsprocessen men först maskeras de. Detta sker med hjälp utav en portalrobot, C. Efter lackeringsprocessen kommer de förbi utrustning D, där de avmaskeras med hjälp utav en portalrobot, de rörliga fettas även på bestämt ställe. Galgarna fortsätter vidare och på väg till avhängningsroboten kontrolleras att avmaskeringen har lyckats och att det inte kommit färg där det inte ska, av ett visionsystem. När de kommer fram till roboten plockas detaljerna av och placeras i fack på ett band i utrustning E. Galgarna är även här fixerade av utrustning G. I utrustning E åker sedan detaljerna vidare till den sista roboten i ledet, de rörliga detaljerna fälls ihop mekaniskt på vägen. Den sista roboten plockar upp detaljen ur facket och sveper dem förbi en visionkamera som kontrollerar att detaljens baksida är fri från färg på bestämt område. Är den inte det lägger roboten detaljen i en låda för senare manuell korrigering. Är produkten godkänd läggs den i en pall i rätt mönster guidad av ett annat visionsystem ovanför pallen. Det finns två saxbord så att truckförare kan byta full pall till tom pall och robot kan packa utan avbrott. Den första roboten lägger mellanlägggen på bestämd plats mellan robotarna och den sista plockar upp dem vid behov. En vy ovanifrån och i 3D visas nedan i figur 4.22 respektive 4.23.



Figur 4.22. Arbetssätt 2.



Figur 4.23. Arbetssätt 2.

Ingående utrustning i arbetssätt 2 redovisas i tabell 4.2.

Utrustning	Antal
A (saxbord)	4
B (utfällning)	1
C (maskering)	1
D (avmaskering och infettning)	1
E (ihopfällning)	1
G (styrning av galge)	4

Tabell 4.2.

Ergonomi

Detta arbetssätt har hög grad av automation. Hantering av detaljer utförs av robotar. Utfällning och ihopfällning utförs av maskiner. Maskering, avmaskering och infettning utförs av maskiner.

Truckförarens uppgifter

Truckföraren ser till att robot vid avlastningsstationen alltid har minst en pall med obearbetade produkter att ta från. Då en av de båda är tom börjar robot på den andra, som truckföraren placerat där medan den första tömdes. Den första som nu är tom, byter truckföraren medan roboten tar ur den andra. Detta upprepas hela tiden.

På samma sätt ser truckföraren till att robot vid packstationen alltid har minst en pall som inte är full. Truckföraren byter magasin för maskeringar på utrustning D, från fulla till tomma. På utrustning C byter truckföraren magasin från tomma till fulla. Truckföraren har en övergripande koll på processen och startar, cykelstoppar eller nödstoppar vid behov.

Flexibilitet

Saxborden, A, är mycket flexibla då de kan användas av företaget även då andra produkter bearbetas. De är också utrustade med hjul undertill och mobila. Utrustning B för utfällning och utrustning E för ihopfällning är inte anpassningsbara för olika produkter. Produkterna i detta arbete är så pass otympliga och ovanliga i utformning att det krävs speciella lösningar för att handha dem. Utrustning C och D skulle kunna användas för att utföra arbetsuppgifter även på andra produktflöden. Verktygen för dessa portalrobotar är lätta att byta ut.

Svårigheten ligger i att ta fram nya verktyg för andra produkter. De här robotarna kan arbeta på den sida av produkten som monteras på conveyern mot dem. Väljer man att kombinera C och D med visionsystem ökas flexibiliteten något.

Robotarna kan användas för hantering av andra produkter. Med andra gripdon och visionsystemen är påhängning och avhängning möjlig.

Ingående visionsystem

Ett antal visionsystem är i bruk i arbetssätt 2. Delar som till exempel beräkningsdator kan delas av de olika systemen medan varje system kräver sin egen kamera. Här presenteras visionsystemens uppgifter i kronologisk ordning sett till produktflödet:

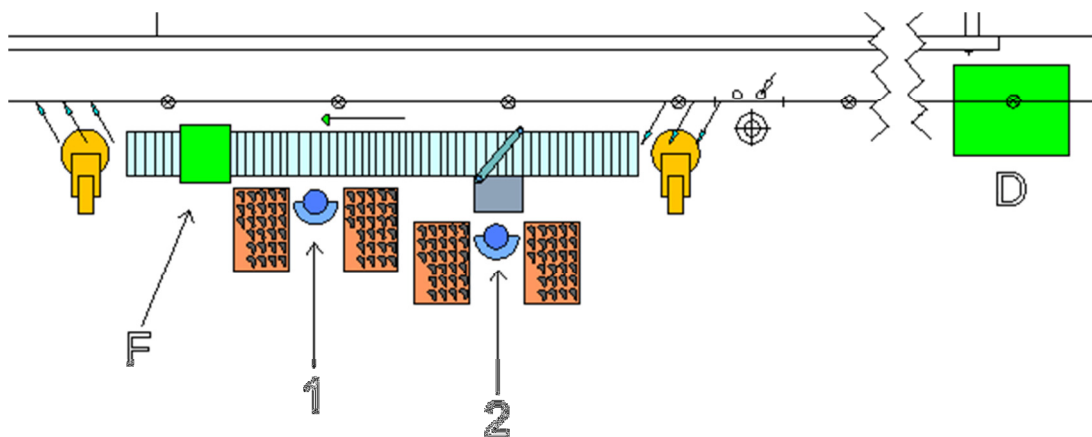
- Kamera överblickar pallar att ta produkter ur och ger information till intilliggande robot om var och med vilka koordinater detaljer att plocka finns.
- Kamera överblickar detaljer då de åker på galgarna längs conveyern på väg från utrustning D till avhängningsrobot. Information om avmaskering har lyckats samt att färg på oönskade ställen inte finns, används senare av robot som packar ner detaljer, som vid misslyckade fall kan lägga detalj åt sidan för manuell avmaskering. Detta är möjligt då man vet i vilken ordning detaljerna ankommer till denna robot.
- Kamera intill robot som packar ner detaljer tar bilder då roboten håller upp en detalj tagen ur utrustning E. Detaljens baksida analyseras för att avgöra om färg kommit på otillåtet område. I sådant fall läggs detaljen åt sidan för manuell färgborttagning.
- Kamera överblickar pallar att lägga färdiga produkter i och ger information till intilliggande robot om var och med vilka koordinater detaljer ska läggas.

Fortsatt arbete

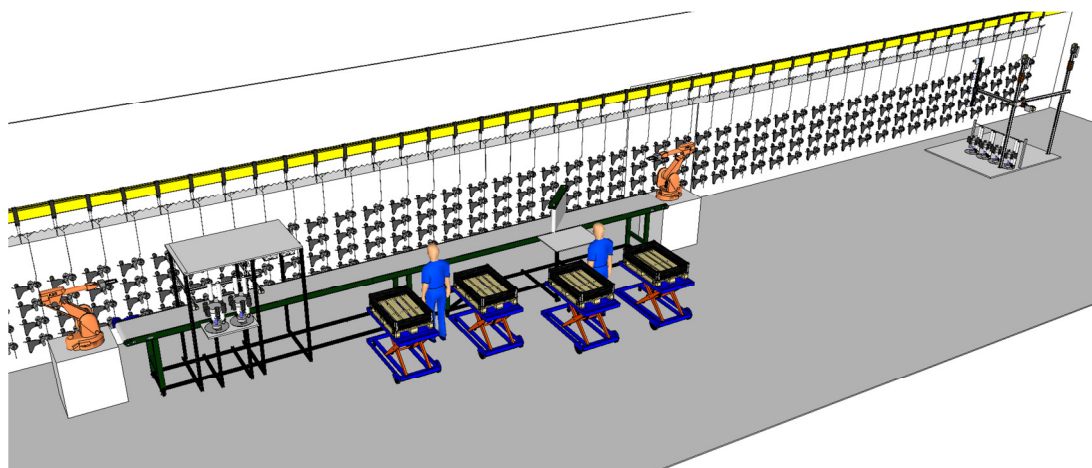
För att detta arbetssätt ska kunna realiseras behövs vidare tester och utveckling av arbetssättet, detaljkonstruktion. Speciell vikt bör läggas vid att trimma in så att utrustning C och D blir tillförlitliga samt se till att utrustning B och E hinner med cykeltiden. För utrustning C och D bör man titta på om visionsystem är nödvändigt för att lokalisera och orientera verktygen rätt, eller om det räcker med så kallad död räkning, kopplad till conveyerns hastighet. Gripdon till robotar behöver konstrueras.

4.6.3 Arbetssätt 3

Pall med obearbetade detaljer i placeras på höj- och sänkbara saxbord, A, av truckföraren. Det finns två saxbord så att truckförare kan byta tömd pall till full pall och operatör kan ladda utan avbrott. Detaljerna plockas upp ur pallarna av operatör 1 och läggs på bandet, de rörliga fälls också upp. Produktens baksida läggs nedåt mot bandet. På bandet åker detaljerna vidare till utrustning F där dess position och vridning i markplanet bestäms med visionsystem och maskering sätts på med hjälp utav en portalrobot med vakuumsugkopp. En robot plockar upp detaljerna från bandet och placerar dem på galgarna som är fixerade i botten av utrustning G. Roboten får detaljens orientering från samma visionsystem som maskeringen. Dessa galgar går sedan igenom lackeringsprocessen. Efter lackeringsprocessen kommer de förbi utrustning D, där de avmaskeras med hjälp utav en portalrobot, de rörliga fettas även på bestämt ställe. De fortsätter längs conveyern för att sedan plockas av, galgarna är även här fixerade av utrustning G. Roboten plockar av detaljerna och lägger dem på rullbandet. Till slut kommer de fram till operatör 2 som plockar ned detaljerna i pall, de rörliga detaljerna fälls också ihop innan. När Pallen är fylld hämtar truckföraren den och ersätter den med en tom, under tiden börjar operatören på nästa pall då det finns två saxbord även här. En vy ovanifrån och i 3D visas nedan i figur 4.24 respektive 4.25.



Figur 4.24. Arbetssätt 3.



Figur 4.25. Arbetssätt 3.

Ingående utrustning i arbetssätt 3 redovisas i tabell 4.3.

Utrustning	Antal
A (saxbord)	4
D (avmaskering och infettning)	1
F (alternativ maskering)	1
G (styrning av galge)	3

Tabell 4.3.

Ergonomi

Förflyttning av detalj till galge utförs av robot. Förflyttning av detaljer mellan pallar och transportband vid operatör 1 och 2 utförs manuellt. Dock erhålls en god arbetshöjd, då saxborden (utrustning A) är höj- och sänkbara, oavsett hur djupt i pallen man arbetar. Utfällning och ihopfällning sker manuellt, vilket är mindre bra.

Truckförarens uppgifter

Truckföraren ser till att operatör 1 alltid har minst en pall med obearbetade produkter att ta från. Då en av de båda är tom börjar operatör på den andra, som truckföraren placerat där medan den första tömdes. Den första som nu är tom, byter truckföraren medan operatören tar ur den andra. Detta upprepas hela tiden.

På samma sätt ser truckföraren till att operatör 2 alltid har minst en pall som inte är full. Truckföraren byter också magasin för maskeringar på utrustning D, från fulla till tomma. Vid utrustning F byter truckföraren magasin från tomma till fulla.

Flexibilitet

Saxborden, A, är mycket flexibla då de kan användas av företaget även då andra produkter bearbetas. De är också utrustade med hjul undertill och mobila. Utrustning D skulle kunna användas för att utföra arbetsuppgifter även på andra produktflöden. Verktygen för portalroboten är lätt att byta ut. Svårigheten ligger i att ta fram nya verktyg för andra produkter. Den här roboten kan arbeta på den sida av produkten som monteras på conveyern mot dem. Väljer man att kombinera D med visionsystem ökas flexibiliteten något.

Robotarna kan användas för hantering av andra produkter. Med andra gripdon är påhängning och avhängning möjlig. Utrustning F med tillhörande transportband skulle kunna användas ihop med robotarna då. Dock är det svårt att använda själva maskeringsutrustningen, F. Utrustning F med tillhörande transportband är mobila.

Ingående visionsystem

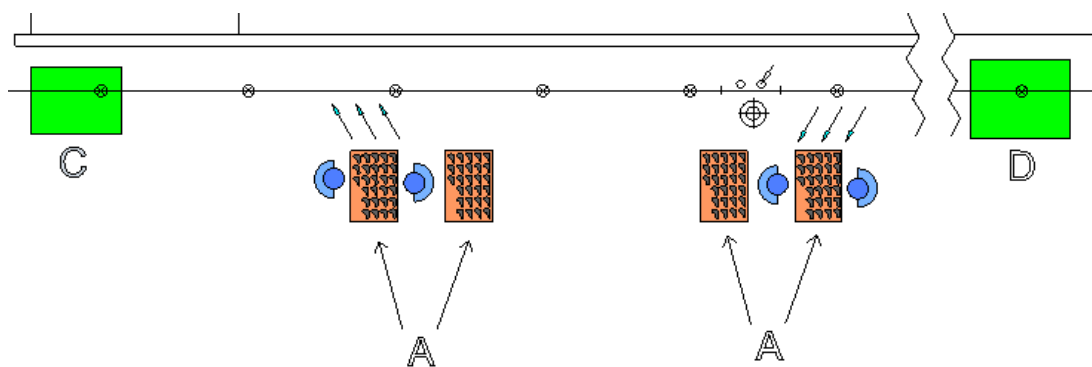
Kamera överblickar detaljer då de åker på bandet på väg till maskering, F. Innan F, som i princip är en portalrobot med vakuum-sugkopp, tas kontinuerligt bilder som analyseras. Information skickas till portalroboten om vilka koordinater och vilken vridningsvinkel detaljer kommer att ha då de kommer inom räckhåll för roboten. Samma information används senare av roboten som ska hänga på detaljerna på galgar.

Fortsatt arbete

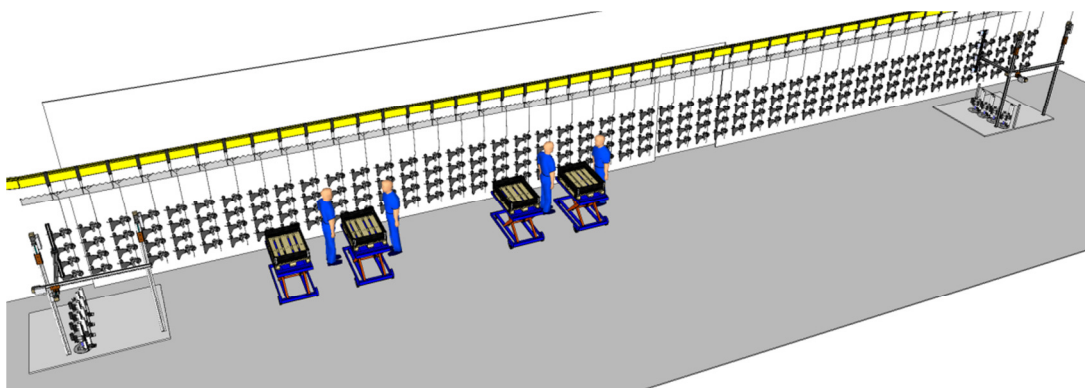
För att detta arbetssätt ska kunna realiseras behövs vidare tester och utveckling av arbetssättet, detaljkonstruktion. Speciell vikt bör läggas vid att trimma in så att utrustning D och utrustning F blir tillförlitliga. För utrustning D bör man titta på om visionsystem är nödvändigt för att lokalisera och orientera verktyget rätt, eller om det räcker med så kallad död räkning, kopplad till conveyerns hastighet. Gripdon till robotar behöver konstrueras.

4.6.4 Arbetssätt 4

Pall med detaljer i körs till rätt saxbord, A, av truckförare. Därifrån är det två operatörer som plockar upp detaljerna och sätter fast dem på galgarna. De rörliga detaljerna fäller de även ut. Man jobbar växelvis med två pallar och saxbord per station, på så sätt hinner truckföraren byta ut pallan som stationen inte arbetar med. Galgarna är fixerade i botten av utrustning G, för att de inte ska gunga då man hänger på detaljerna. Detta bidrar till bättre ergonomi då man inte behöver hålla emot med sin andra hand. Innan detaljerna åker igenom lackering- och härdprocessen sätts maskering på med hjälp av en portalrobot, C. Efter lackering och härdning kommer de fram till D, där maskeringen tas av med hjälp av en portalrobot, de rörliga detaljerna fettas då också på bestämt ställe. Detaljerna åker vidare och tas ned ifrån galgarna, även här fixerade i botten av utrustning G. De läggs i rätt mönster i pallan, de rörliga fälls ihop innan, detta görs av två operatörer. Pallan hämtas sedan när den är full av truckföraren, då man jobbar växelvis även här. En vy ovanifrån och i 3D visas nedan i figur 4.26 respektive 4.27.



Figur 4.26. Arbetssätt 4.



Figur 4.27. Arbetssätt 4.

Ingående utrustning i arbetssätt 4 redovisas i tabell 4.4.

Utrustning	Antal
A (saxbord)	4
C (maskering)	1
D (avmaskering och infettning)	1
G (styrning av galge)	4

Tabell 4.4.

Ergonomi

Saxborden (utrustning A) är höj- och sänkbara, detta gör att en bra arbetshöjd alltid kan erhållas, oavsett hur djupt i pallen man arbetar, vilket beror på vilket skikt man är på. Galgarna är fixerade i botten på de stationer där operatörer hänger på eller av produkter. Detta för att inte behöva använda sin ena hand som mothåll. Man kan använda båda händer till att passa in produkten på galgen. Utfällning och ihopfällning sker manuellt, vilket är mindre bra.

Truckförarens uppgifter

Truckföraren ser till att operatörer vid avlastningsstationen alltid har minst en pall med obearbetade produkter att ta från. Då en av de båda är tom börjar operatörer på den andra, som truckföraren placerat där medan den första tömdes. Den första som nu är tom, byter truckföraren medan operatörer tar ur den andra. Detta upprepas hela tiden.

På samma sätt ser truckföraren till att operatörer vid packstationen alltid har minst en pall som inte är full. Truckföraren byter också magasin för maskeringar på utrustning D, från fulla till tomma. På utrustning C byter truckföraren magasin från tomma till fulla.

Flexibilitet

Saxborden, A, är mycket flexibla då de kan användas av företaget även då andra produkter bearbetas. De är också utrustade med hjul undertill och mobila. Utrustning C och D skulle kunna användas för att utföra arbetsuppgifter även på andra produktflöden. Verktygen för dessa portalrobotar är lätta att byta ut. Svårigheten ligger i att ta fram nya verktyg för andra produkter. De här robotarna kan arbeta på den sida av produkten som monteras på conveyern mot dem. Väljer man att kombinera C och D med visionsystem ökas flexibiliteten något.

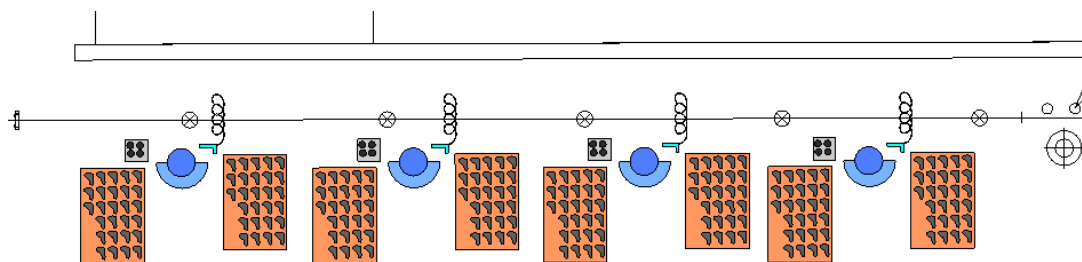
Fortsatt arbete

För att detta arbetssätt ska kunna realiseras behövs vidare tester och utveckling av arbetssättet, detaljkonstruktion. Speciell vikt bör läggas vid att trimma in så att utrustning C och D blir tillförlitliga. För utrustning C och D bör man titta på om visionsystem är nödvändigt för att lokalisera och orientera verktygen rätt, eller om det räcker med så kallad död räkning, kopplad till conveyerns hastighet.

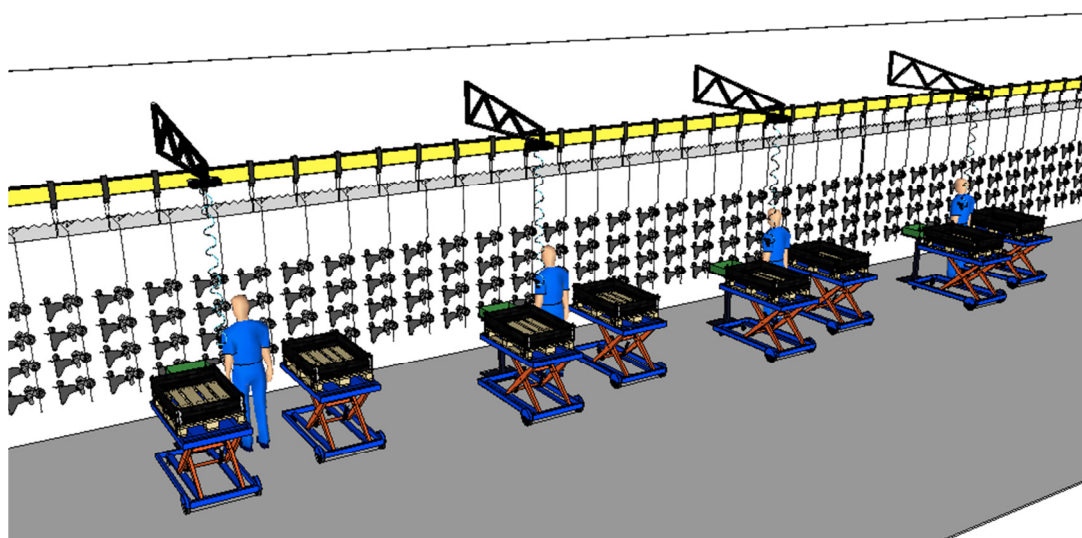
4.6.5 Arbetssätt 5

Arbetssätt 5.1

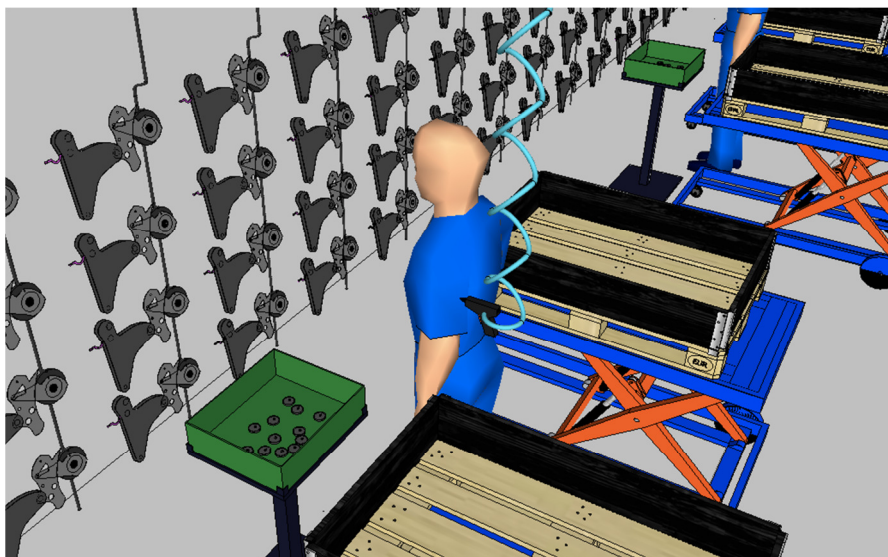
Här är fyra stationer där varje operatör genomför alla nödvändiga moment manuellt, för var sin detalj. Operatör längst till höger den översta, den näst längst till höger den näst översta och så vidare. Det de gör är att först fetta in den kommande och klara detaljen. Sedan avmaskeras den och slutligen packas den ned i pallen till höger. En ny detalj plockas därefter upp ur pallen till vänster och hängs på galgen, där den maskeras. Detaljen åker sedan vidare för att lackeras. Rörliga detaljer viks ihop/upp. Galgarna är fixerade i botten av utrustning G, för att de inte ska gunga då man hänger på detaljerna. Detta bidrar till bättre ergonomi då man inte behöver hålla emot med sin andra hand. Övrig utrustning för varje station, totalt fyra stationer, är två saxbord, utrustning A, stativ och back för maskeringar och fettpistol med upphängning. En vy ovanifrån och i 3D visas nedan i figur 4.28 respektive 4.29. Närbild över en operatörs station visas i figur 4.30.



Figur 4.28. Arbetssätt 5.1.



Figur 4.29. Arbetssätt 5.1.



Figur 4.30. Närbild på arbetsstation för arbetssätt 5.1.

Ingående utrustning i arbetssätt 5.1 redovisas i tabell 4.5.

Utrustning	Antal
A (saxbord)	8
G (styrning av galge)	4

Tabell 4.5.

Ergonomi

Saxborden (utrustning A) är höj- och sänkbara, detta gör att en bra arbetshöjd alltid kan erhållas, oavsett hur djupt i pallan man arbetar, vilket beror på vilket skikt man är på. Galgarna är fixerade i botten på de stationer där operatörer hänger på eller av produkter. Detta för att inte behöva använda sin ena hand som mothåll. Man kan använda båda händer till att passa in produkten på galgen. Utfällning och ihopfällning sker manuellt, vilket är mindre bra.

Truckförarens uppgifter

Truckföraren byter pallar på alla åtta saxbord. Detta sker i samband med en kort paus för operatörerna då alla pallar blir tömda eller fulla samtidigt.

Flexibilitet

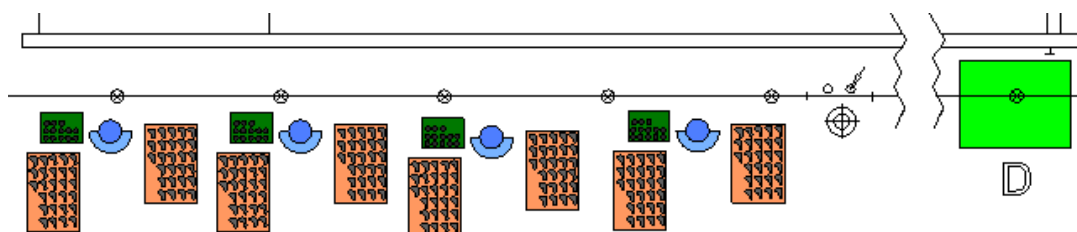
I arbetssätt 5.1 är viss utrustning flexibel. Saxborden, A, är mycket flexibla då de kan användas av företaget även då andra produkter bearbetas. De är också utrustade med hjul undertill och mobila.

Fortsatt arbete

Tidigt i projektet insågs att arbetssätt 5.1, 5.2 och 5.3 inte är realistiska val på grund av cykeltiden. Därför utgår denna rubrik för dessa arbetssätt.

Arbetssätt 5.2

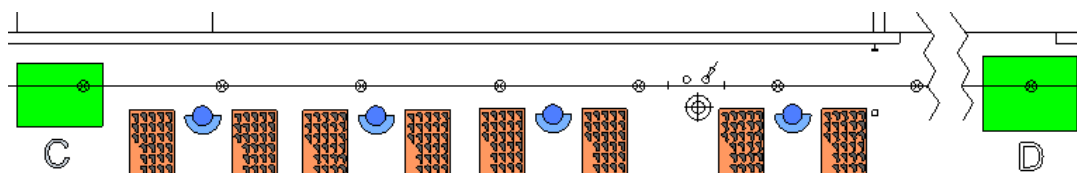
Saker utförs på samma sätt som i 5.1 men här avmaskeras och fettas detaljerna in automatiskt i "D".



Figur 4.31. Arbetssätt 5.2.

Arbetssätt 5.3

Saker utförs på samma sätt som i 5.2 men här maskeras även detaljerna automatiskt i "C".



Figur 4.32. Arbetssätt 5.3.

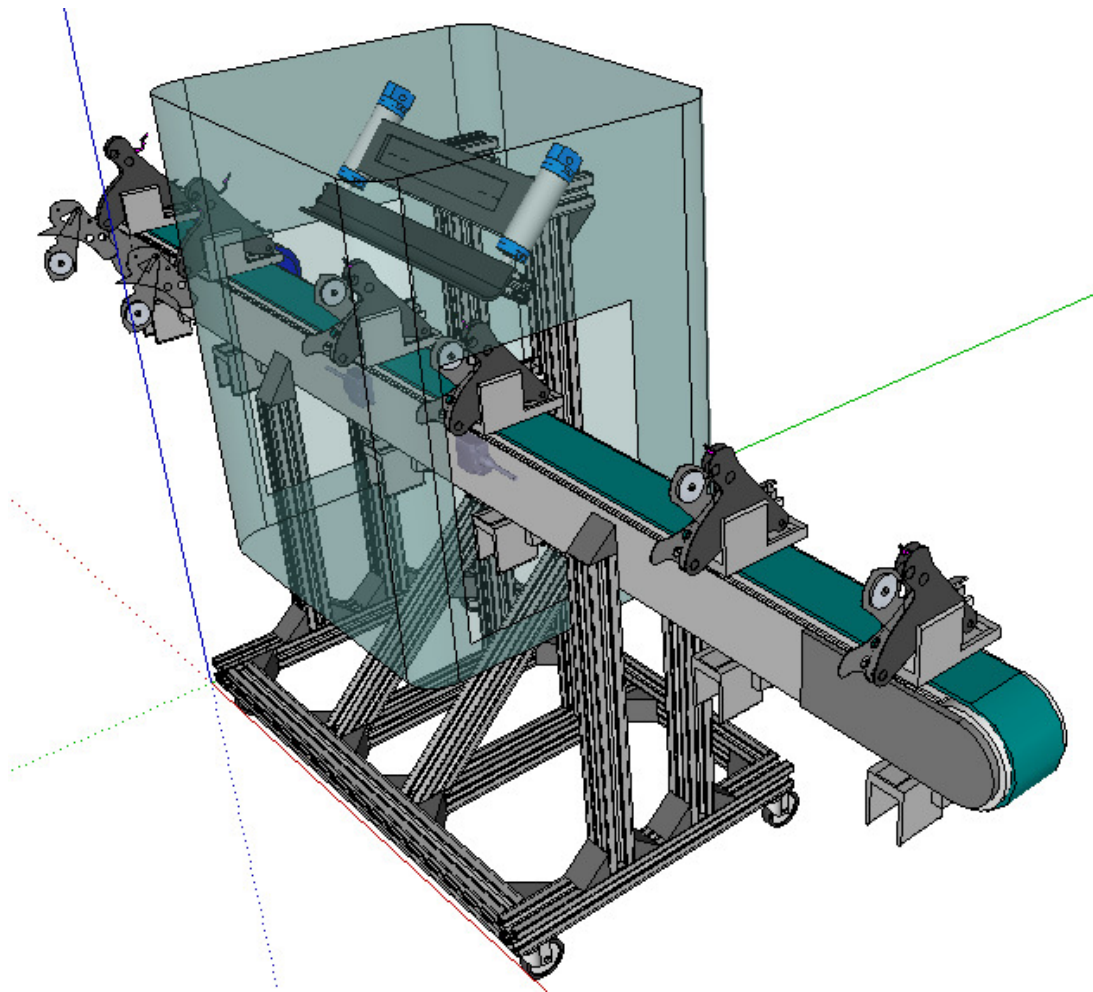
4.6.6 Utrustning A (saxbord)



Figur 4.33. Utrustning A (saxbord).

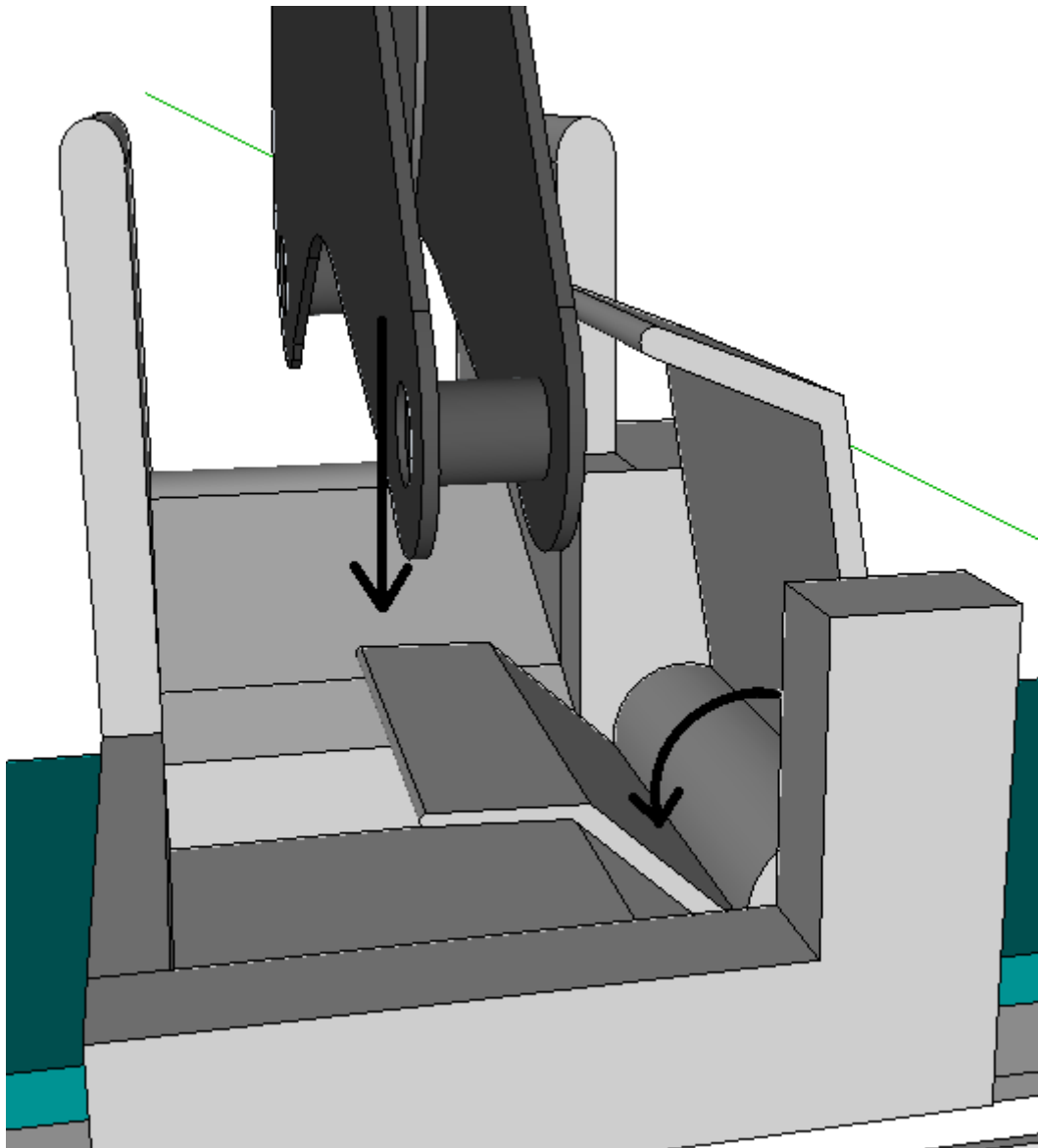
Utrustning A används i samtliga arbetssätt. För att erbjuda god ergonomi används saxbord. Arbetshöjden kan med dessa justeras av operatören till önskad arbetshöjd allt eftersom man arbetar sig längre ned i pallens lager av produkter. Saxborden är utrustade med hjulunderrede för att kunna flyttas då de annars skulle hindra åtkomst. På marknaden finns ett flertal leverantörer av saxbord och det är därför inget som behöver specialbeställas utan kan väljas efter lyftkapacitet och övriga önskemål såsom hjulunderrede i detta fall.

4.6.7 Utrustning B (utfällning)

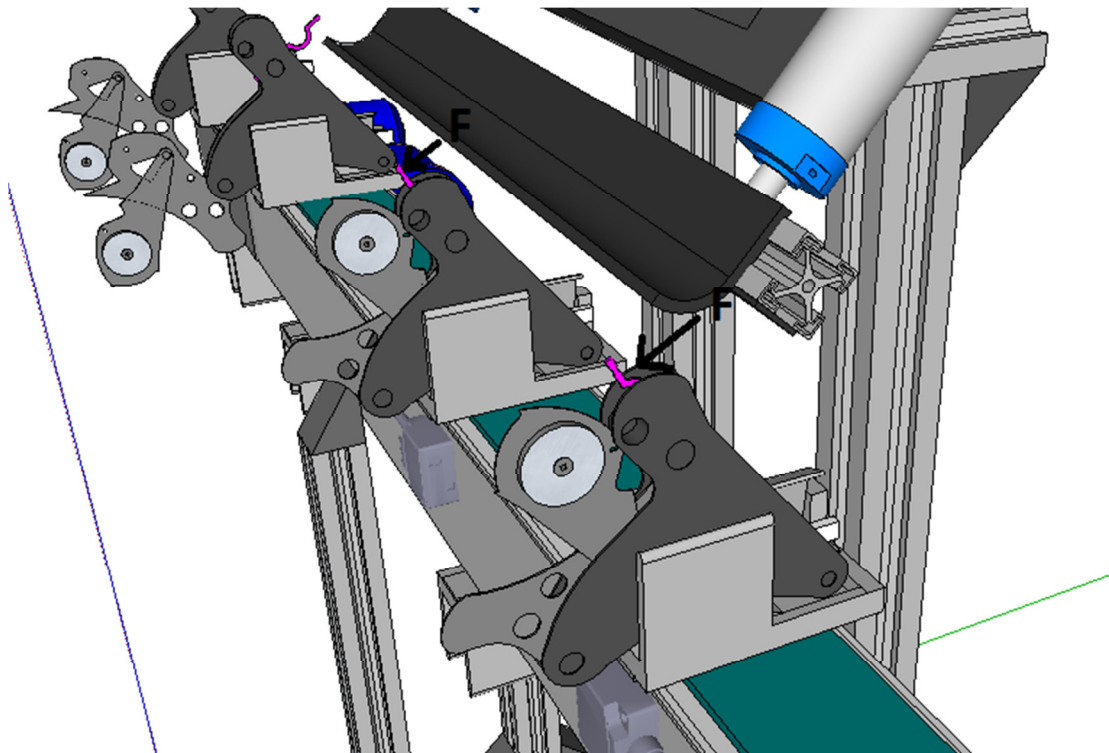


Figur 4.34. Utrustning B.

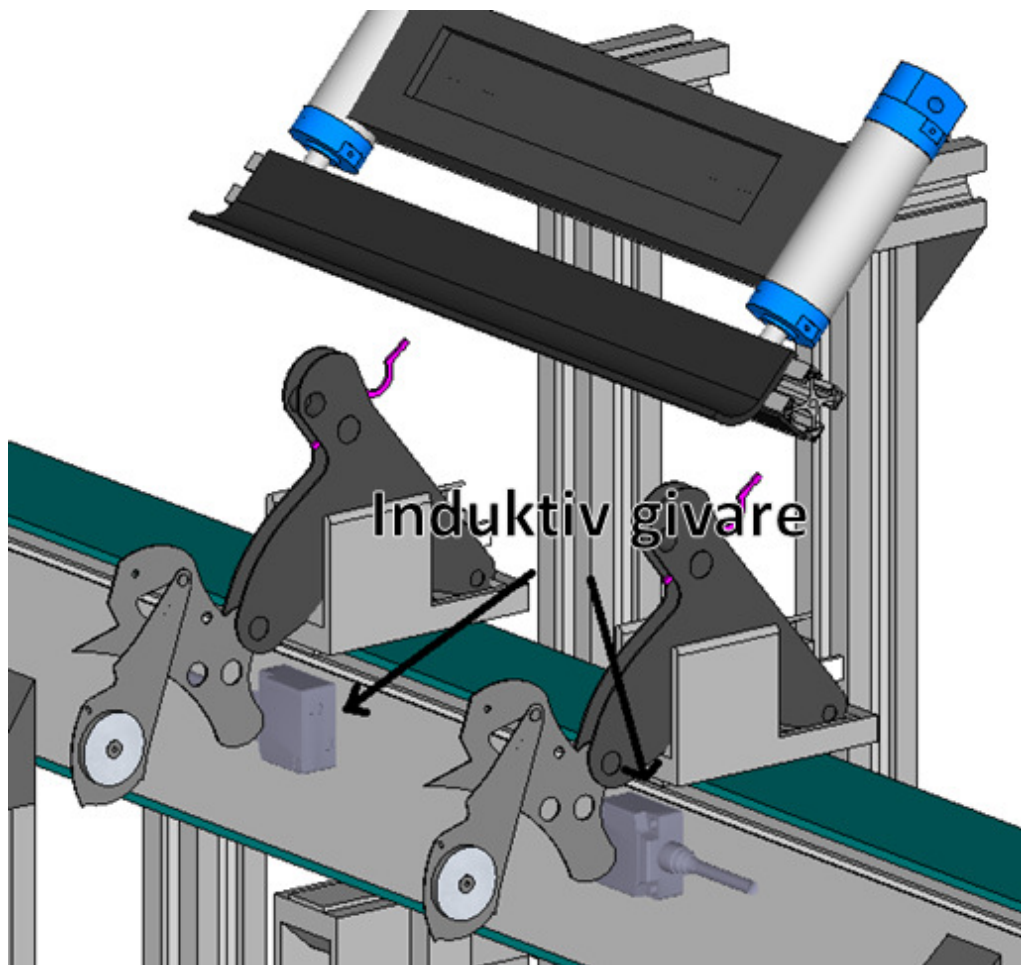
Utrustning B används i arbetssätt 1 och 2. Detaljerna läggs i facken av roboten/operatör beroende på arbetssätt. I facken hålls de fast genom att de trycks ned och då sätts en spärr över nederkanten som visas i figur 4.35. Sedan åker de vidare två och två till utfällningen, där en anordning bestående av två cylindrar fästa till en aluminiumbalk trycker på detaljens hasp så att den kan fällas ut. En elastisk list är fäst på aluminiumbalken som hjälper till att trycka till så att detaljen öppnar sig. För att veta att den verkligen öppnar sig sitter två induktiva givare under facken. Om inte utfällningen lyckas görs ett nytt försök och om det inte lyckas ges larm till operatören. De åker sedan vidare till nästa robot/operatör som trycker ned detaljen så att spärren åker upp innan de hängs upp på conveyern.



Figur 4.35. Spärrmekanik.



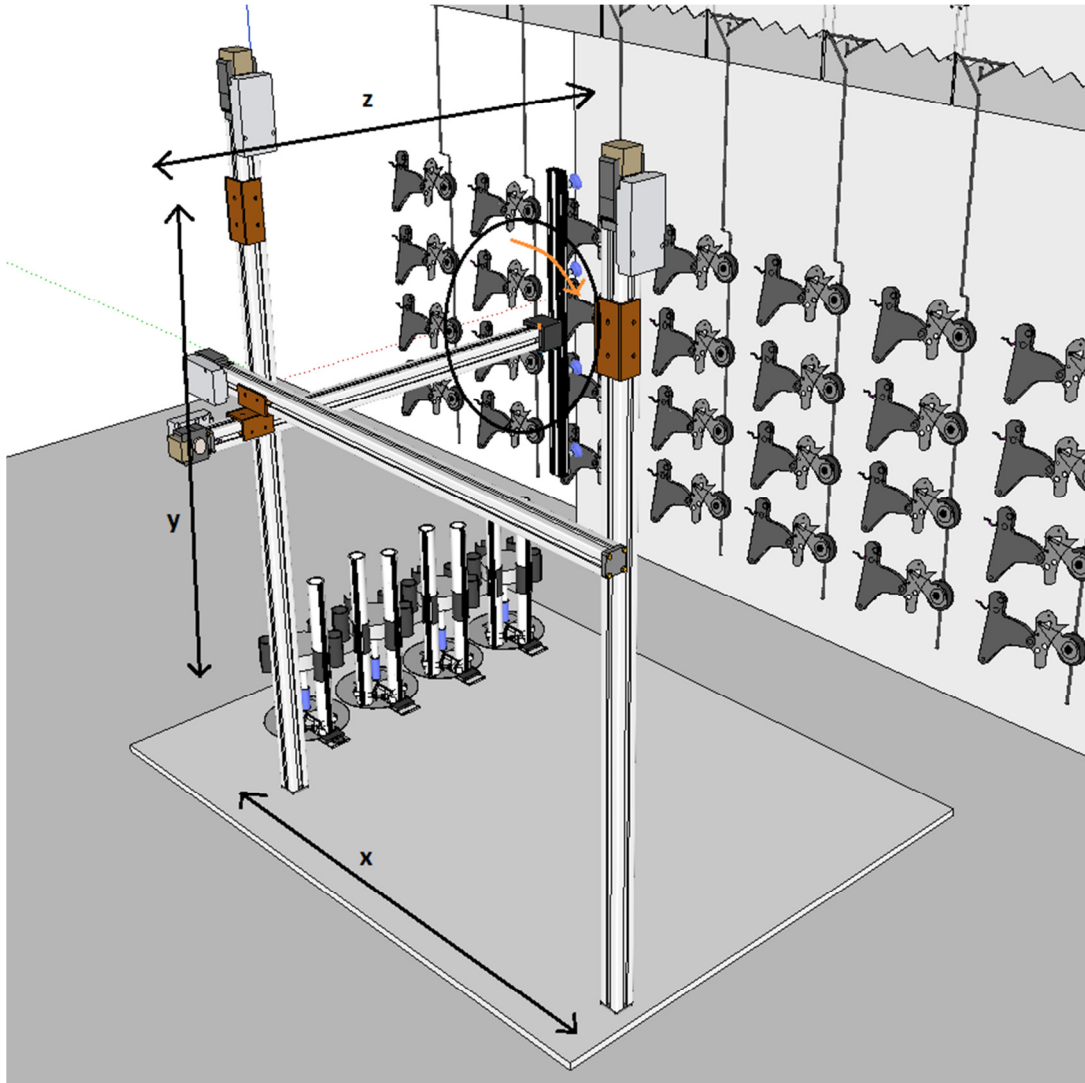
Figur 4.36. Anordning för att öppna rörlig detalj.



Figur 4.37. Induktiva givare.

4.6.8 Utrustning C (maskering)

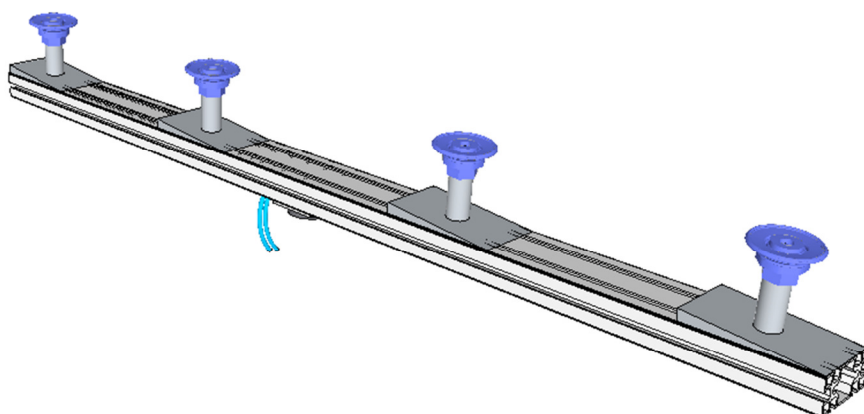
Utrustning C används i arbetssätt 1, 2, 4 och 5.3. Manipulatorsystemet är en portalrobot med kartesiskt koordinatsystem. Utöver tre axlar, X, Y, Z, finns rotation runt X-axeln i två fasta lägen, 0° och 90° . I figur 4.38 visas dessa axlar och vridningen. Ungefärliga längder på axlar är X: 1m, Y: 1,5m, Z: 1m.



Figur 4.38 Utrustning C.

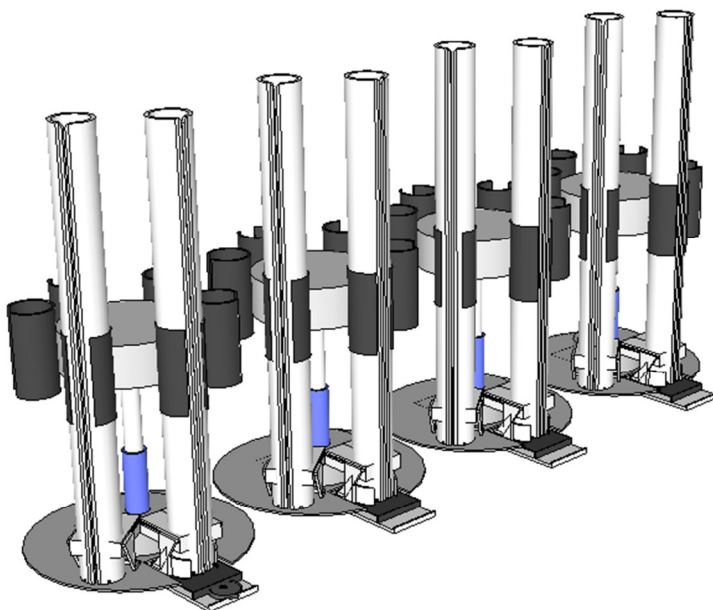
Verktyget till manipulatorsystemet är en lättviktig konstruktion som bär upp fyra vakuumsugkoppar med tillhörande till- och frånluftsslangar, se figur 4.39.

Vakuumsugkopparna har utöver sin vakuumsugförmåga även funktionen att skicka ut en luftström. Detta för att putta av det som greppats av vakuumet och säkerställa att man släpper greppet om objektet.

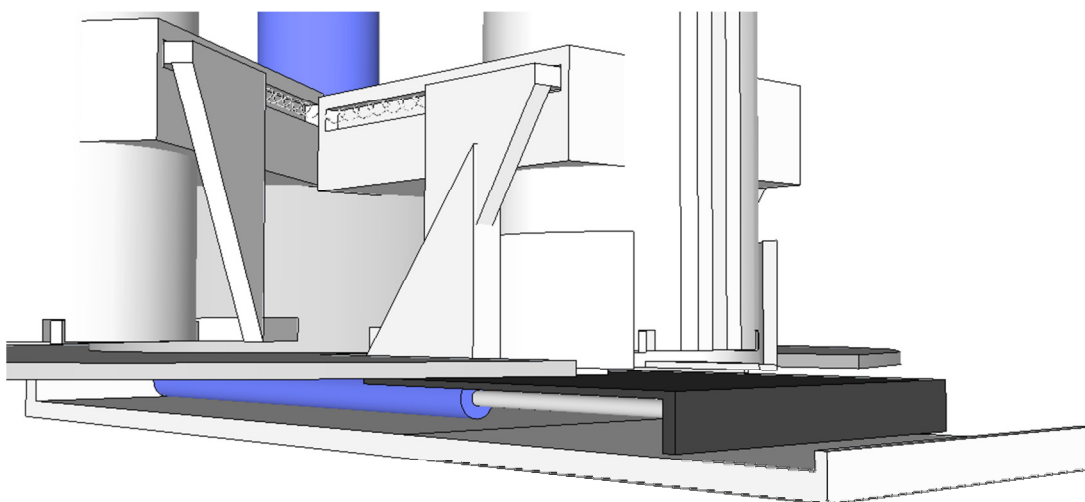


Figur 4.39. Maskeringsverktyg.

Magasinen av maskeringspluppar visas i figur 4.40. Det är fyra automater som är ordnade så att avståndet för robotens hämtningsställe av maskeringar har samma avstånd som det mellan vakuumsugkopporna. Varje automat består av sex platser för rör fyllda med staplade maskeringspluppar. Rören har ett öppet spår som styr maskeringar till rätt vridning då de är asymmetriska. Rören har automatiska lock för botten så att maskeringarna hålls på plats då rören handhas eller sitter i en plats i automaten som inte används. Rör som blir tomma kan bytas ut av truckföraren, som har detta som bisyssla. Röret som används sitter i en fixtur som öppnar locket i botten. Maskeringar puttats sedan ut till robotens hämtningsställe en och en. Detta görs av en cylinder med tillhörande tak på vilket nästkommande maskering tillfälligt vilar då cylindern går ut, se figur 4.41. Då cylindern puttats fram en maskering går den till sitt inre läge och maskeringarna ramlar ner en position. Då ett rör är tomt lyfts alla sex rör via dess hållare som sedan roterar och sänker sig ned igen. Ett nytt, fullt, rör är nu laddat och frammatning kan ske igen.



Figur 4.40. Maskeringsmagasin.



Figur 4.41. Matning av maskering.

I golvet under conveyern finns styrning av galgar som fixerar galgar så att de inte rör sig mer än i tänkt riktning. Hastigheten är synkroniserad med conveyern. Se kapitel 4.6.12.

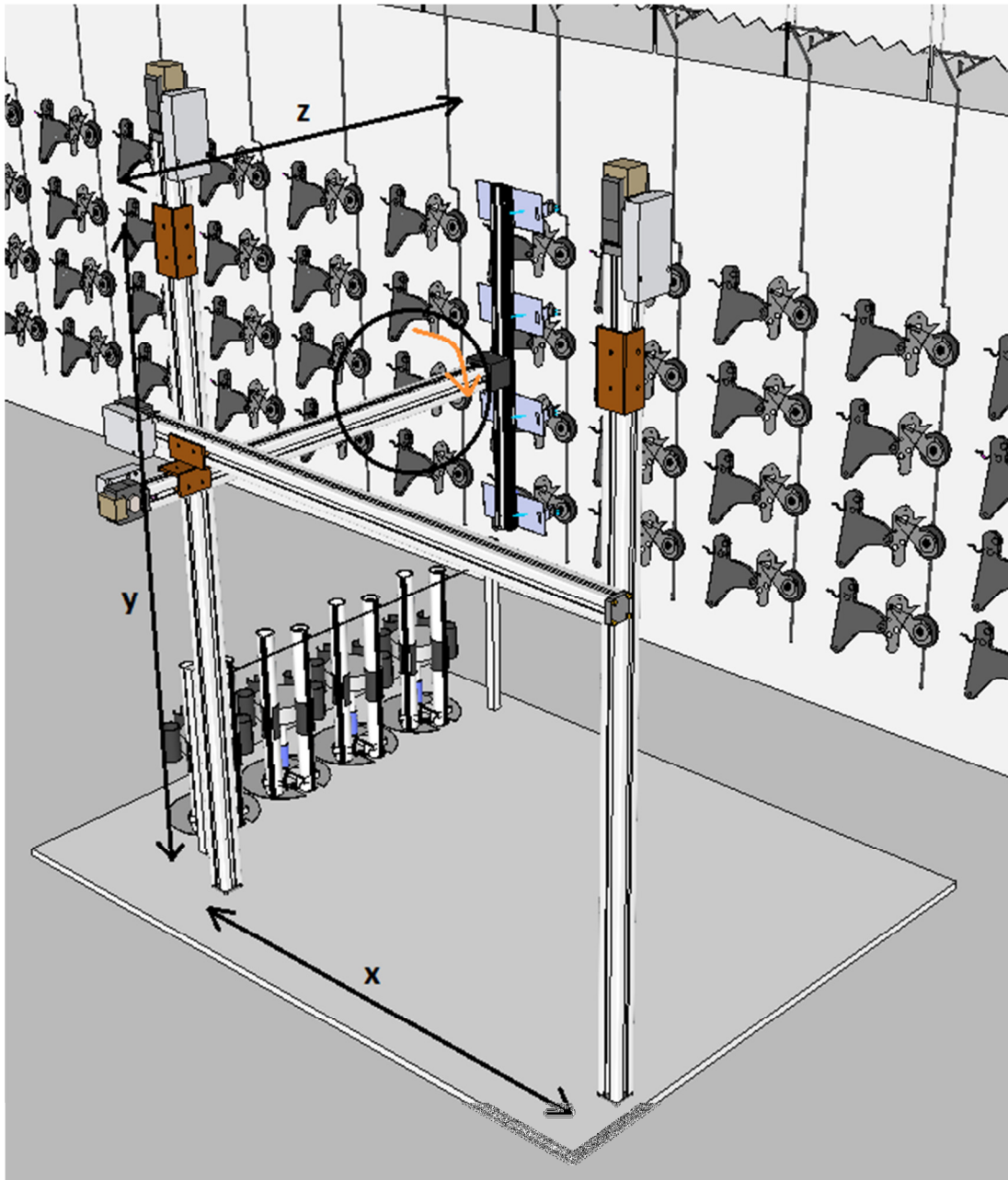
Beroende på om det i vidare undersökningar bedöms att det behövs, ska ett visionsystem kontrollera galgarnas exakta position för när portalroboten ska maskera. Om det blir så, behövs även en extra vridning på portalroboten, runt axel Z. Finns inte denna blir visionsystemet överflödigt då man ändå inte har utrustning som kan anpassa sig.

Utrustning C arbetar enligt följande. Maskeringar hämtas av verktyg vid maskeringsautomaterna som har puttats fram varsin maskeringsplupp. Verktöget vinklas till upprätt läge och rör sig mot en galge laddad med produkter. Hastigheten i X riktning

synkroniseras med conveyerhastigheten och sedan rör sig verktyget i Z riktning så att maskeringar fäster på produkter. Innan verktyg går tillbaka i Z riktning aktiveras en luftström som säkerställer att maskering inte hänger med verktyget.

4.6.9 Utrustning D (avmaskering och infettning)

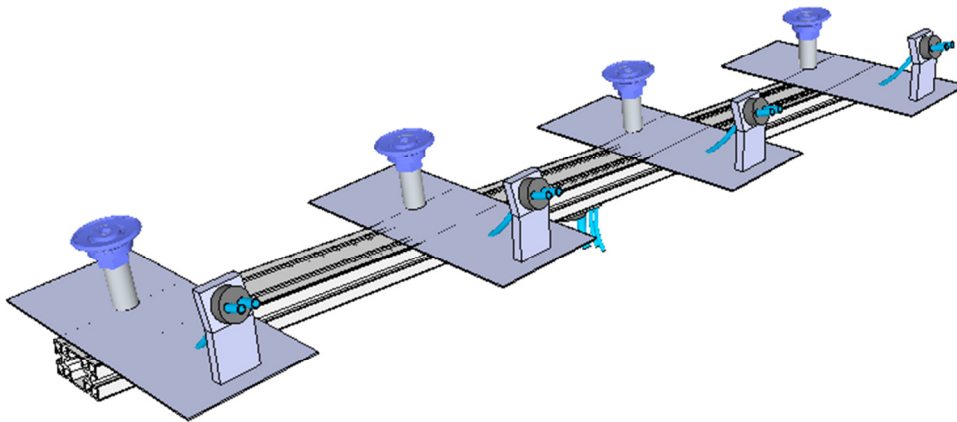
Utrustning D används i alla arbetssätt förutom 5.1. Manipulatorsystemet är en portalrobot med kartesiskt koordinatsystem. Utöver tre axlar, X, Y, Z, finns rotation runt X-axeln i två fasta lägen, 0 och 90. I figur 4.42 visas dessa axlar och vridningen. Ungefärliga längder på axlar är X: 1m, Y: 1,5m, Z: 1m.



Figur 4.42. Utrustning D.

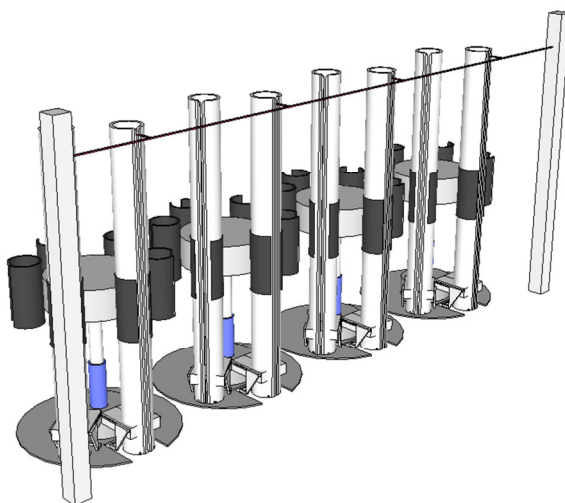
Verktöget till manipulatorsystemet är en lättviktig konstruktion som bär upp fyra vakuumsugkoppar med tillhörande till- och frånluftsslanger. Utöver detta finns två munstycken för matning av smörjfett för varje produkt, se figur 4.43. Vakuumsugkopparna har utöver sin vakuumsugförmåga även funktionen att skicka ut en luftström. Detta för att

putta av det som greppats av vakuumpet och säkerställa att man släpper greppet om objektet. Det behövs två exemplar av detta verktyg, ett med fettning till höger och ett till vänster.

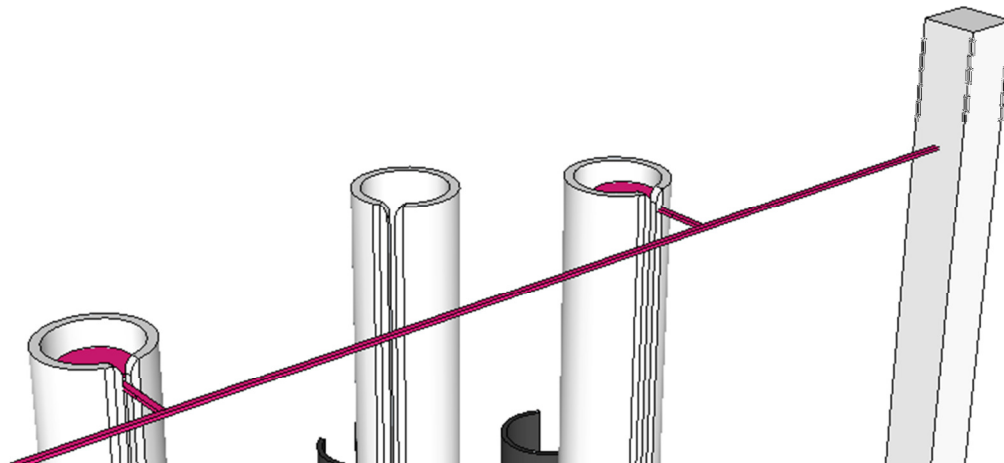


Figur 4.43. Avmaskering- och infettningsverktyg.

Magasinen av maskeringspluppar visas i figur 4.44. Det är fyra automater som är ordnade så att avståndet för robotens lämningsställe av maskeringar har samma avstånd som det mellan vakuumsugkopporna. Varje automat består av sex platser för rör fyllda med staplade maskeringspluppar. Rören har ett öppet spår som styr maskeringarna till rätt vridning då de är asymmetriska. Rören har automatiska lock för botten så att maskeringar hålls på plats då rören handhas eller sitter i automaten. Rör som blir fulla kan bytas ut av truckföraren, som har detta som bisyssla. Röret som används sitter i en fixtur som öppnar locket i botten. I röret som används löper en skena i samma position i höjdlängd för alla fyra magasin, denna åker ned ett steg för varje maskering som roboten lämnar. Skenan ser till att maskeringar rör sig kontrollerat i röret, se figur 4.45. Då ett rör är fullt lyfts alla sex rör via dess hållare som sedan roterar och sänker sig ner igen. Skenan rör sig till toppläget. Ett nytt, fullt, rör är nu laddat och fyllnad kan ske igen.



Figur 4.44. Magasin för maskeringar.



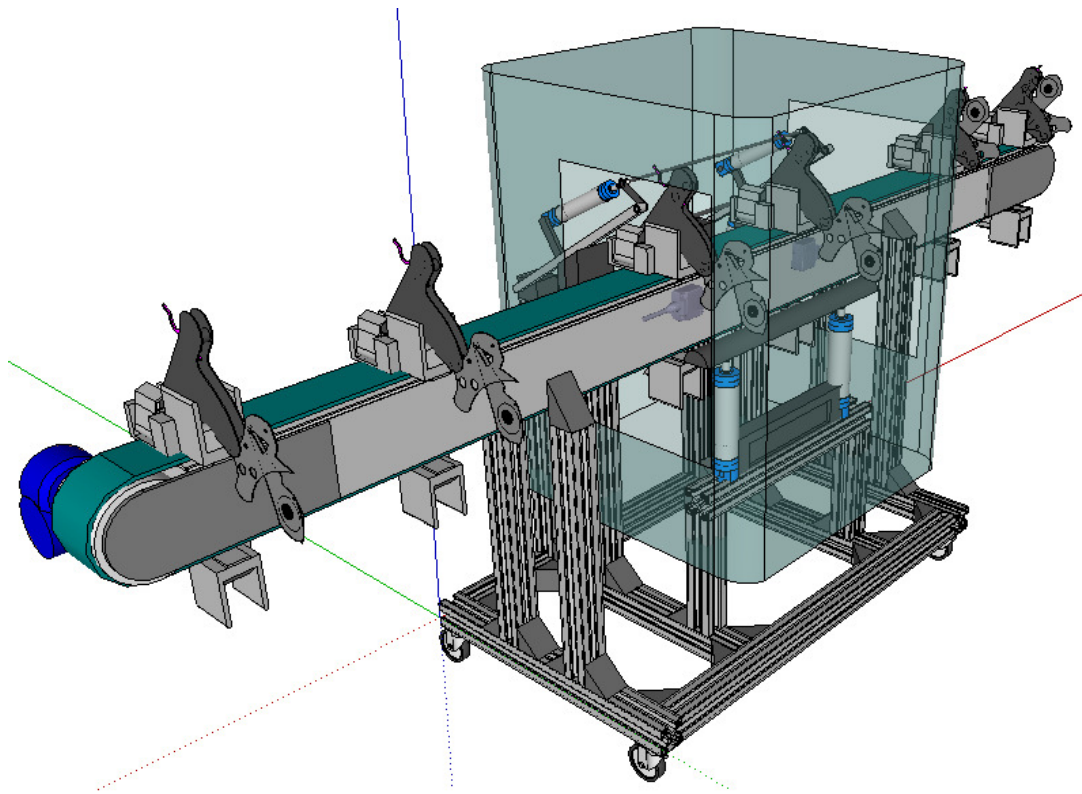
Figur 4.45. Skena i magasin.

I golvet under conveyern finns styrning av galgar som fixerar galgar så att de inte rör sig mer än i tänkt riktning. Hastigheten är synkroniserad med conveyern. Se kapitel 4.6.12.

Beroende på om det i vidare undersökningar bedöms att det behövs, ska ett visionsystem kontrollera galgarnas exakta position för när portalroboten ska avmaskera och fetta. Om det blir så, behövs även en extra vridning på portalroboten, runt axel Z. Finns inte denna blir visionsystemet överflödigt då man ändå inte har utrustning som kan anpassa sig.

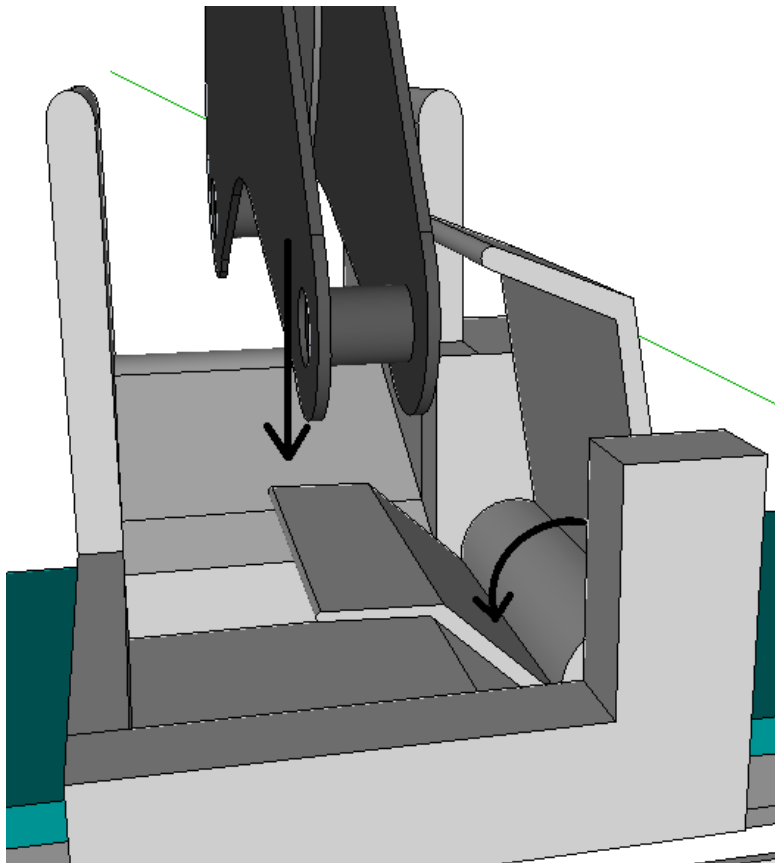
Utrustning D arbetar enligt följande. Maskeringar lämnas av verktyg vid maskeringsautomaterna. Skena åker ned ett steg. Verktöget vinklas till upprätt läge och rör sig mot en galge laddad med produkter. Hastigheten i X riktning synkroniseras med conveyerhastigheten och sedan rör sig verktöget i Z riktning så att maskeringar kan fästa på verktöget, med vakuum. Samtidigt fettas detaljerna in.

4.6.10 Utrustning E (ihopfällning)

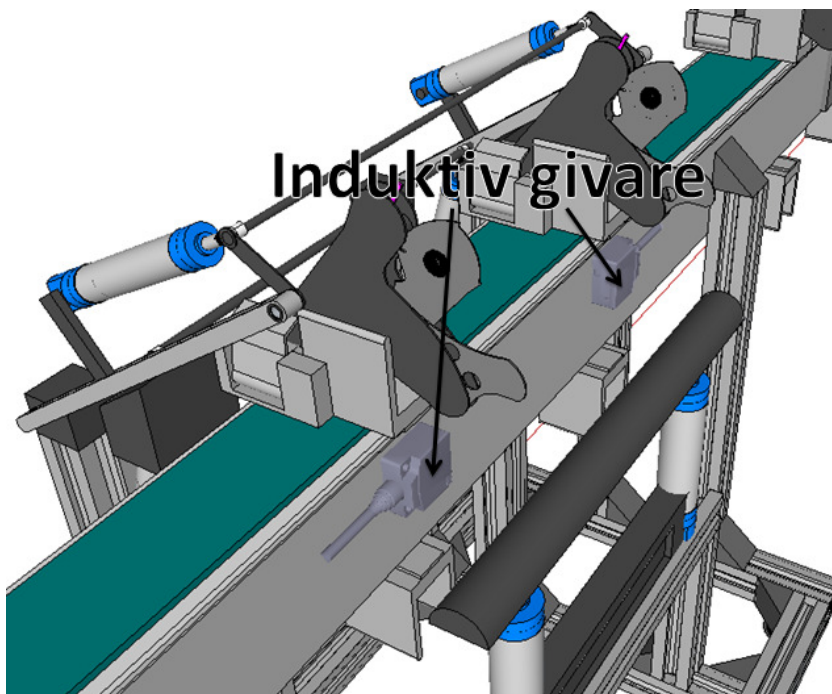


Figur 4.46. Utrustning E.

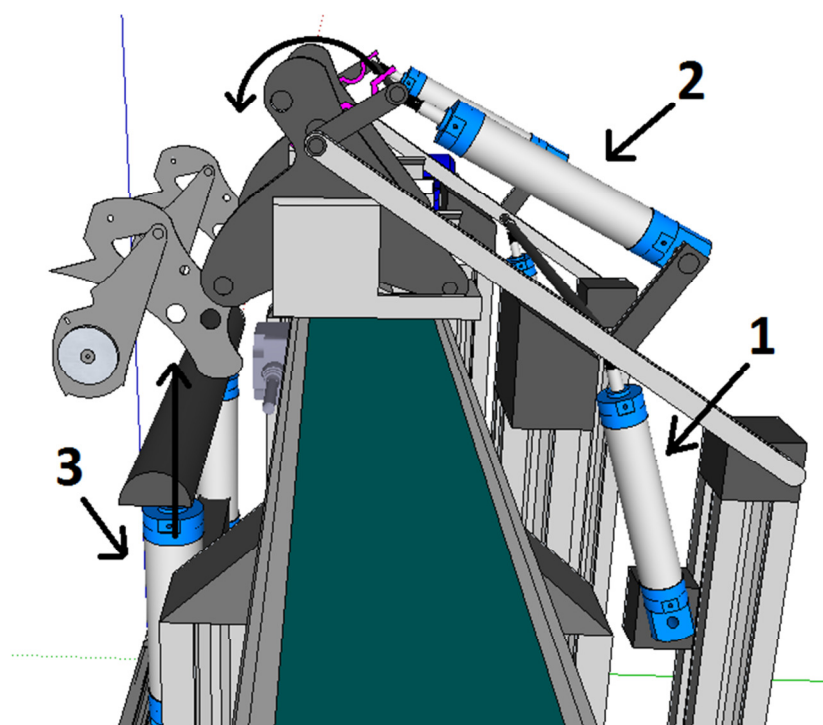
Utrustning B används i arbetssätt 1 och 2. Detaljerna läggs i facken av robot/operatör i utfällt läge. I facken hålls de fast genom att de trycks ned och då sätts en spärr över nederkanten som visat i figur 4.47. Detaljerna åker sedan vidare två och två till ihopfällningen. När de kommer i rätt position åker cylinder 1 in och cylinder 2 kommer i position. Cylinder 2 åker då ut och vrider haspen i 180° så att cylinder 3 kan putta upp den utfällda delen av detaljen och stänga den, se figur 4.49. För att veta att den verkligen stänger sig sitter två induktiva givare under facken, se figur 4.48. Om inte ihopfällningen lyckas görs ett nytt försök och om det inte lyckas ges larm till operatören. Detaljerna åker sedan vidare till nästa robot/operatör som trycker ned detaljen så att spärren åker upp innan de packas i pall.



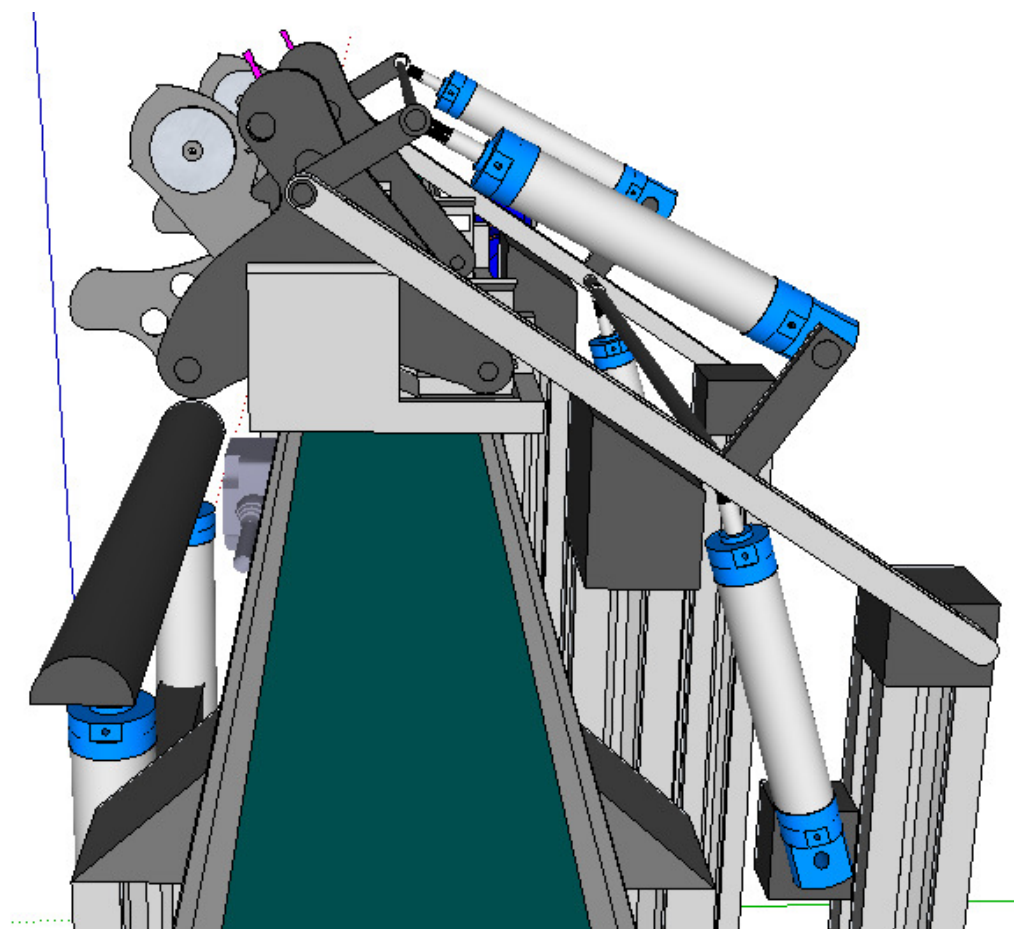
Figur 4.47. Spärrmekanik.



Figur 4.48. Induktiva givare.



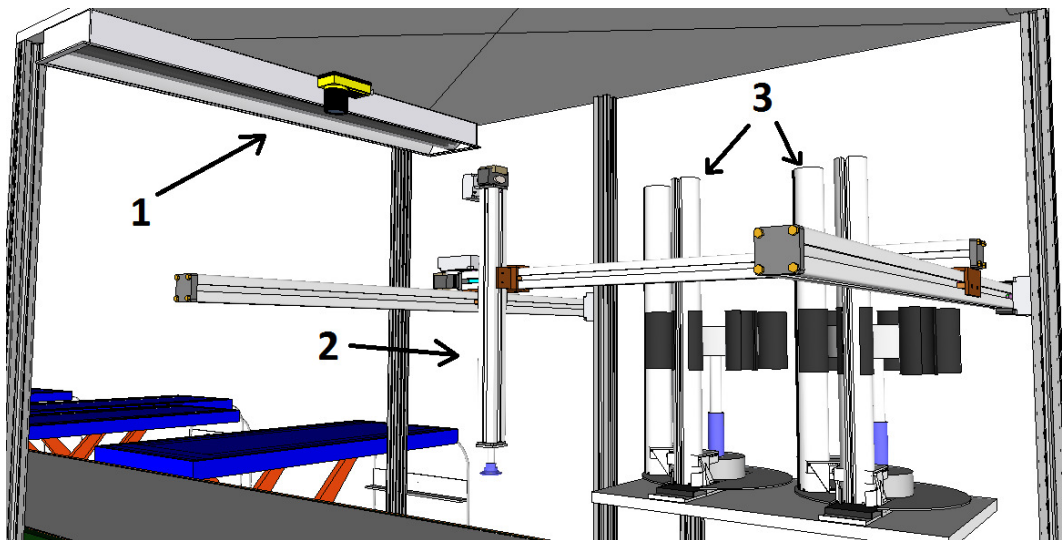
Figur 4.49. Cylinder-rörelser.



Figur 4.50. Detaljer stängda.

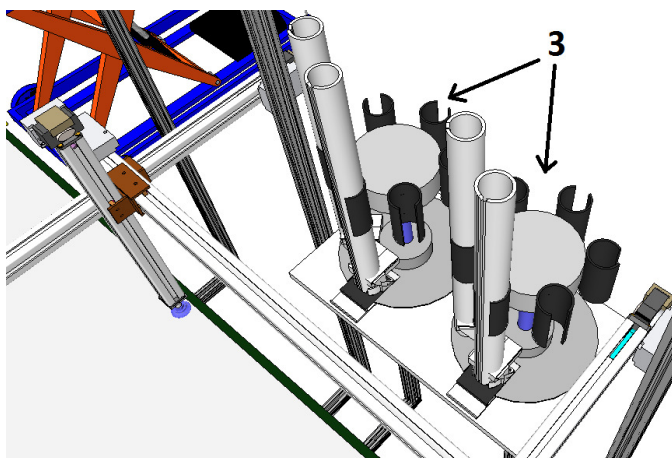
4.6.11 Utrustning F (alternativ maskering)

Utrustning F används i arbetssätt 3. Efter att operatören lagt på detaljen på rullbandet åker den vidare till visionsystemet, 1 i figur 4.51. Där lokaliserar visionsystemet position och vridning på detaljen och meddelar detta till portalroboten, 2. Roboten plockar då upp maskeringen vid 3 med sugkoppen och sätter fast maskeringen på detaljen. Sedan åker detaljen vidare till industriroboten för påhängning. Då maskeringen sätts på synkroniseras robotens rörelse med bandhastigheten.



Figur 4.51. Utrustning F.

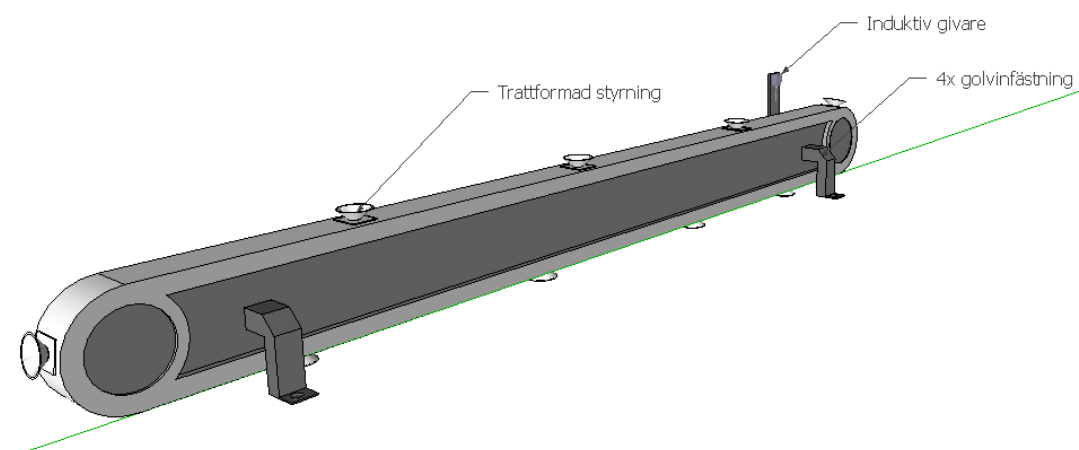
Själva matningen av maskeringspluppar i 3 sker på liknande sätt som i utrustning C. Maskeringen matas fram med hjälp av en cylinder längst ned på maskeringsmagasinet. Portalroboten hämtar vid behov en maskeringsplupp och maskerar detaljen. När ett maskeringsmagasin är slut roterar maskeringsrevolvern, då byter roboten och tar ifrån den andra revolvern. Se kapitel 4.6.8, utrustning C, för mer detaljerad beskrivning av maskeringsmagasinenx.



Figur 4.52. Maskeringsrevolvar.

4.6.12 Utrustning G (styrning av galge)

Denna utrustning används i alla arbetssätt. Styrningen av galgarna sker via ett "rullband" i golvet som är cirka 1 meter långt. Bandets fart är synkroniserad med conveyern så att galgarna precis greppas av styrningarna, men viss avvikelse i galgarnas position tillåts tack vara att styrningen är trattformad. De hålls sedan på plats och vinglar inte när diverse ingrepp sker. Se figur 4.53 nedan.



Figur 4.53. Utrustning G (styrning i golv).

4.7 Tidsstudier

Cykeltiderna är beräknade i denna tidsstudie med hjälp utav simuleringar av de olika momenten och konsultation för de arbetsmoment där det inte är någon mänsklig inblandning. Konsultationen stod robot-programmerare hos företaget SVIA för. I de olika simuleringarna används ett visst antal detaljer och detta klockas genom att simuleringen filmas. För att sedan få ut hur lång tid momentet tar använder vi oss av denna formel:

$$\frac{\text{Total tid}}{\text{Antal detaljer i simulation}} = \text{Cykeltid} \left[\frac{\text{Tid}}{\text{detalj}} \right]$$

Ekvation 4.1

Momentets cykeltid ska vara lika med eller under nuvarande cykeltid annars måste conveyerhastigheten sänkas.

Nuvarande Produktionstakt:

Bandhastighet (fast) = 2,4 m/min

Bandhastighet (rörlig) = 2,2 m/min

Detaljer per meter bana = 12 st

Fast

$$2,4 \frac{m}{min} \times 12 \frac{st}{m} = 28,8 \text{ st/min}$$

Ekvation 4.2

Rörlig

$$2,2 \frac{m}{min} \times 12 \frac{st}{m} = 26,2 \text{ st/min}$$

Ekvation 4.3

Nuvarande Cykeltid:

Fast

$$\frac{1}{28,8 \text{ st/min}} \times 60 = 2,08 \text{ sekunder}$$

Ekvation 4.4

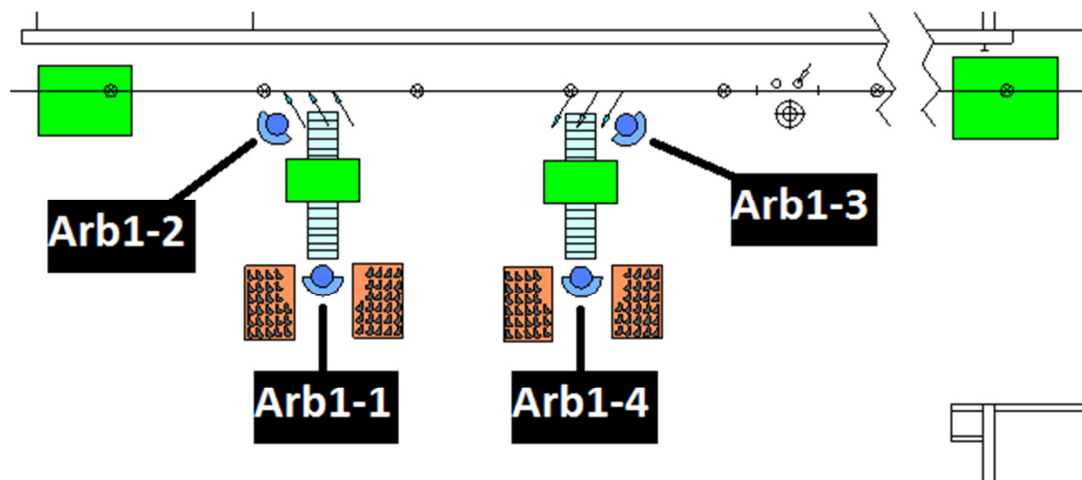
Rörlig

$$\frac{1}{26,4 \text{ st/min}} \times 60 = 2,27 \text{ sekunder}$$

Ekvation 4.5

En cykeltid på 2 sekunder är max kapacitet för denna produktion även om man skulle kunna göra något av de manuella momenten snabbare. Då är det nämligen ugnen som styr. I nedanstående arbetssätt är inte tiden att byta lager i pallen medräknat då denna tid inte är så stor.

4.7.1 Arbetssätt 1



Figur 4.54. Arbetssätt 1 med namn på de olika arbetsmomenten.

Arb1-1

I arbetsmoment Arb1-1 skall arbetare förflytta detaljerna från pall till band för utfällning. Detaljerna laddas två och två i utfällningsmaskinen där de sedan åker vidare till utfällning (de fasta detaljerna åker vidare utan utfällning). När de åker vidare kan det ske en kort ofrivillig paus på grund av väntan på att de "nya" facken ska komma i position. I simuleringen användes 30 detaljer som tog totalt 64,9 sekunder att förflytta.

$$\frac{64,9 \text{ sek}}{30 \text{ detaljer}} = 2,163 \text{ sek/detalj}$$

Ekvation 4.6

Arb1-2

När detaljen kommit fram till momentet Arb1-2 (den rörliga har också fällts ut) flyttas detaljen från bandet och hängs fast på galgen.

I simuleringen användes 14 detaljer som tog totalt 56 sekunder att hänga upp.

$$\frac{56 \text{ sek}}{14 \text{ detaljer}} = 4 \text{ sek/detalj}$$

Ekvation 4.7

Det ska noteras att till och med denna tid var det svårt att hinna med och en sänkning av conveyerhastigheten är att beakta.

Arb1-3

Detaljerna åker runt längs conveyern där de målas, hårdas och avmaskeras för att sedan i detta moment hängas av och laddas två och två i ihopfällnings-maskinen. Även i detta moment kan det ske en ofrivillig paus när de ”nya” facken ska komma i position.

I simuleringen användes 30 detaljer som tog totalt 107,1 sekunder att förflytta.

$$\frac{107,1 \text{ sek}}{30 \text{ detaljer}} = 3,57 \text{ sek/detalj}$$

Ekvation 4.8

När denna simulering gjordes togs även maskeringen av vilket inte ska ingå i momentet men detta kan tänkas representera den lilla extra tid den ofrivilliga pausen tar. Det var också i detta moment svårt att hinna med denna tid och en sänkning av conveyerhastigheten är att beakta.

Arb1-4

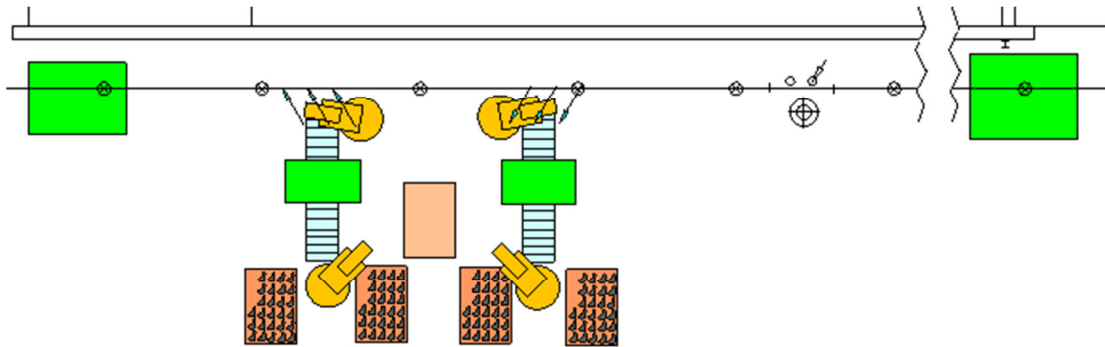
Det sista som sker i detta arbetssätt är att detaljerna förflyttas från facken där de sitter två och två och läggs i en pall. Även i detta moment kan det ske en ofrivillig paus när de ”nya” facken ska komma i position. I simuleringen användes 30 detaljer som tog totalt 74 sekunder att packa ned.

$$\frac{74 \text{ sek}}{30 \text{ detaljer}} = 2,467 \text{ sek/detalj}$$

Ekvation 4.9

Om man ska behålla dagens produktionstakt med arbetssätt 1 behövs dubbelt så många skift som idag. Detta på grund av moment arb1-2 som nästan har dubbelt så lång cykeltid som nuvarande produktion.

4.7.2 Arbetssätt 2



Figur 4.55. Arbetssätt 2

I detta koncept ingår inga operatörer därför har inga simuleringar gjorts på arbetssättets olika moment.

Konsultation med robot-programmerare på SVIA i Jönköping har gett oss en föraning om att en cykeltid på två sekunder (nuvarande cykeltid) troligtvis inte är möjlig med robotar enligt arbetssätt 2. Men med en helautomatisk lösning går det att ta bort rasterna och få nio produktions timmar per dag istället för åtta som i dagsläget. Detta går att genomföra på grund av att det endast behövs en truckförare som ansvarar för pallbyte och övervakning. Många mindre raster är då möjliga, då man har buffertplatser på rullbanorna för pallar i kombination med ett ”smart automationssystem”. Det vill säga det klarar sig själv vid mindre fel, genom att till exempel stanna, försöka igen eller larma. Med detta resonemang får man en ny cykeltid på:

Produktionstimmar per dag = 9 timmar = 540 minuter

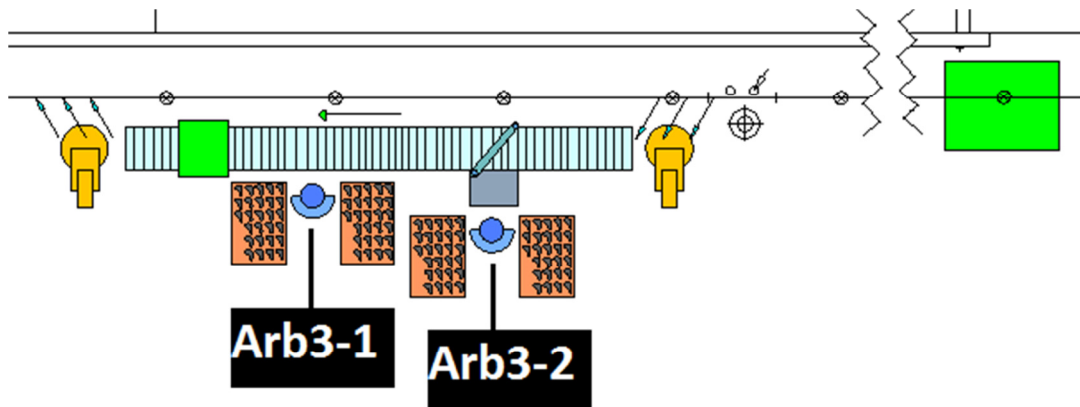
Producerade detaljer per skift (enligt produktionstekniker) = 11325 st

$$\frac{540 \text{ minuter}}{11325 \text{ st/skift}} \times 60 = 2,86 \text{ sekunder/detalj}$$

Ekvation 4.10

Enligt SVIAs rekommendationer är 2,86 en för snäv cykeltid för en robot och något i stil med fyra sekunder mer realistiskt. Man skulle bli tvungen att köra dubbla skift även för denna lösning om det ska bli realistiskt genomförbart.

4.7.3 Arbetssätt 3



Figur 4.56. Arbetssätt 3 med namn på de olika momenten.

Arb3-1

I detta moment flyttas detaljerna från pall och läggs rätt vända på bandet där de sedan åker vidare till maskering och upphängning. I simuleringen användes 30 detaljer som tog totalt 127 sekunder att förflytta.

$$\frac{127 \text{ sek}}{30 \text{ detaljer}} = 4,233 \text{ sek/detalj}$$

Ekvation 4.11

I denna simulering var det inte optimal arbetshöjd vilket det är i konceptet, detta gör att man kan vinna lite tid och ett litet bättre resultat.

Arb3-2

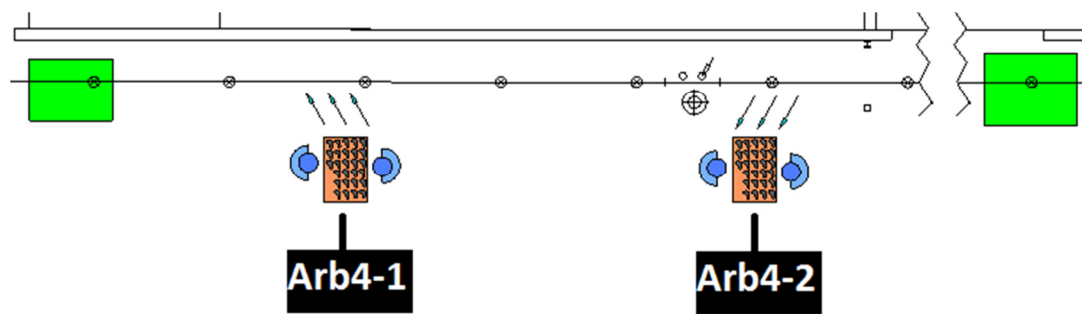
Efter att detaljen gått igenom lackeringsprocessen och blivit avmaskerad kommer den fram till det sista momentet, där detaljen flyttas ifrån bandet och packas ned i pall. I simuleringen användes 30 detaljer som tog totalt 97 sekunder att förflytta.

$$\frac{97 \text{ sek}}{30 \text{ detaljer}} = 3,233 \text{ sek/detalj}$$

Ekvation 4.12

Om man ska behålla dagens produktionstakt med arbetssätt 3 behövs dubbelt så många skift som idag. Detta på grund av moment arb3-1 som nästan har dubbelt så lång cykeltid som nuvarande produktion.

4.7.4 Arbetssätt 4



Figur 4.57. Arbetssätt 4 med namn på de olika momenten.

Arb4-1

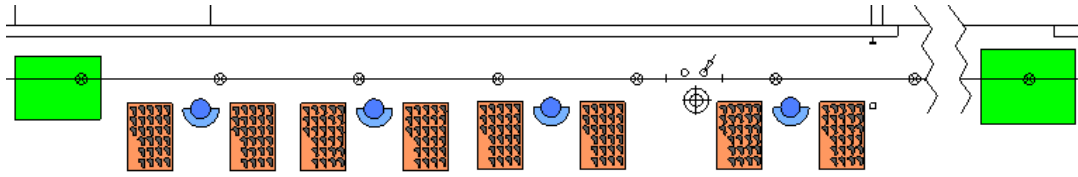
Likadant som detaljerna hanteras i nuvarande produktion. Cykeltiden blir i detta fall då densamma, 2,27 sek/detalj.

Arb4-2

Samma gäller för detta moment och cykeltiden blir därför 2,27 sek/detalj. I båda dessa moment användes cykeltiden för den rörliga detaljen då den tar längst tid att hantera.

Cykeltiden kan behållas, den blir densamma eftersom alla manuella moment behålls från nuvarande arbetssätt.

Arbetssätt 5.3



Figur 4.60. Arbetssätt 5.3.

I denna variant av arbetssätt 5.1 är maskering, avmaskering och infettning automatiserad. I simuleringen användes 3 detaljer som tog totalt 28 sekunder att utföra alla moment på.

$$\frac{28 \text{ sek}}{3 \text{ detaljer}} = 9,33 \text{ sek/detalj}$$

Ekvation 4.15

I alla varianter av arbetssätt 5 behövs avsevärt fler skift för att kunna uppehålla nuvarande produktionstakt.

4.8 Ekonomiska Beräkningar

Eftersom detta är en förstudie är grova ekonomiska beräkningar tillräckliga. Dessa har genomförts med payback-metoden utifrån data från LaRay. Utrustning A tas inte med i beräkningarna då kostnaderna för denna är liten i sammanhanget. Ett saxbord skulle kosta cirka 20 000 SEK enligt Edmolift. Den ekonomiska uppskattningen av kostnaden för de olika arbetssätten är gjord av automationsföretaget SVIA. Hela arbetssätt 1, 2 och 3 kunde de dock inte uppskatta eftersom det fanns komponenter med i lösningen som de inte tillverkar, utrustning C och D, utrustningen för på- och avmaskering samt infettning. Det enda de kunde säga var att för 1 647 360 (maximal kostnad enligt payback-metoden för ersättning av två operatörer under tre års tid) skulle det bli svårt att leverera dessa, se ekvation 4.17. Utrustningen ingår även i arbetssätt 4, då enbart dessa. Därför bör man ha i åtanke när denna ekonomiska beräkning läses, att den är väldigt grov och bara för att visa om det är ekonomiskt hållbart att satsa på någon av arbetssätten, inte hur mycket som kan tjänas in. Mail från SVIA kan ses nedan i figur 4.61.

- Arbetssätt 1: Kan vi inte lämna pris på i och med att vi inte tillverkar dessa komponenter.
- Arbetssätt 2: Här har vi valt att lämna pris på följande system:
 - 1 st Pallet picker med dubbla sensorer som plockar från två pallar.
 - 4st robot med erforderliga tillbehör såsom robotpodest och gripdon
 - Maskinskydd och säkerhetslösning med dörrar
 - 2 st Bana med vikning av rörlig del
 - Installation och drifttagning
 - Ungefärligt pris 5.000.000SEK
- Arbetssätt 3: Här har vi valt att lämna pris på följande system:
 - 1st Pickvision med visiontorn
 - 2st robot med erforderliga tillbehör såsom podest och gripdon
 - Maskinskydd och säkerhetslösning
 - Installation och drifttagning
 - Ungefärligt pris: 2.200.000SEK
- Arbetssätt 4: Kan vi inte lämna pris på i och med att vi inte tillverkar dessa komponenter.

Enheterna som maskerar finns inte med i någon av prisuppskattningarna ovan.

Figur 4.61. Mail ifrån SVIA

Bakgrundsdata

Antal operatörer (nuvarande)	6 st
Personalkostnad	220 kr/h
Arbetstimmar per dygn	8 h
Produktionsdagar i veckan	3 dagar
Payback-tid	3 år
Grov kalkylerad kostnad för arbetssätt 2 (utan utrustning C/D)	5 000 000 kr
Grov kalkylerad kostnad för arbetssätt 3 (utan utrustning D)	2 200 000 kr

Kostnad per operatör och år

$$220 \text{ kr/h} * 8 \text{ h} * 3 \text{ dagar} * 52 \text{ veckor} = 274\,560 \text{ kr}/(\text{operatör} * \text{år})$$

Ekvation 4.16

Maximal kostnad för utrustning C och D enligt payback-metoden

$$274\,560 \text{ kr}/(\text{operatör} * \text{år}) * 2 \text{ operatörer} * 3 \text{ år} = 1\,647\,360 \text{ kr}$$

Ekvation 4.17

4.8.1 Payback-tid för arbetssätt 1

I arbetssätt 1 ersätts två operatörer av automation men man blir tvungen att köra dubbelt så många skift på grund av en långsammare cykeltid. Det egentliga antalet ersatta operatörer blir då minus två, det vill säga, 2 fler operatörer behövs.

Resonemanget ovan ger att en payback-tid inte går att få fram. Man får inget inbetalningsöverskott då detta arbetssätt är dyrare än nuvarande.

4.8.2 Payback-tid för arbetssätt 2

I arbetssätt 2 ersätts alla sex operatörer av automation:

$$5\,000\,000 + 1\,647\,360 = 6\,647\,360$$

Ekvation 4.18

I ekvation 4.18 ovan är 5 000 000 den av SVIA uppskattade kostnaden för arbetssätt 2, utan utrustning C och D. Kostnad för utrustning C och D bedöms till 1 647 360 då de utrustningarna ersätter vardera en operatör, se ekvation 4.17.

$$\frac{6\,647\,360 \text{ kr}}{274\,560 \text{ kr}/\text{operatör} * 6 \text{ operatör}} = 4,04 \text{ år}$$

Ekvation 4.19

Ekvation 4.19 ger en payback-tid på över 3 år, 4,04 år.

4.8.3 Payback-tid för arbetssätt 3

I arbetssätt 3 ersätts fyra operatörer av automation men man blir tvungen att köra dubbelt så många skift på grund av en långsammare cykeltid. Det egentliga antalet ersatta operatörer blir då två. I ekvation 4.20 nedan är 2 200 000 den av SVIA uppskattade kostnaden för arbetssätt 3, utan utrustning D. Kostnad för utrustning D bedöms till halva kostnaden för både C och D, se ekvation 4.17.

$$2\,200\,000 + (1\,647\,360 / 2) = 3\,023\,680$$

Ekvation 4.20

$$\frac{3\,023\,680\text{ kr}}{274\,560\text{ kr/operatör} * 2\text{ operatör}} = 5,51\text{ år}$$

Ekvation 4.21

Ekvation 4.21 ger en payback-tid på över 3 år, 5,51 år.

4.8.4 Payback-tid för arbetssätt 4

I arbetssätt 4 ersätts två operatörer av automation:

Som nämnts ovan bedömde SVIA det som svårt att leverera utrustning till C och D för detta belopp. Ekvation 4.17 och resonemanget ovan ger en payback-tid på över 3 år.

Nedan sammanfattas payback-tiden för de olika arbetssätten

Arbetssätt 1	-
Arbetssätt 2	4,04 år
Arbetssätt 3	5,51 år
Arbetssätt 4	>3 år

5 DISKUSSION

Till skillnad från föregående kapitel där resultat objektivt redovisades, kommer i detta kapitel vår åsikt om resultatet, ur olika vinklar.

5.1 Bortval av arbetssätt 5

Varför arbetssätt 5 inte togs med i den ekonomiska beräkningen och utvärderingsmatriserna var för att det redan i tidsstudien framkom att arbetssättet överskred med väldigt mycket den nuvarande cykeltiden. "Behåll cykeltiden" var ett önskemål och inte ett krav så detta borde egentligen inte vara ett problem. Att ett arbetssätt överskrider den nuvarande cykeltiden lite är inga problem, men arbetssätt 5 överskred med så mycket att det inte skulle vara ekonomiskt hållbart, då man skulle behöva jobba 3-skift och då inte kunna arbeta på andra produkter under den tiden. Den nuvarande cykeltiden som är på 2.27s för den rörliga detaljen är mer än tre gånger så kort som cykeltiden för arbetssätt 5, vilken är 9.33 (arbetssätt 5.3). Fast det bara var fyra istället för sex operatörer per skift, hade det blivit som om man hade haft tolv stycken anställda. Detta hade resulterat i en avsevärt dyrare produktion och därför är arbetssätt 5 ett helt ekonomiskt ohållbart arbetssätt.

5.2 Alternativ till Maskering

Resonemanget nedan är motiveringen till att vi valt att inte söka vidare djupt efter alternativ till maskering, för att undvika färg på oönskade områden på produkten.

I dagsläget skall det i optimala fall inte ske någon färgborttagning på de olika produkterna utan en maskering ser till att färg inte hamnar där den ska. Man skulle dock kunna tänka sig att man först lackerar detaljen och sedan tar bort färg på oönskat ställe och då inte använder maskering. Problem uppstår i så fall, då det skulle komma in färg i själva mekanismen och detta skulle leda till att produkten riskerar att inte kunna utföra sin funktion. Där skulle det vara väldigt svårt att ta bort färg och man blir tvungen att kassera produkten eller lägga ner onödigt mycket resurser. Maskering som används i dagsläget är då ekonomiskt överlägset.

Bortser man från den nämnda problematiken med att färg kommer in i mekanismen, stöter man snabbt på andra hinder för färgborttagning. Färgborttagning kan ske kemiskt med lösningsmedel, mekaniskt med slipande verkan från vattenbearbetning eller slipskiva, eller med värme från exempelvis laserteknik. Vissa av dessa alternativ är lätta att styra till enbart ett förvalt område, där färg ska avlägsnas, vattenbearbetning och laserteknik. Använder man vattenbearbetning kommer vatten in i mekanismen och riskerar att stöta bort den smörjande oljan. Väljer man laserteknik och därmed värme, riskerar plasten i produkten att få förändrade egenskaper, i värsta fall formfel, på grund av den höga temperaturen.

5.3 Utvärderingsmatriser

För att kunna utvärdera de olika arbetssätten användes två stycken utvärderingsmatriser, Pughmatris och Kesselringmatris. Genom att använda dessa kan man få sig en uppfattning om hur bra de olika arbetssätten är generellt. De båda matriserna koncentrerar sig nämligen inte på de olika små delarna i arbetssätten utan binder ihop dem till ett helhetsresultat. För att mäta detta värdesätts arbetssätten hur väl de uppfyller de krav och önskemål som är uppsatta i kravspecifikationen. Pughmatrisen vilken är den som först redovisas fokuserar på att mäta de framtagna arbetssätten mot det befintliga arbetssättet, genom att värdera om de uppfyller kraven och önskemålen bättre eller sämre än befintligt arbetssätt. Kesselringmatrisen mäter också hur bra kraven och önskemålen uppfylls men här sätts ett poäng från en skala från ett till fem. Meningen med Kesselringmatrisen är att se hur bra de olika arbetssätten når upp till ett påhittat idealt arbetssätt och för att på ett bättre sätt än Pughmatrisen kunna mäta dem mot varandra.

5.3.1 Pughmatris

För att utvärdera de återstående fyra arbetssätten på ett bra sätt har vi valt att använda oss av en Pughmatris. Nedan är de olika arbetssätten viktade mot nuvarande arbetssätt, ”+” om det är bättre än idag ”-” om det är sämre och ”S” om det är samma. Viktningen av de olika kriterierna är framtagna från kravspecifikationen. Alla krav är 5 på viktningsskalan och önskemålen är från 1-4. Om ett arbetssätt får ett ”+” på ett kriterium adderas detta på ”Viktad summa +”, detsamma gäller motsvarande för ”-”. I ”Total” subtraheras ”Viktad summa -” från ”Viktad summa +”. Detta för få en uppfattning om hur bra ett visst arbetssätt är. Längst ned som ses i figur 5.1, är en rangordning för att tydliggöra ännu mer.

Önskemålen ”Hantera olika produkter med varierande vikt och utseende” samt ”Undvika färg på oönskade ställen på olika produkter” får 1 i viktning för att det endast fokuseras på en produkt i detta arbete och produktflexibilitet för koncepten kommer i andra hand. För ”Kontroll av färg på oönskat ställe m.h.a. automation” är viktningen satt till 2 då dagens manuella kontroll fungerar bra. ”Ej öka antal produkter i lager” viktas 1 eftersom detta inte har någon stor inverkan på själva automationen. 4 viktas ”bibehåll cykeltid” till, för att beroende på om cykeltiden ändras tar tillverkningen av produkten upp mer tid, blir det till exempel dubbelt så lång cykeltid, måste man lackera produkten dubbelt så många skift för att få samma mängd färdiga produkter. Att önskemålet ”Ergonomi” viktas till 3 är för att automationen i sig inte blir bättre då ergonomin blir bättre, men de manuella momenten blir.

Pughmatris						
Förklaring						
Bättre	+					
Samma	S					
Sämre	-					
Kriterium	Viktning	Nuvarande Arbetsätt (Referens)	Arbetsätt 1	Arbetsätt 2	Arbetsätt 3	Arbetsätt 4
Hantera detalj (pall-conveyer)	5	S	+	+	+	S
Fixera detalj så att lackering kommer åt	5	S	S	-	-	S
Hindra färg på oönskade ställen	5	S	S	S	S	S
Applicera smörjfett	5	S	S	S	S	S
Hantera detalj (conveyer-pall)	5	S	+	+	+	S
Ge plats åt fortsatt manuellt arbete intill cell	5	S	S	-	-	S
Maximal payback 3 år	5	S	-	-	-	-
Hantera olika produkter med varierande vikt & utseende	1	S	S	S	+	S
Undvika färg på oönskade ställen på olika produkter	1	S	-	-	S	-
Kontroll av färg på önskat ställe m.h.a. automation	2	S	S	+	S	S
Ej öka antal produkter i lager	1	S	S	S	S	S
Bibehåll cykeltid	4	S	-	-	-	S
Ergonomi	3	S	+	+	+	+
Summa +			3	4	4	1
Summa -			3	5	4	2
Summa S			7	4	5	10
Viktad summa +			13	15	14	3
Viktad summa -			10	20	19	6
Total			3	-5	-5	-3
Rangordning			1	3	3	2

Figur 5.1. Pughmatris.

I denna matris framgår det att arbetsätt 1 är det bästa sättet och det enda som får positivt resultat. De andra ligger på knappt minus, där arbetsätt 4 är närmast noll.

5.3.2 Kesselringmatris

En Kesselringmatris används för att se hur bra olika koncept är i förhållande till varandra och hur bra de är om man jämför med en påhittad ideal lösning. De olika kriterierna som ställs på lösningen är viktade efter kravspecifikationen. Kraven är viktade till 5 och önskemålen från 1 till 4. Önskemålen har samma viktning som för Pughmatrisen. De olika arbetsätten tilldelas en viss poäng beroende på hur bra de klarar kriteriet, denna skala går från 1 till 5. I denna skala för utvärdering av de olika arbetsätten är till exempel 1 ”underkänt” och 4 ”överträffar ställd förväntan”, som kan ses nedan i figur 5.2. Raderna längst ned i grått är det samlade resultatet, där ”Total” är hur många poäng totalt ett arbetsätt fått. Under denna rad finns ”% av ideal” som är precis som det står, hur många procent som det framtagna arbetsättet uppfyller det ideala arbetsättet. I den svarta raden längst ned rangordnas de olika arbetsätten beroende hur många poäng de fått.

Kesselringmatris												
Kriterium	Förklaring	1	Viktning	Ideal	Arbetsätt 1		Arbetsätt 2		Arbetsätt 3		Arbetsätt 4	
	Underkänt											
	Knappt godkänt											
	Godkänt											
	Överträffar ställd förväntan											
Inget övrigt att önska	5											
Hantera detalj (pall-conveyer)		5	25	4	20	5	25	4	20	3	15	
Fixera detalj så att lackering kommer åt		5	25	3	15	2	10	2	10	3	15	
Hindra färg på oönskade ställen		5	25	3	15	3	15	3	15	3	15	
Applicera smörjfett		5	25	3	15	3	15	3	15	3	15	
Hantera detalj (conveyer-pall)		5	25	4	20	5	25	4	20	3	15	
Ge plats åt fortsatt manuellt arbete intill cell		5	25	4	20	2	10	2	10	5	25	
Maximal payback 3 år		5	25	1	5	1	5	1	5	2	10	
Hantera olika produkter med varierande vikt & utseende		1	5	2	2	2	2	3	3	2	2	
Undvika färg på oönskade ställen på olika produkter		1	5	2	2	2	2	3	3	2	2	
Kontroll av färg på önskat ställe m.h.a. automation		2	10	3	6	4	8	3	6	3	6	
Ej öka antal produkter i lager		1	5	3	3	3	3	3	3	3	3	
Bibehåll cykeltid		4	20	1	4	1	4	1	4	3	12	
Ergonomi		3	15	4	12	5	15	4	12	3	9	
Total			235		139		139		126		144	
% av ideal			100%		59%		59%		54%		61%	
Rangordning					2		2		4		1	

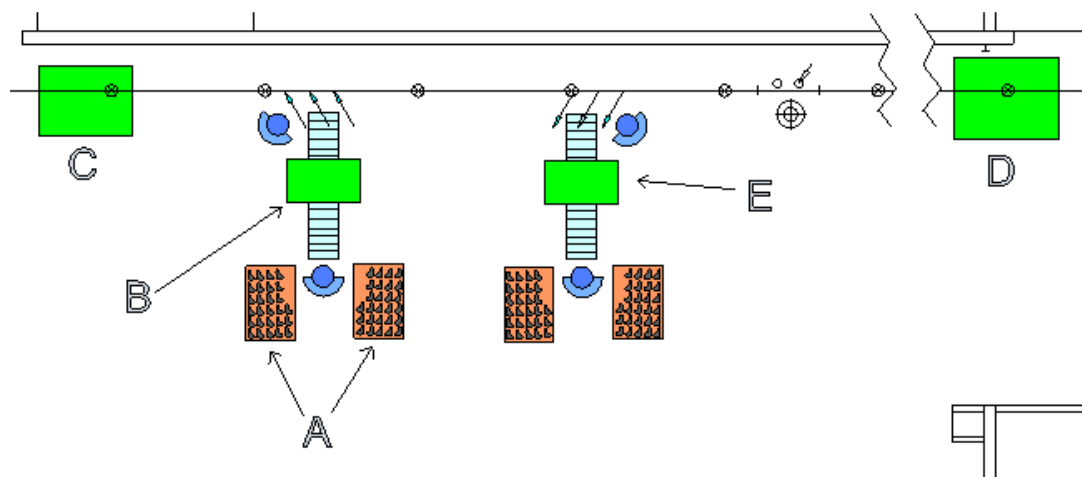
Figur 5.2. Kesselringmatris.

Av denna matris framgår att inget av de olika arbetssätten är helt idealt bra eller väldigt dåligt. Alla ligger på en jämn nivå men arbetsätt 4 är det som får bäst resultat.

5.4 Arbetssätten

I det här delkapitlet kommer de olika arbetssätten diskuterats. För- och nackdelar kommer att tas upp ur olika aspekter, tekniskt, cykeltid, ekonomiskt och generellt. Även vad som händer vid haveri av någon av dellösningarna, samt hur bra arbetet med andra produkter kan fortgå om inte arbetssättet ingår i produktionen alls. Alltså hur bra det går att arbeta vid sidan av arbetssättet eller om dellösningarna går att flytta bort. Arbetssättets cykeltid kommer att diskuterats då detta är av stor vikt för den ekonomiska aspekten. Efter detta kapitel i kapitel sex kommer det arbetssätt som vi rekommenderar att redovisas och varför. Den ekonomiska aspekten tas upp men ur en kritisk synvinkel då data för dessa beräkningar inte varit fullständiga och grova uppskattningar har varit tvungna att göras. De ovanstående aspekterna kommer att diskuterats samt vad som är specifikt för ett visst arbetssätt.

5.4.1 Arbetssätt 1



Figur 5.3. Arbetssätt 1.

Teknik

Om någon av de olika dellösningarna skulle gå sönder kan man kalla in två operatörer till och återgå till nuvarande arbetssätt, under tiden reparationer sker. B och E skall vara möjliga att flytta undan vid behov. C och D ska kunna kopplas ur och produktionen ska kunna fortgå utan dessa, med en extra operatör som gör fränkopplat moment istället. Om A går sönder går det att göra som man gör idag och stapla pallarna på andra pallar. Detta gör att detta arbetssätt inte blir sårbart för haveri vilket är en bra säkerhet att ha.

Cykeltid

Det moment som hade högst cykeltid var "Arb1-2" (se figur 4.54), förflyttning från band till coneyer. Därför måste man använda detta moment vid beräkning av cykeltiden. Denna var på

4 sekunder och därför behövs dubbla skift för detta arbetssätt. Att ha dubbelt så många skift är inte fördelaktigt på något sätt, det blir större kostnad för produktionen då anställda måste betalas under en längre tid och den extra tiden som tas upp kunde användas för andra produkter.

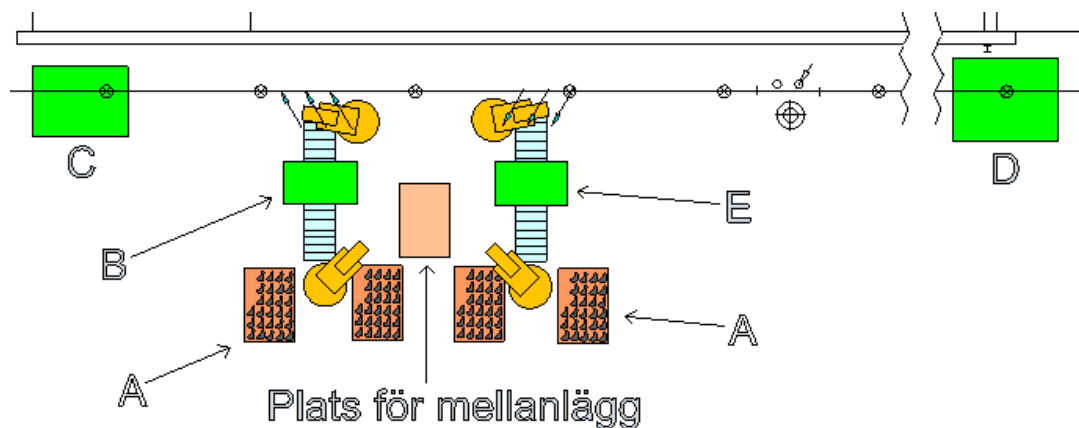
Ekonomi

I kapitel 4.8.1 framgår att man aldrig kommer att få ekonomisk vinning gentemot nuvarande arbetssätt. Investeringen kommer aldrig att betala sig själv.

Generellt

Detta arbetssätt framstår bättre än vad det är av matriserna, om man lägger ihop resultat från båda får detta arbetssätt det bästa resultatet delat med arbetssätt 4. Detta eftersom att cykeltiden bara vagt tas i beaktning i matriserna. Men om man bortser från det så är den ergonomiskt väldigt bra då många icke ergonomiska moment automatiseras eller förbättras där de inte automatiseras. Det är lätt att flytta allt när annan produkt ska bearbetas vilket är riktigt bra.

5.4.2 Arbetssätt 2



Figur 5.4. Arbetssätt 2.

Teknik

Även fast detta arbetssätt tar mycket plats och inte går att göra särskilt mobilt kan man ändå jobba vid sidan om det eftersom conveyern är väldigt lång från ugnen till där detta arbetssätt är tänkt att placeras. Industrirobotarna går bra att använda till andra produkter. B och E kan med smarta lösningar användas för andra produkter med. Om det blir stopp på någon del eller

hela arbetssättet kan den/de delarna repareras under tiden extra operatörer tar över arbetet vid sidan av lösningarna, detta går eftersom conveyern är lång som nämnts tidigare.

Cykeltid

I tidsstudiekapitlet 4.7 nämns att man med en helt automatiserad produktion inte behöver ta raster. Detta resulterar i en effektiv arbetstid på 9 timmar i stället för 8. Dock måste man köra dubbla skift för detta arbetssätt då 2.86 sekunder/detalj är en för snäv tid för en robot som behöver ungefär 4 sekunder/detalj. Detta medför som i arbetssätt 1 att detta tar upp tid där man kunde bearbeta andra produkter. Anställda behöver också betalas under en längre tid men då handlar det inte om lika mycket pengar som i arbetssätt 1 eftersom det bara behövs en truckförare för att hålla igång produktionen, per skift.

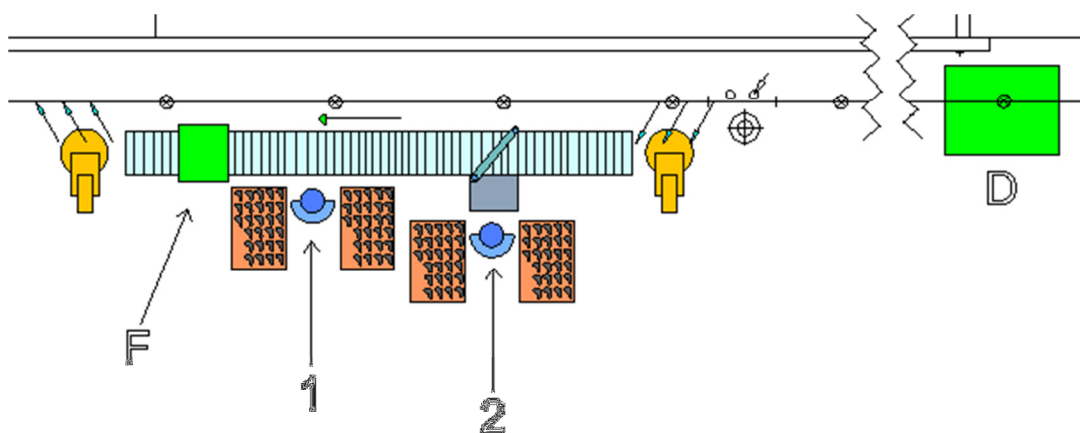
Ekonomi

Som nämnt för tidigare arbetssätt är dessa ekonomiska beräkningar väldigt grova. Men man kan klart se på dessa oprecisa beräkningar att payback-tiden kommer överstiga 3 år, detta med ganska mycket. Man får ha i åtanke att det är den dyraste investeringen av alla arbetssätt men själva produktionskostnaden per produkt är den lägsta, då driftkostnaderna kommer att vara lägre än lönekostnader för andra arbetssätt.

Generellt

Detta arbetssätt är det som ändrar produktionen mest, i och med detta får man tänka på att detta arbetssätt påverkar företaget mest.

5.4.3 Arbetssätt 3



Figur 5.5. Arbetssätt 3.

Teknik

Det är tänkt att så mycket som möjligt av lösningarna i detta arbetssätt ska vara mobila (utom "D"). Detta är inte den enklaste saken att lösa men med smarta lösningar kan det gå. I fall det inte går kan arbete där inte lösningarna används ske vid sidan. Detta arbetssätt är det med störst potential till att vara produktflexibel. Detta för att automationen inte är rörelsebestämd och i grunden flexibel.

Cykeltid

Den längsta cykeltiden för ett manuellt delmoment var 4,233 sekunder vilket stämmer rätt bra med en robots snabbaste cykeltid för de moment de är tänkta för i detta arbetssätt. Detta gör att som för de tidigare arbetssätten måste detta arbetssätt köras under dubbelt så många skift som nuvarande arbetssätt och får som de tidigare arbetssätten samma negativa konsekvenser.

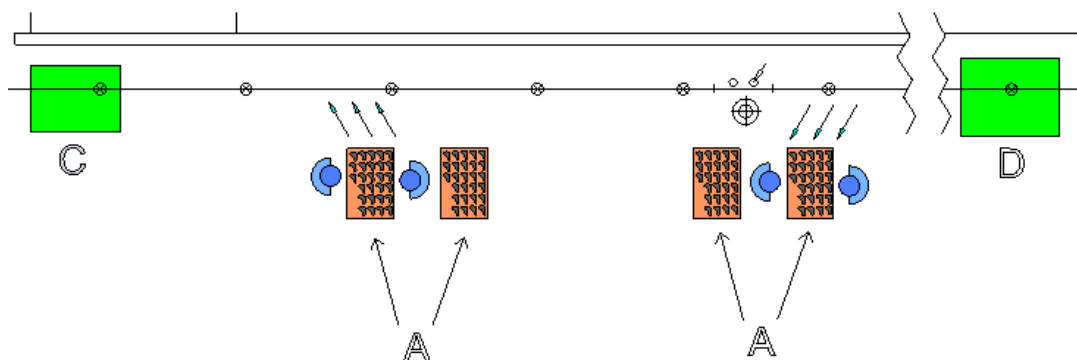
Ekonomi

Vad gäller ekonomin har denna längst payback-tid, 5,5 år cirka. Detta är inte bra på något sätt då det är nästan dubbla av vad som eftersträvas.

Generellt

Detta arbetssätt har fått sämst resultat i utvärderingsmatriserna. Trots sin dåliga placering är inte resultatet så mycket sämre än de andra arbetssätten vilket gör att man inte kan gå på matrisernas resultat för mycket. Om någon annan hade utvärderat arbetssätten med matriserna kanske resultatet hade sett annorlunda ut.

5.4.4 Arbetssätt 4



Figur 5.6. Arbetssätt4.

Teknik

Detta är det arbetssätt som liknar dagens arbetssätt mest. Allt går att enkelt koppla ur produktionen, produkterna kan bara åka förbi "C" och "D". "A" går enkelt att flytta på. Om någon av dellösningarna skulle gå sönder är det bara att återgå till det nuvarande arbetssättet, vilket kan göras enkelt och smidigt.

Cykeltid

Detta var det enda arbetssättet som kunde hålla den nuvarande cykeltiden vilket är väldigt bra. Det är nämligen inte av/påhängning och av/påmaskering som är det som bestämmer cykeltiden i dagens produktion utan ugnarna.

Ekonomi

Detta är den billigaste investeringen av alla arbetssätt vilket gör att om produktionen av produkterna vi har jobbat med går ur produktion blir inte förlusten av en sådan här satsning lika ekonomiskt stor. Med de grova beräkningarna fick denna en payback-tid på drygt 3 år vilket är ok men helst hade man sett en under 3 år.

Generellt

Det som är bra med denna är att den är väldigt lik nuvarande arbetssätt vilket gör att den kommer bli lätt att implementera i produktionen. Den har också goda möjligheter för påbyggnad, man kan till exempel börja med denna och sedan gå vidare med att bygga någon av de andra arbetssätten. Då blir inte investeringen lika stor och ny bättre teknik kan ha kommit ut på marknaden som förbättrar ytterligare.

6 SLUTSATS

I en lackeringsprocess finns det ingen standardlösning för denna typ av automationsproblem, bland annat eftersom processen är så varierande. De flesta lackeringsföretag har precis som LaRay manuell hantering vid dessa delmoment i dagsläget. Därför har det varit svårt att hitta liknade tidigare lösningar. Men utan allt för mycket stöd från tidigare lösningar kom vi fram till fyra stycken förslag på möjliga automationslösningar, vissa med mer automation och vissa med mindre. Därför anser vi att detta problem inte är olösbart på något sätt, tvärt om. Det har bara inte gjorts så mycket arbete inom detta område. Inget av dessa fyra arbetssätt klarade payback-tiden, en var dock väldigt nära. Med en längre payback-tid skulle valmöjligheterna bli fler. I nästa kapitel, 6.1 rekommenderas en av dessa fyra lösningar och vilket som är nästa steg i projektet. Sedan är det upp till uppdragsgivaren LaRay om denna lösning ska appliceras och i så fall kan detta arbete vara grunden till slutresultatet.

6.1 Rekommendationer och fortsatt arbete

Det som vi rekommenderar efter att ha utvärderat alla arbetssätt är arbetssätt 4, se kapitel 4.6.4 samt 5.4.1. Eftersom det är det arbetssätt med minst nackdelar och många fördelar. Den största fördelen är att det är det enda arbetssättet som ligger mycket nära payback-tiden på tre år. Bara detta gör att det är väldigt bra, vilket inte framgår lika tydligt av matriserna. Det är mycket tack vare att man kan behålla cykeltiden, vilken är näst intill den optimala för processen (om man inte byter ugn), som ekonomin blir fördelaktig. Att kunna behålla cykeltiden är arbetssätt 4 också ensam om vilket ger den ett stort plus. Att de manuella momenten är mer ergonomiska är bra, men då är de andra arbetssätten bättre. Utrustning C och D kommer bara kunna vara användbara för vissa produkter, men utrustning A kommer att kunna användas för alla produkter som kommer på pall. Detta gör arbetssättet flexibelt, även om det inte är automationsutrustningen som bidrar till det. För att återkoppla till frågeställningen, med arbetssätt 4 har följande manuella moment inom nuvarande produktion tekniska och ekonomiska förutsättningar för att automatiseras:

- maskering
- avmaskering
- infettning.

Att arbeta helt utan någon hjälp ifrån utrustning som ingår i arbetssätt 4 fungerar alldeles utmärkt och går smidigare än för de andra arbetssätten. En fördel som nämns i diskussionen men som inte var med i matriserna är att det går att bygga på detta arbetssätt med automation efter hand och kan vid ett senare tillfälle göras om till valfritt av de andra arbetssätten. Allt detta visas i matriserna där detta arbetssätt fått delat bäst resultat med arbetssätt 1.

För LaRays del rekommenderas att fatta beslutet angående om nuvarande arbetssätt ska modifieras, antingen enligt något av de presenterade arbetssätten eller på annat sätt, eller inte

alls. Vill man modifiera är nästa steg att kontakta ett antal konsultföretag inom automationsbranschen för att kunna ta in offerter. De presenterade arbetssätten och detta arbete i sin helhet, kan med fördel presenteras även för dessa företag, som med sitt kunnande kan använda detta för att lösa problematiken. I och med detta arbete är de inledande stegen i utvecklingen av en lösning klara och efterföljande steg, där konsultföretagen kommer in i bilden, är detaljkonstruktion med bland annat val av komponenter och programmering av styrsystem. Det rekommenderas av oss att LaRay begär att all utrustning som beställs provkörs hos leverantören för att minimera inkörsproblem i möjligaste mån.

REFERENSER

Bolmsjö, G B. (2006) *Industriell robotteknik*.
Upplaga 3. Lund: Studentlitteratur

Hägg, G M., Ericson M., Odenrick P., Bohgar M., Akselsson R., Holmér I., Johansson G.,
Rassner F. och Swensson L-G. (2010) *Arbete och teknik på människans villkor*. Upplaga 2:1.
Stockholm: Prevent.

Johannesson, H., Persson J-G. och Pettersson D. (2004) *Produktutveckling: effektiva metoder
för konstruktion och design*. Stockholm: Liber AB.

Karlsson, J. (1998) *Framgångsrik Kravhantering*. Upplaga 2. Stockholm: Industrilitteratur

Osvalder, A-L. och Ulfvengren, P. (2010) *Arbete och teknik på människans villkor*. Upplaga
2:1. Stockholm: Prevent.

PIAB. (2004) *Vakuumenteknik – Innovativa lösningar inom vakuumteknik*.
Täby.

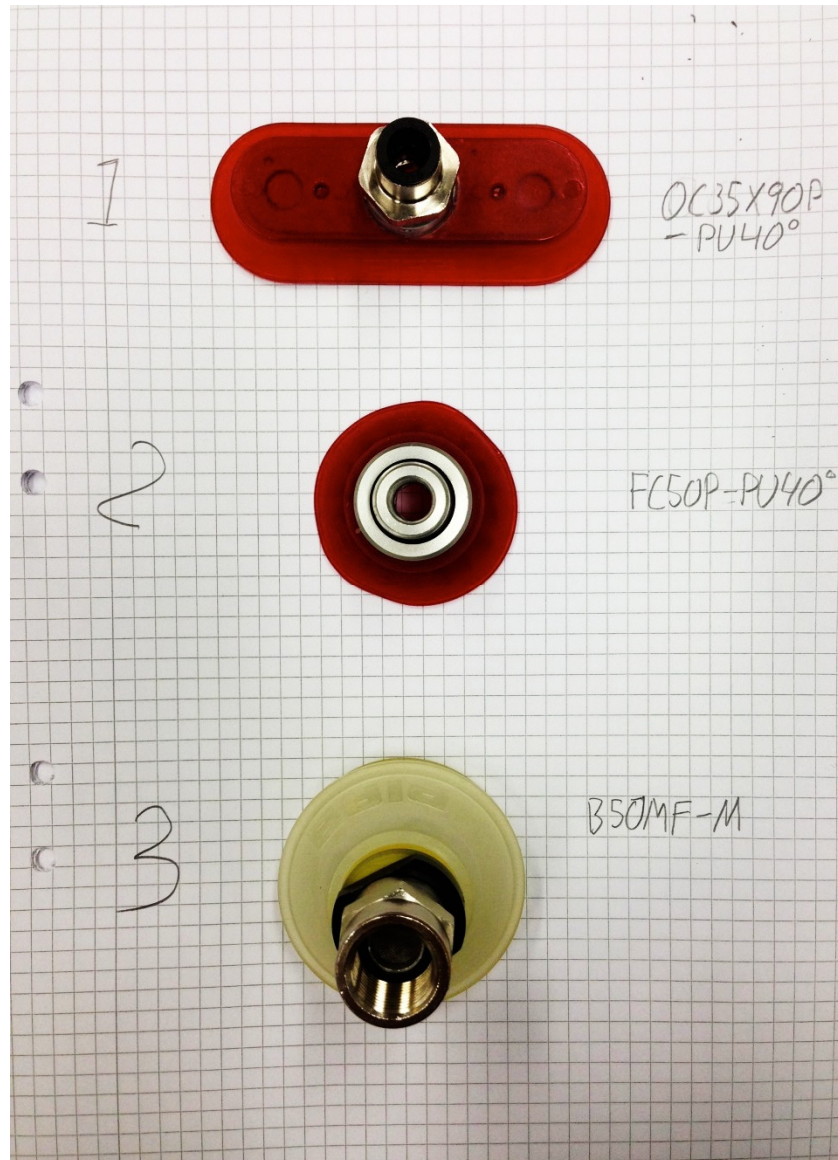
Skärvad, P-H. och Olsson, J. (2011) *Företagsekonomi 100*.
Upplaga 15:2. Malmö: Liber AB

(2011) Skriva en kravspecifikation.
<http://www.kravspecifikation.se/skriva>. (2013-03-07).

(2006) Svenska Akademiens ordlista över svenska språket.
http://www.svenskaakademien.se/svenska_spraket/svenska_akademiens_ordlista/saol_pa_natet/ordlista (2013-03-15).

BILAGA 1

Vakuumexperiment



Inledning

Syfte

I detta experiment skall det testas i första hand om man med hjälp av vakuumteknik kan lyfta och hantera detaljerna utan att tappa fäste. I andra hand ska det avgöras vilken sorts sugkopp som är bäst lämpad för ändamålet och hur kraftfull vakuumpump som behövs.

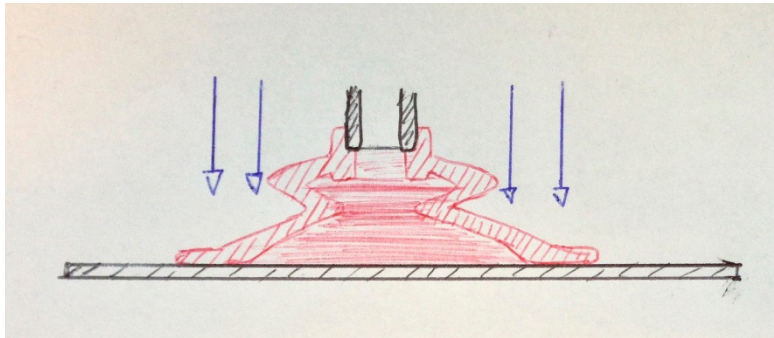
Frågeställning:

- Kan man plocka upp detaljerna och röra runt med dem utan att tappa fäste?
- Vilken form och hårdhet på sugkoppen fungerar bäst?
- Hur kraftfull vakuumpump behövs?

Teori bakom frågeställning

Vakuum är tryck under atmosfärstryck och ju lägre tryck desto ”starkare” vakuum blir det. Vid vakuumteknik utnyttjar man detta genom tryckskillnader. Vakuumpumpen skapar ett undertryck som pressar fast sugkoppen mot ytan p.g.a. det högre omgivande trycket. Ju större tryckdifferensen är, desto större kraft håller fast sugkoppen. Sugkoppen är utformad som en tratt och nästan alltid gjord av gummi eller liknade material.

PIAB (2004)



Metod

Ett pneumatiskt system fanns redan till befogande. Vakuumpumpen kopplades till kompressorn med slang. Från pumpen kopplades sugkoppen och emellan dem en vakuumätare, för att kunna mäta undertrycket.

Kompressorn sattes på och när ett undertryck hade bildats så sattes sugkoppen mot en av detaljens ytor. Sedan när den sugit sig fast så gjordes ett försök att lyfta detaljen i sugkoppen. Om lyftet lyckades roterades och flyttades detaljen runt för att kolla vakuumsystemets lyftkapacitet. Dessa moment upprepades för samtliga pumpar, sugkoppar och detaljer.

Materiallista

Sugkoppar

(Ett flertal provades men de relevanta är nedanstående tre)

1. OC35X90P-PU40°
2. FC50P-PU40°
3. B50MF-M

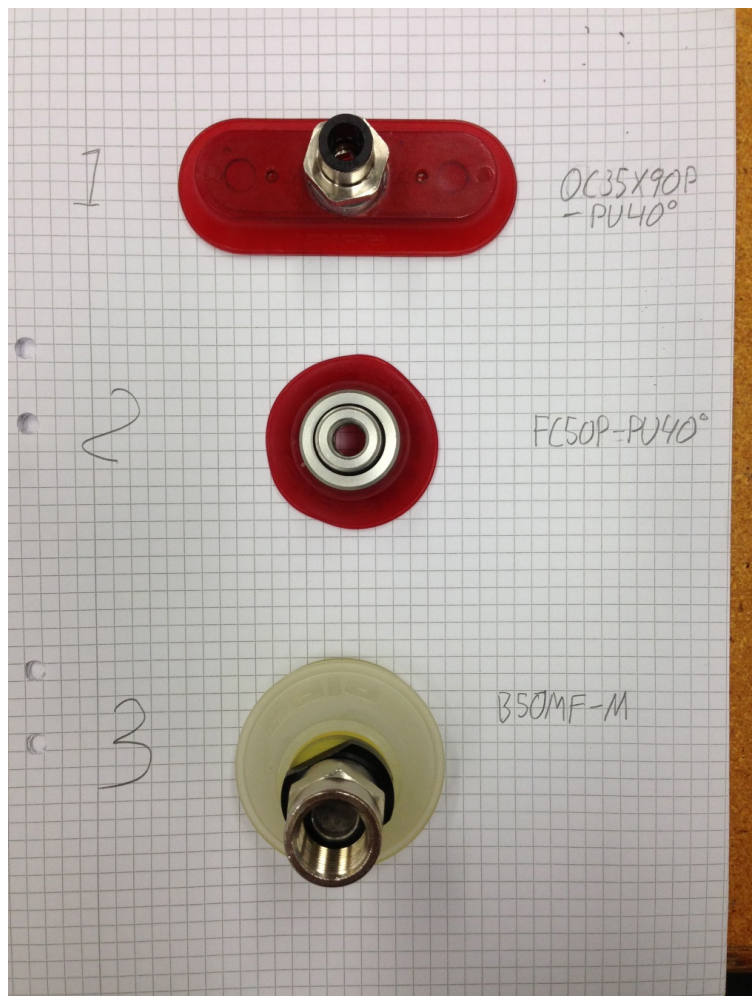
Pumpar

X10L ("lilla pumpen")

Pi12-3 ("mellan pumpen")

L50 ("stora pumpen")

Pneumatikslangar för att koppla in allt.



Resultat

Den lilla pumpen var för svag för att lyfta någon av detaljerna. Mellan och stora pumpen klarade att lyfta de båda detaljerna bra med alla tre sugkoppar, den stora med störst lyftkapacitet.

Alla tre relevanta sugkoppar klarade uppgiften men nummer 3 satt inte lika stadigt som de andra. Nummer 1 satt stadigast. Den var dock för stor för att lyfta den rörliga detaljen i öppnat läge på alla ytor som provades.

Diskussion och slutsats

Mellanpumpen som klarade uppgiften bra är ett lovande alternativ men det kan vara smart att ta den en större om man vill få lite mer flexibilitet.

Nummer 3 klarade uppgiften men var lite för ostadig. Nummer 1 hade bäst lyftkapacitet men man var tvungen att placera den rätt för att den skulle kunna lyfta detaljen, detta kommer inte vara något problem för roboten att lösa. Men tyvärr så var den ju för stor för en av ytorna.

Det vi kom fram till gällande sugkopparna var att nummer 2 var bäst. Kanske skulle det till och med vara bättre med två mindre varianter av nummer 2, eftersom man då får minst lika bra lyftkapacitet som nummer 1 men de passar på alla ytor.

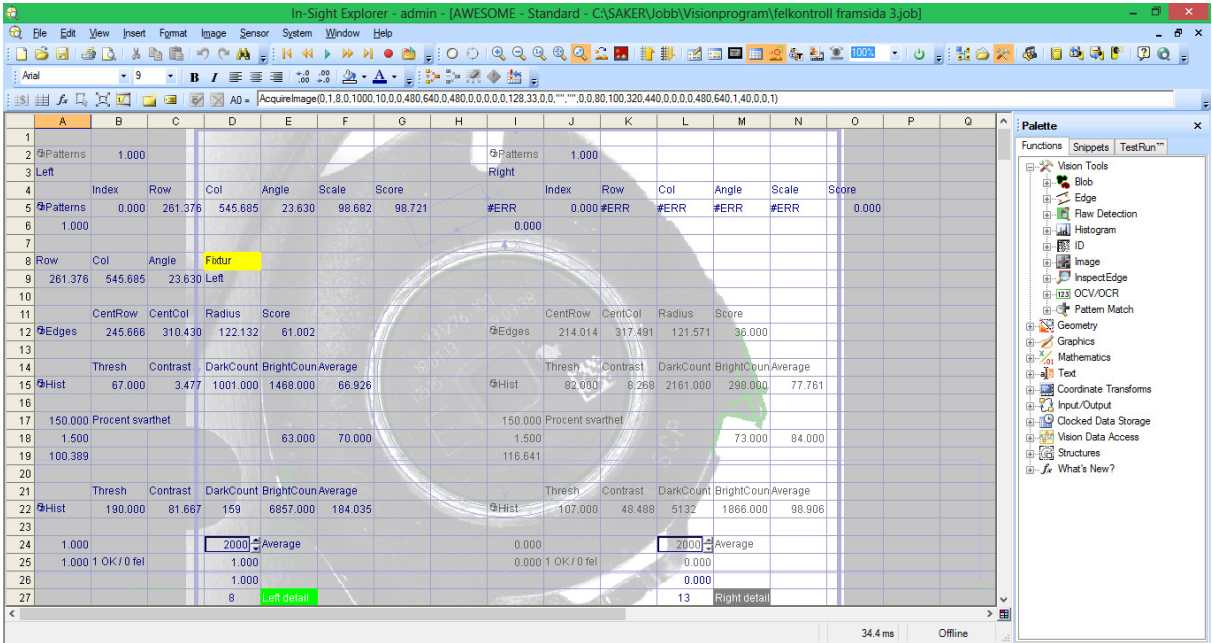
De felkällor som kan uppstått är att någon av komponenterna inte fungerat som den skulle.

Av detta experiment har vi fått ut precis det vi ville och det var att få en djupare förståelse för vakuumteknik och att se om det var möjligt att lyfta och hantera en detalj med hjälp av denna teknik.

Trots att sugkopp 2 är väldigt bra rekommenderas gripdon då dessa ger bättre stabilitet och det är lättare att fixera detaljen i rätt läge.

BILAGA 2

Visionexperiment



Inledning

Syfte

Vision-teknik för orientering av robot är idag en vanlig lösning på olika tekniska problem vid automation. Syftet med detta experiment är att kontrollera i vilken utsträckning och i vilka moment som vision-teknik kan appliceras för våra slutgiltiga lösningar. För att förtydliga handlar det om att kontrollera om man med hjälp av vision-system kan guida roboten vid på- och avhängning, samt upplockning och packetering av produkten. Det ska också tas reda på i hur stor utsträckning vision-teknik kan appliceras för kontroll av produkten och vid maskering av den.

Frågeställning:

- Klarar vision-systemet av att identifiera de parametrar som behövs för hantering av produkten (vridning och koordinater)?
- Klarar vision-systemet av kontroll av de maskerade områdena (så att de inte har färg på sig)?

Teori bakom frågeställning

Ett vision-system används i grunden för visuell kontroll av produkter och guidning i automationssystem. Det går till så att en kamera tar en bild när en givare blir ettställd (oftast) och denna bild skickas sedan vidare till en dator för analysering (hitta positioner, söka efter defekter eller annat). När bilden har analyserats klart redovisas resultatet på önskvärt sätt (på en display eller att en lampa tänds t.ex.) samt att parametrar för arbetsdon kan ändras så att processen anpassar sig på lämpligt sätt.

Metod

I experimentet användes en In-Sight Kamera med 640x480 upplösning från Cognex. Kameran satt fast i en justerbar ställning riktad nedåt. På en rutig platta under kameran lades detaljen upphöjd av två klossar, för att komma i rätt avstånd för mätningen. Efter rätt avstånd och önskvärd skärpa var uppnådd fixerades en ljusfixtur mellan detalj och kamera. När rätt inställning på bländaren var inställd togs en stillbild. Denna bild analyserades med olika verktyg i In-Sight Explorer, orientering av detalj och kontroll av oönskad lackering. Detta utfördes på samma sätt med två olika linser och ett antal olika ljusuppsättningar på de olika ställena som ska kontrolleras.

Materiellista

In-Sight Kamera med 640x480 upplösning

Kameraställning

6 mm lins

4 lysrör

Runt lysrör

2 röda diodlampor snett uppifrån

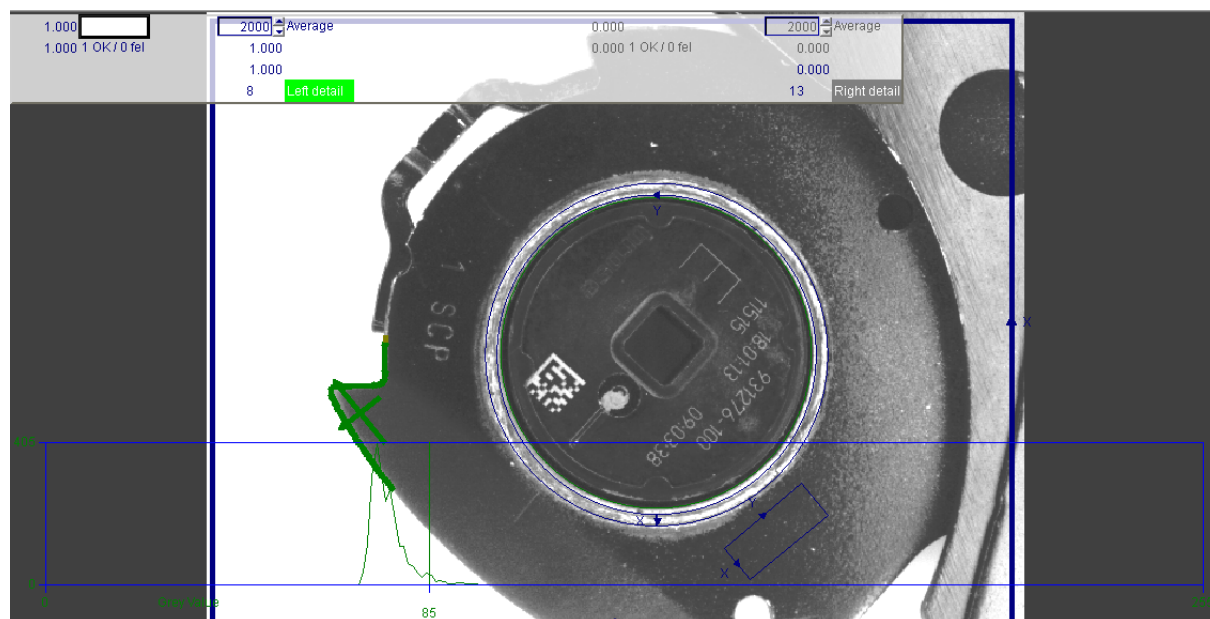
Röd ringlampa

2 Klossar

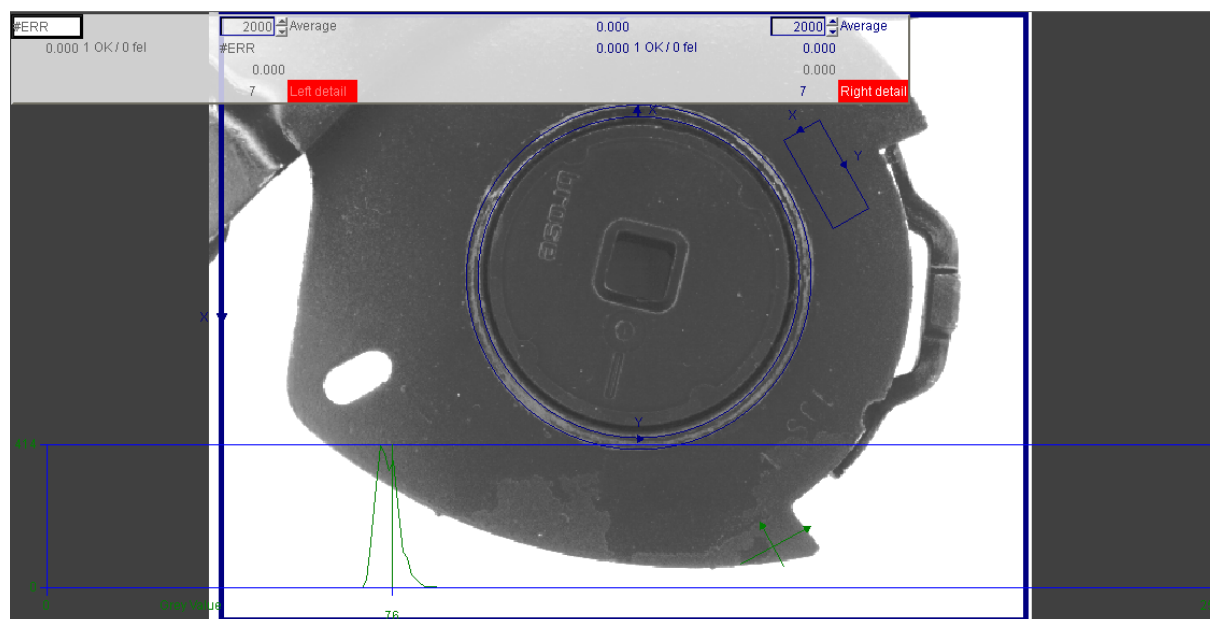
In-Sight Explorer programvara

Resultat

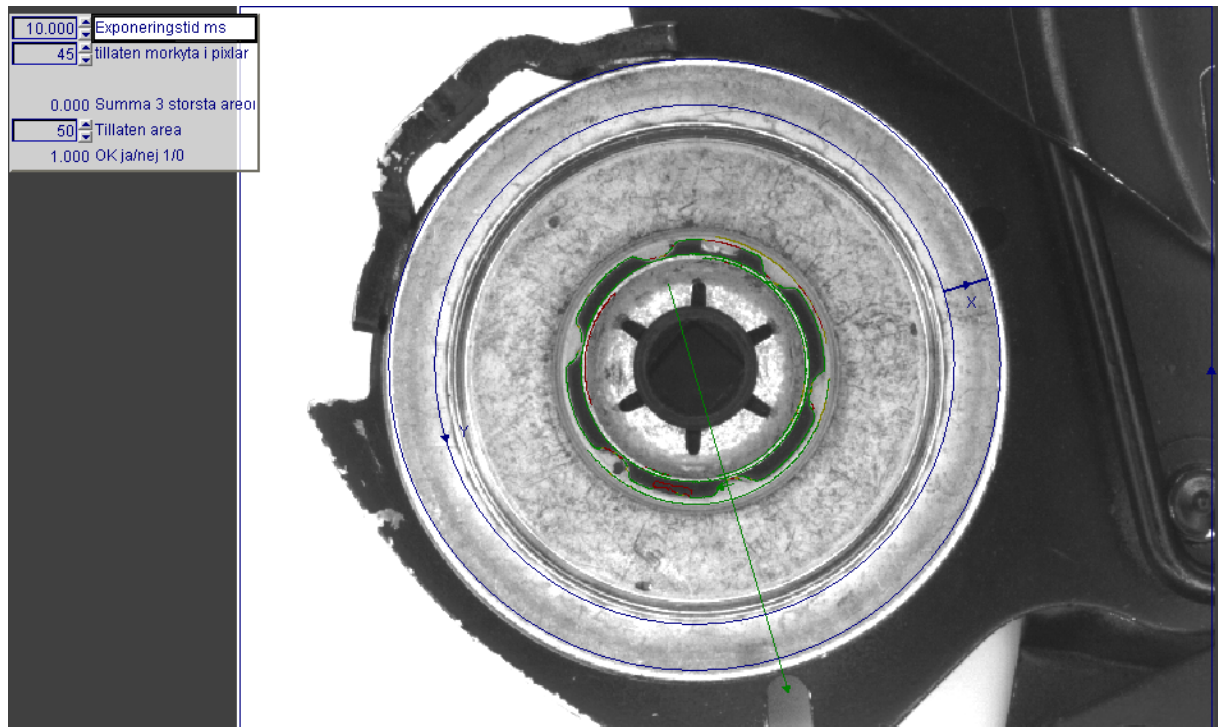
Med vision-systemet gick det att mäta den oönskade lackeringen på baksida och framsida. Orientering, vridning och koordinater gick att mäta. Det ljus som fungerade bäst var fyra stycken lysrör formade som en fyrkant runt detaljen långt ned. Skärmdumpar från programvaran visas i figurerna nedan. Figur 1 visar framsida, godkänd, med "1.000" för "OK" samt att vänsterdetalj identifierats. Figur 2 visar framsida, ej godkänd, med "0.000" för "ej OK" samt att högerdetalj identifierats. Figur 3 visar baksida, godkänd, med "1.000" för "OK" samt att summan av de tre största fläckarnas area är 0. Figur 4 visar baksida, ej godkänd, med "0.000" för "ej OK" samt att summan av de tre största fläckarnas area är 271 pixlar vilket överskrider tröskelvärde på 50 pixlar.



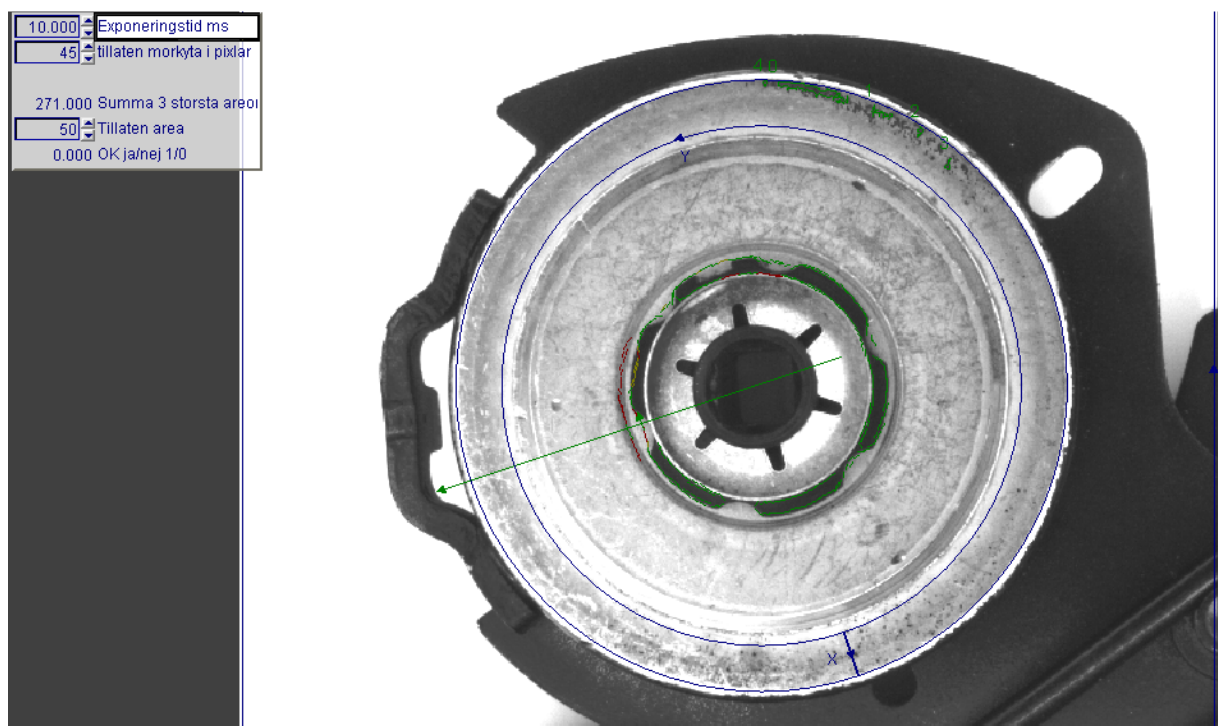
Figur 1. Framsida godkänd.



Figur 2. Framsida ej godkänd.



Figur 3. Baksida godkänd.



Figur 4. Baksida ej godkänd.

Diskussion och slutsats

Att lokalisera baksidan av detaljen var lätt för programmet på grund av de stora kontrastskillnaderna mellan centrum med tillhörande bricka och den runda metallfärgade delen. Framsidan lyckades vi lokalisera, trots att den sidan av detaljen saknar dessa tydliga

kontrastskillnader. Istället använder vi oss av att detaljen ligger mot ett vitt papper då bilden tas, vilken simulerar en vit eller ljusfärgad yta, då urskiljs tydligt två spetsiga hörn som visionsystemet lätt hittar.

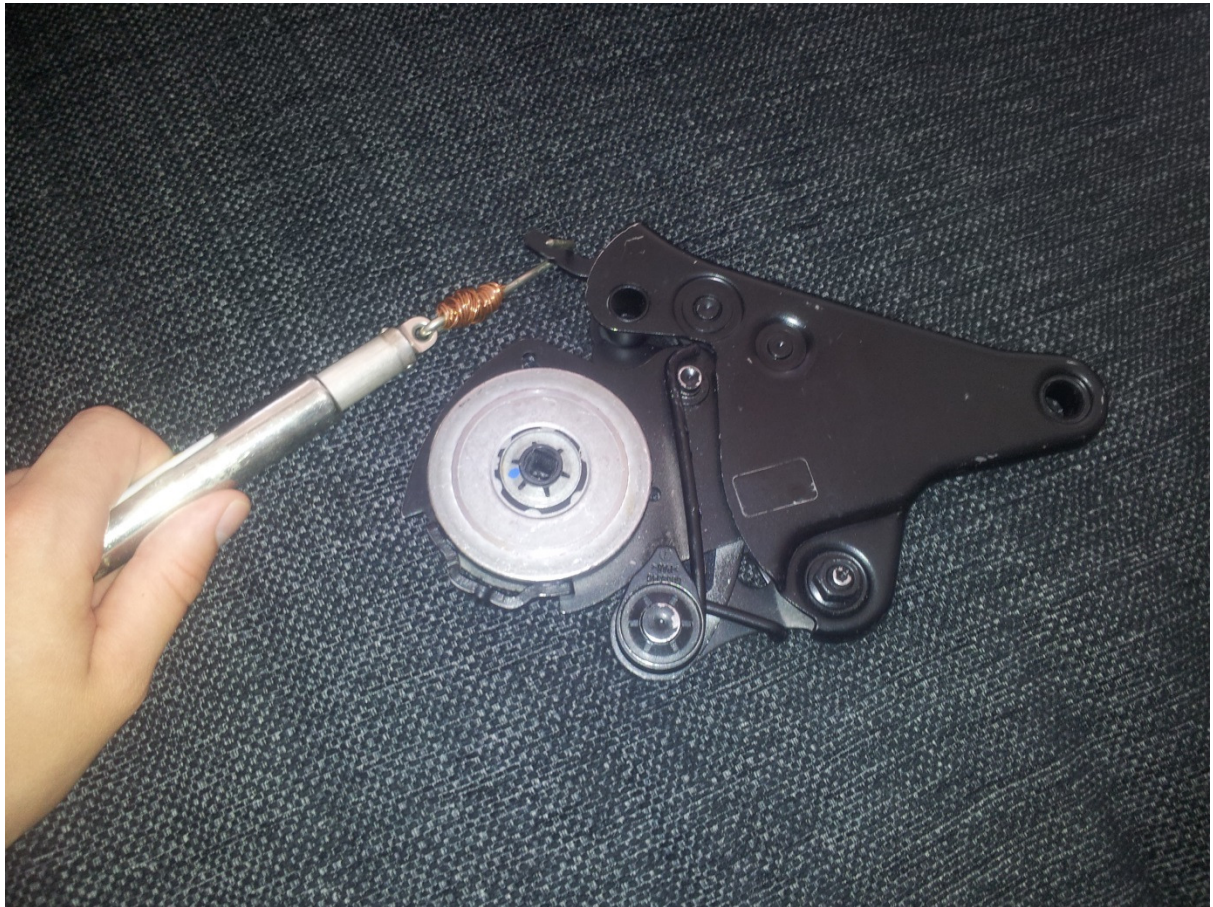
Med hjälp av vision-verktygen i programvaran analyseras de områden på produkten som vi vill, och programmet returnerar 0 eller 1 (ej OK/OK), om tröskelvärden för svarthet, storlek på fläckar med mera överskrids anses produkten ej OK (0) och detta kan användas av ett robotsystem eller PLC för att vidta åtgärder. Exempelvis kan en robot släppa detaljen i en back för kassation.

Inga direkta felkällor har uppstått utan det är mer en fråga om man kan få så här bra omständigheter ute på företaget och hur noggrant det kan bli eftersom vi endast provat på två detaljer, i labbmiljö. Vid driftsättning bör ett hundratal detaljer provas på plats på LaRay för att säkerställa driftsäkerheten.

Som sagt så har vi lyckats med experimentets syfte nämligen bevisat att det är möjligt att med dagens visionteknik mäta lackering på önskade ställen. Om vi två studenter får det att fungera så är det inga problem för en som faktiskt jobbar med visionteknik att lösa.

BILAGA 3

Haspexperiment



Inledning

Syfte

Kraften som behövs för att öppna haspen på den rörliga detaljen ska mätas. Detta för att se om det är ett för slitsamt moment.

Frågeställning:

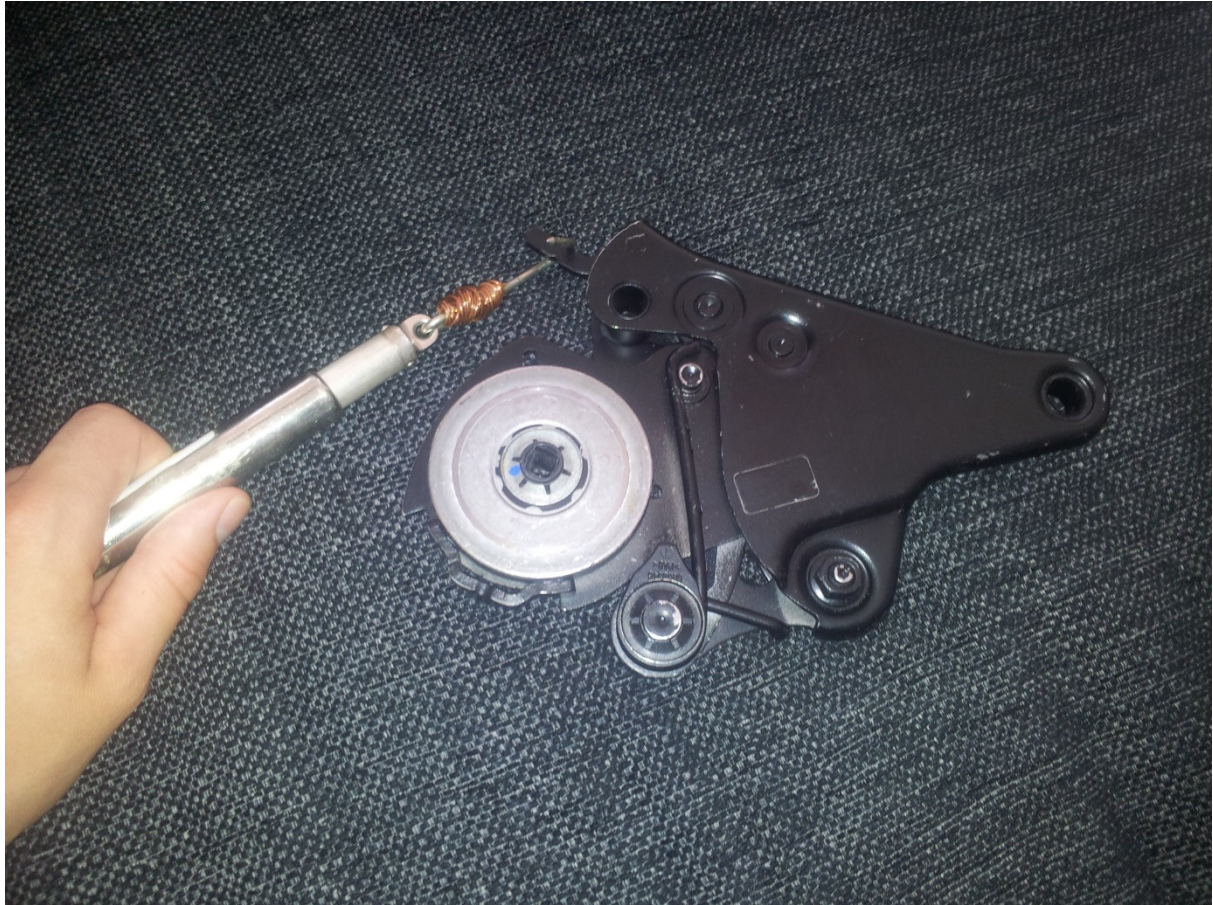
- Hur stor kraft behövs för att öppna haspen?

Teori bakom frågeställning

Monotona arbetsuppgifter kan ge förslitningsskador. Därför bör det undersökas om produktionens nuvarande monotona moment är skadande för operatören och i så fall om de ska tas bort. Hägg, Ericson, et al. (2012)

Metod

Dynamometern fästs i haspen som i figur 1 nedan. Sedan dras haspen ned med hjälp av dynamometern. Högsta värde mäts av utan att trycka haspen helt i botten. Storleken på dynamometern var 10 kg.



Figur 1. Dynamometer och detalj.

Resultat

Kraften för att öppna spärren mättes upp till 26 N.

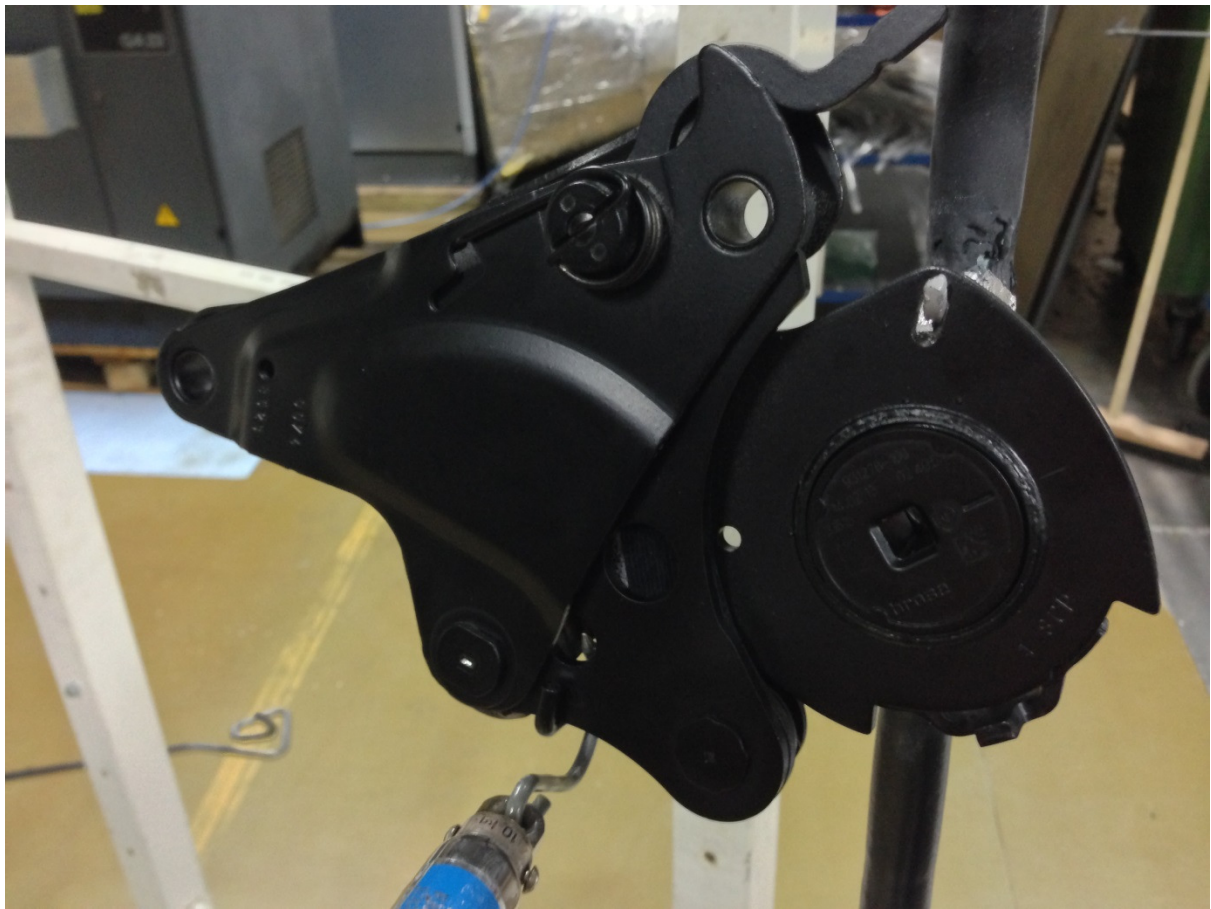
Diskussion och slutsats

Att det krävs 26 N för att öppna haspen kanske inte låter som mycket men upprepning av moment med denna kraft är skadligt, som redan nämnt ovan är krafter över 10 N skadliga om momenten upprepas. Detta gör att det ej är ergonomisk att utföra detta moment upprepade gånger.

Möjlig felkälla är avläsningen av dynamometern som är svår att läsa av exakta krafter på.

BILAGA 4

Magnetexperiment



Inledning

Syfte

Syftet med detta experiment är att ta reda på hur stora krafter som krävs för att ta av en produkt (WHIP-R) från galgen den hänger på i lackeringsprocessen som vårt exjobb berör. Krafterna är intressanta när gripdon ska väljas för att montera av och på produkten på galgen, främst avmonteringen.

Frågeställning:

- Hur stor kraft behövs för att dra av en produkt ifrån en galge?
- Varierar kraften med vilken av de fyra positionerna på galgen produkten hänger?
- Varierar kraften med vilken produktvariant (fast/rörlig)?
- Varierar kraften med om galgen hålls fast i lodrät läge eller får röra sig med den dragande kraften?

Teori bakom frågeställning

I det aktuella examensarbetet ska en förstudie tas fram för att se om det är tekniskt och ekonomiskt möjligt att automatisera vissa arbetsmoment vid industriell lackering. Två av dessa arbetsmoment är att hänga på och hänga av produkten på galgar som löper längs en takmonterad bana genom processen. För att ta fram automatiserade system (välja rätt komponenter) är det nödvändigt med mycket information och krafter som krävs för att avmontera en produkt är i detta fall speciellt intressant när gripdon ska väljas.

Metod

En galge tagen ifrån tillverkningsprocessen hängs upp i en fixerad stång och hänger endast i denna, på samma sätt som i tillverkningen. Produkt fixeras med krok och magnet på den översta av fyra positioner på galgen, enligt figur 1. Med dynamometer infäst i hållighet i produkt (se markering A figur 1) anbringas en dragande kraft långsamt tills dess att magnetkraften inte längre håller kvar produkten. Kraft vid denna tidpunkt avläses på dynamometern. Försöket upprepas fyra gånger för att minimera inverkan av tillfälligheter och läsfel på resultatet.

Denna procedur upprepas på båda produkttyper (fast och rörlig) samt för position 1 och 4 på galgen. Proceduren upprepas också, med tillägget att galgen hålls fast i nederkant och förblir lodrät.

Materiel som används är galge specifik för företaget LaRay AB och produkten WHIP-R av fast och rörlig variant. Utöver detta används även en dynamometer med 10kg skala.



Figur 1.

Resultat

Krafter nedan är uppmätta då produkten är placerad på position 1 (högst upp) på galgen

Detalj/Galge	Hålls fast	Får röra sig med dragkraften
Rörlig	6N	8N
Fast	6N	8N

Krafter då produkten hänger på position 4 (längst ner) på galgen redovisas nedan.

Detalj/Galge	Hålls fast	Får röra sig med dragkraften
Rörlig	4N	5N
Fast	4N	5N

Diskussion och slutsats

Krafter som behövs för att dra av produkterna från en galge har vi fått reda på. Det krävs störst krafter då produkten hänger på position 1 på galgen, detta beror troligtvis på svagare magneter på position 4. Det är den största kraften man måste ta hänsyn till när man väljer gripdon. Klarar gripdonet den kraften klarar den även lättare krafter. Kraften är densamma oavsett produktvariant. Kraften varierar med om galgen hålls fast i lodrätt läge eller får pendla fritt med den dragande kraften, störst kraft krävs om galgen inte hålls fast och man får anpassa gripdon efter detta, om man inte i den framtida lösningen fixerar galgen i lodrätt läge.

Mätningen är inte precis, men tillräckligt noggrann för väljandet av gripdon då dessa alltid överdimensioneras och det inte gäller så stora krafter. Möjlig felkälla är avläsningen av dynamometern som är svåravläst precis det ögonblicket magneten släpper.