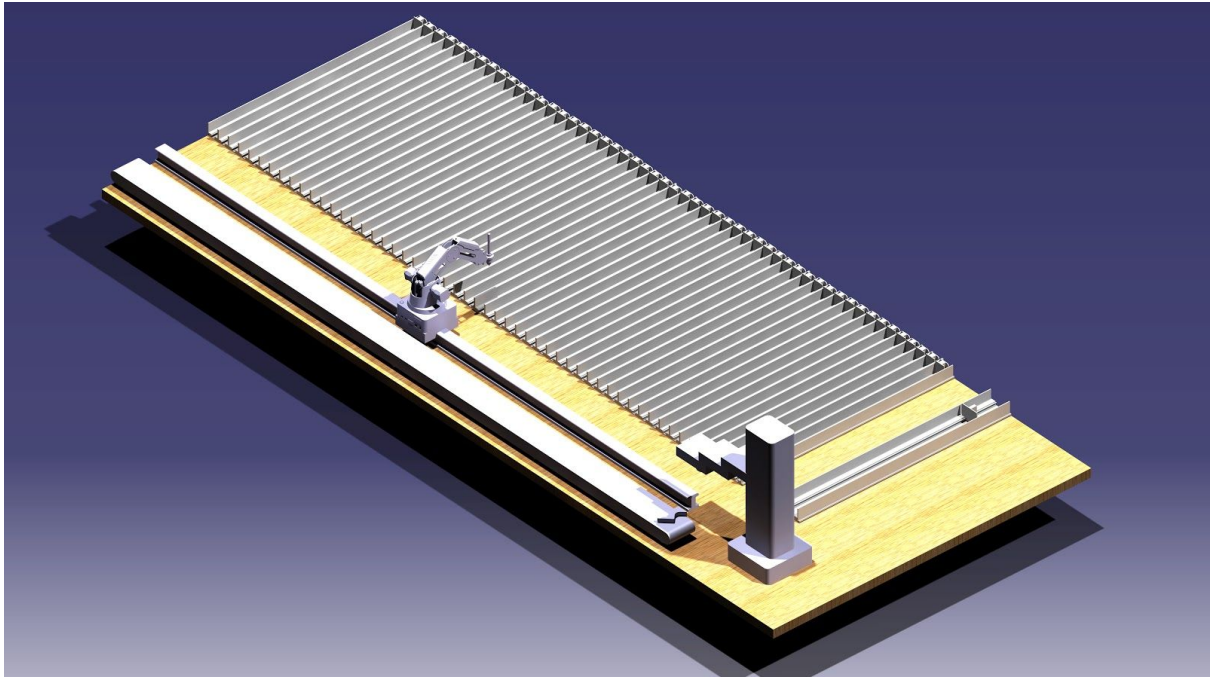




**CHALMERS**  
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



# Montering med Dobots

## En förstudie åt AB Volvo

Examensarbete inom högskoleingenjörsexamen, Maskinteknik

Ola Groth

Viktor Bengtsson

## **Förord**

Vi vill tacka Åsa Fast-Berglund och Hans Sjöberg för ett smidigt samarbete samt Sven Ekered för all hjälp vi fått i SII-labbet. Vi vill även tacka Per-Anders på AB Volvo för snabb kommunikation och försett oss med viktigt material och erfarenheter.

# Sammandrag

Volvo som många andra företag jobbar med att undersöka om monteringsprocesser går att automatisera. Monotona arbetsmoment kan påverka produktkvalité och leder ofta till ergonomiska problem för operatör. Som en del av entrén in i Industri 4.0 har Volvo därför valt att inleda en förstudie om processen att framställa switchsatser för sina lastbilar går att automatisera.

Förstudien går ut på att ta reda på om och hur det är möjligt att med en lågkostnadsautomation reducera det manuella arbetet i Volvo Lastvagnars produktion. Mer specifikt har gruppen fått i uppgift att med hjälp av Drobots skapa en "Pick-n-place" station som ska sätta ihop switchsatser för lastbilar på ett produktkvalitéssäkert sätt. I dagsläget är arbetsstationen nästan helt manuell vilket har bidragit till både produktkvalité och ergonomiska problem. Det finns väldigt många olika varianter av switchar och operatören måste välja rätt switch och se till att den sitter på rätt plats baserat på en specifik order för varje lastbil.

En tidig analys av hur monteringen ser ut i dagsläget visade att en automatisering av processen skulle leda till bättre produktkvalité och minska den mänskliga inblandningen betydligt. Projektet tar även fram koncept på hur detta skulle kunna se ut och en utvärdering av dessa. Ett slutligt koncept valdes och testades med goda resultat.

# Innehållsförteckning

<b>1. Inledning</b>	<b>5</b>
1.1 Bakgrund	5
1.2 Mål	5
1.3 Avgränsningar	5
1.4 Frågeställning	5
<b>2. Teori</b>	<b>7</b>
2.1 Automation - Industri 4.0	7
2.2 LoA - Level of Automation	7
2.3 Skrivbordsrobotar	8
2.4 DOBOT	8
2.4.1 Magician	8
2.4.1.1 Tekniska specifikationer	9
2.4.2 M1	9
2.4.2.1 Tekniska specifikationer	10
2.4.3 Verktyg/Tillbehör	10
2.4.4 Avgränsningar	13
2.4.5 Säkerhet	13
2.5 3D-printning för tester	13
<b>3. Metod och genomförande</b>	<b>14</b>
3.1 Nuvarande arbetsstation	14
3.2 Kravspecifikation	14
3.3 Konceptgenerering	14
3.4 Konceptval	15
3.5 Detaljkonstruktion	15
3.6 Funktionellt test	16
3.7 Utvärdering och återkoppling	16
<b>4. EMPIRI- insamling av data</b>	<b>17</b>
4.1 Besök på Volvo Lastvagnar	17
4.2 Sammansättning av switchar	18
4.3 3D-printning	20
4.4 Tester	20
<b>5. Resultat</b>	<b>21</b>
5.1 Komponenter	21
5.1.1 Fixtur för switchar	21
5.1.2 Fixtur för hållare	22
5.1.3 Stopp på transportband	23
5.1.4 Glidstång	24

5.1.5 Transportband	24
5.1.6 Dobot Magician	24
5.1.7 Dobot M1	24
<b>6. Diskussion</b>	<b>25</b>
<b>7. Slutsats och framtida rekommendationer</b>	<b>26</b>
<b>Källförteckning</b>	<b>27</b>
<b>BILAGOR</b>	<b>29</b>

# 1. Inledning

I detta kapitel beskrivs bakgrunden för projektet och vad projektet önskar åstadkomma samt de delar som inte kommer behandlas i denna förstudie.

## 1.1 Bakgrund

På Volvo Lastvagnar i Tuve håller man på att undersöka möjligheten till att automatisera tillverkningen av lastbilarna. Eftersom varje lastbil görs efter kundens specifika önskemål får alla lastbilar en bred variation av funktioner som styrs av switchar på instrumentpanelen, som då ser olika ut för varje lastbil.

switcharna till instrumentpanelen i Volvos lastbilar monteras i dagsläget för hand i hållarna. Denna process är inte ergonomisk och har sina brister i produktkvalitén. switcharna kan placeras fel i hållarna och medför då att dom inte funkar alls eller funkar på fel sätt. Felen upptäcks ofta sent och blir då omständiga att åtgärda. Om processen istället kunde automatiseras skulle operatörernas arbetskraft istället kunna läggas på något annat och felfaktorn skulle minska betydligt.

Volvo vill att arbetet ska utföras med en så billig robot som möjligt. Därför har de bestämt med hjälp av SII-labbet på Chalmers Lindholmen att uppgiften ska utföras med hjälp av Dobots. Dobots är en ny typ av robot som trots sitt låga pris har potentialen att användas inom industrin. Projektet bör betraktas som en förstudie till en full automatisering av processen.

## 1.2 Mål

Målet med projektet är att ta fram en arbetsstation som ska fungera som en förstudie om Volvo Lastvagnar där arbetet utförs av skrivbordsrobotar från företaget Dobot. Om det visar sig vara möjligt ska robotarna ersätta det manuella arbetssättet som används i dagsläget.

## 1.3 Avgränsningar

I dagsläget är inte Volvos IT system kompatibelt med andra system på ett sätt så att en order kan översättas till kod som sedan kan skickas till roboten. Projektet kommer därför att jobba med en hårdkodad order för att kontrollera hur det fungerar. Eftersom projektet fungerar som en förstudie kommer gruppen att jobba med modeller för att simulera verkligheten då en fullskalig utveckling av arbetsstationen skulle vara kostsam och faller inte inom tidsramen för projektet.

## 1.4 Frågeställning

Huvudsakliga frågor i projektet:

- Kan processen av att montera switcharna automatiseras?
- Är Dobots ett lämpligt verktyg att använda inom industrin?

Projektet kommer även innefatta följande:

- **Verktyg och Fixturer** - Vilka verktyg ska användas, behövs nya tas fram? Hur ska matningen av switchar och hållare ske?
- **Programmering av Dobots** - Programmera robotarna så att de tar enklast möjliga väg för tidsbesparing och säkerhet.
- **Felfaktorer** - Vad kan gå fel, vad beror de på och hur kan de förebyggas?

## 2. Teori

För att kunna genomföra projektet krävs kunskap om hur, varför och behovet av att automatisera en process. I kapitlet "Teori" finns den bakomliggande kunskapen till projektets resultat.

### 2.1 Automation - Industri 4.0

Den internationella industrin har genom tiderna gått igenom tre revolutioner och är nu på väg in i sin fjärde, industri 4.0. Från första industriella revolutionen där ångdrivna maskiner och järnvägar blev allt vanligare till massproduktion med hjälp av elektronik. Därefter kom digitaliseringen av industrin vilket kallas industri 3.0. Industrin är nu på kanten till det nya, industri 4.0, där man ofta pratar om smarta fabriker[1].

Denna utveckling är viktigt för de europeiska länder då länder som tex Sverige kan behålla sin produktion i landet istället för att flytta fabriker till lågavlönade länder där produktkvalitén på de produkter som framställs ofta sjunker. För den svenska industrin behövs automation inte bara för att öka effektiviteten hos företag men även för att höja produktkvalitén med hjälp av ökad standardisering[2]. Fredrik Björk och Mats Berg driver Swecos nätverk för smart industri berättar om Sveriges utveckling inom området och säger att "många företag ligger i startgroparna" medans andra kommit en bit längre[3].

Standardisering innebär en systematisk ordnings- och regelskapande verksamhet med syfte att uppnå optimala tekniska och ekonomiska lösningar på återkommande problem, dvs att skapa en fungerande modell och sedan följa denna för att bibehålla önskad produktkvalité [4]. Tanken med industri 4.0 är att på en standardiserat sätt kunna, trots motsägelsen, skapa olika varianter av en produkt utan att påverka produktkvalitén av den färdiga produkten[5]. Som tex att få sitt namn ingraverat på ett par skor genom att skriva in sitt namn på en webbsida från andra sidan jorden, utan mänsklig inblandning.

I artikeln "Industri 4.0 skapar nya värden" beskriver Peter Ottsjö hypermoderna fabriker som då klassas som smarta fabriker där man kan ta fram olika varor för samma kostnad som en vara som massproduceras [6]. Detta kan vara ett av dom tydligaste tecken på att industrin är på väg från Industri 3.0 till 4.0 där 3.0 handlar till stor del om massproduktion med robotar men klarar inte av en variation av produkter. Datorer är sammankopplade och kan kommunicera utan mänsklig inblandning, vilket gör att produktionen går snabbare och man eliminerar den mänskliga felfaktorn.

Med dagens teknik går många processer att automatisera, men alla går inte att automatisera fullt ut. Man pratar då om automationsnivå och automationsgrad. Automationsnivå handlar om hur mycket manuell inblandning som krävs. Med automationsgrad avser man hur stor del av en förädling som är automatiserad.

### 2.2 LoA - Level of Automation

På Chalmers har man tagit fram en metod för att skapa en översikt över hur en produktionsprocess ser ut och identifiera potentiella förbättring. Genom att använda metoden får man inga specifika lösningar



utan en beskrivning av den optimala automationsnivå för processen som analyserats[7]. Metoden är väldigt komplex och innehåller flera delar. Det som används i detta projekt är Level of Automation(Loa). Syftet med LoA är att bryta ner processen i mindre delar och sedan analysera dessa delar och tilldelas poäng beroende på nivån av fysisk och kognitiv automation. Den kognitiva automationsnivån handlar om teknik som kan ersätta människans tankekraft och delas in i 7 nivåer från helt manuell till helt automatisk. Den fysiska automationsnivån är den teknik som ersätter muskelkraft, tex verktyg. Resultatet av en LoA analys visas med en sk. LoA-matris.

## 2.3 Skrivbordsrobotar

Små robotar som kan röra sig på en plan yta eller ett skrivbord kallas för mobila robotar. De kallas även "skrivbordsrobotar" och är populära för hobbyister samt används i utbildnings syften. I industrin används robotarna idag ofta för att testa och utvärdera ett robotkomplex, hur robotarna arbetar tillsammans. Applikationerna varierar men fördelen med dessa robotar är dess kostnad och den enkla styrningen. Skrivbordsrobotarna som ofta styrs via stegmotorer får sin begränsning därefter och behöver extra utrustning som rörelsesensorer, färgsensorer och liknande för att kunna känna vart den befinner sig [8]. Robotarna från företaget DOBOT, som specialiserat sig på skrivbordsrobotar, kan styras med över 20 olika typer av programmeringsspråk för att göra styrningen av dem så enkla som möjligt.

## 2.4 DOBOT

Jerry Liu som är grundaren av företaget DOBOT hade som intention att sammanföra vanliga människor och robotar för att bryta gränserna för teknologi i vardagen. Företaget har därför specialiserat sig på att skapa små, billiga och säkra robotar som modellen Magician. Under åren har företaget vuxit och tagit steget in i industrin med tex sin modell M1, som är den första roboten från företaget tänkt för användning inom industrin. Robotarna kan styras via en färdig programvara som är skapat för att enkelt kunna styra robotarna utan utbildning i robotteknik.

### 2.4.1 Magician

DOBOT Magician, se figur 2.1, är en lågkostnads och liten robot som är lätt att styra. Roboten klassas som en multifunktions skrivbordsrobot [9]. Det tänkta arbetsområden är praktiskt utbildning pga av sina enkla styrning, den kan styras via 13 olika programvaror och det finns även stöd för över 20 programmeringsspråk. Det enklaste att använda av dessa är DOBOTs egen programvara "Dobot Studio". Roboten kan användas till 3D printing, laser gravyr samt att skriva och rita men det går även att ansluta gripdon och vakuumsug. Magician håller sig även till dom stora internationella standarder som tex CE, EoHS, ERP, FCC och KC [7].



*Figur 2.1 - Dobot Magician. Figur från Dobot.*

#### 2.4.1.1 Tekniska specifikationer

För tekniska specifikationer se bilaga 1: DOBOT Magician specifications

#### 2.4.2 M1

Dobot M1, se figur 2.2, är en intelligent robotarm för lättare industribruk [10]. M1 har en arbetsvidd på 400 mm och en precision på 0.01mm. Roboten är kompatibel med många typer av verktyg som 3D-printing, lasergravyr och är försedd med visuell igenkänning. Den är snabbare än tidigare versioner av Dobots, därav klassas den som en industrirobot. Genom att använda samma användarvänliga mjukvara, Dobot Studio, är den lika lättstyrd som Dobot Magician.



*Figur 2.2 - Dobot M1. Figur från Dobot.*

#### 2.4.2.1 Tekniska specifikationer

För tekniska specifikationer se bilaga 2: DOBOT M1 specifications

#### 2.4.3 Verktyg/Tillbehör

Företaget DOBOT har även verktyg och tillbehör som är anpassade för sina DOBOTs. Genom att förse roboten med dessa verktyg kan man utöka arbetsområdet och tillåta en längre distans för plockning och packning. Alla verktyg går enkelt att ansluta och går att styra med hjälp av färdiga funktioner i Dobot Studio.

#### **Glidstång:**

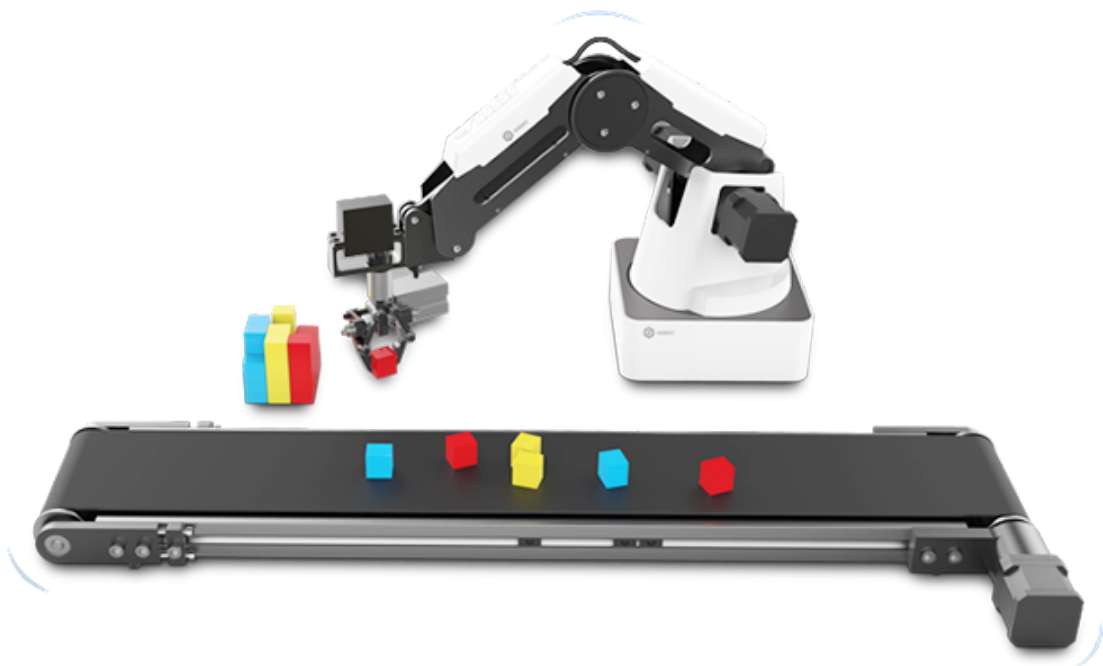
Glidstången, se figur 2.3, används för att flytta roboten linjärt. Stegmotorn klarar att flytta en last på 5 kg med hastigheten 150 mm/s och en precision vid repetition på 0.01mm. Ytterligare specifikationer finns i bilaga 3: Linear rail Specifications



*Figur 2.3 - Glidstång med Dobot Magician. Figur från Dobot.*

**Transportband:**

DOBOTs transportband, se figur 2.4, är 700 mm lång och har en maxhastighet på 120mm/s samt en maxlast på 500g. Bandet är försett med fästet för en bred variation av sensorer som fotoelektriska sensorer och färgsensorer. Ytterligare specifikationer finns i bilaga 4: Convoyer Belt Specifications



*Figur 2.4 - Transportband med Dobot Magician. Figur från Dobot.*

### **Vakuumsug:**

Vakuumsugen som medföljer till respektive robot, se figur 2.5, drivs av en vakuumpump, se figur 2.6, som man ansluter till robotens I/O portar och styrs via DOBOT Studio. Vakuumpumpen medföljer respektive robot men DOBOT har inte försett allmänheten med specifikationer om dessa styrka och effekt.



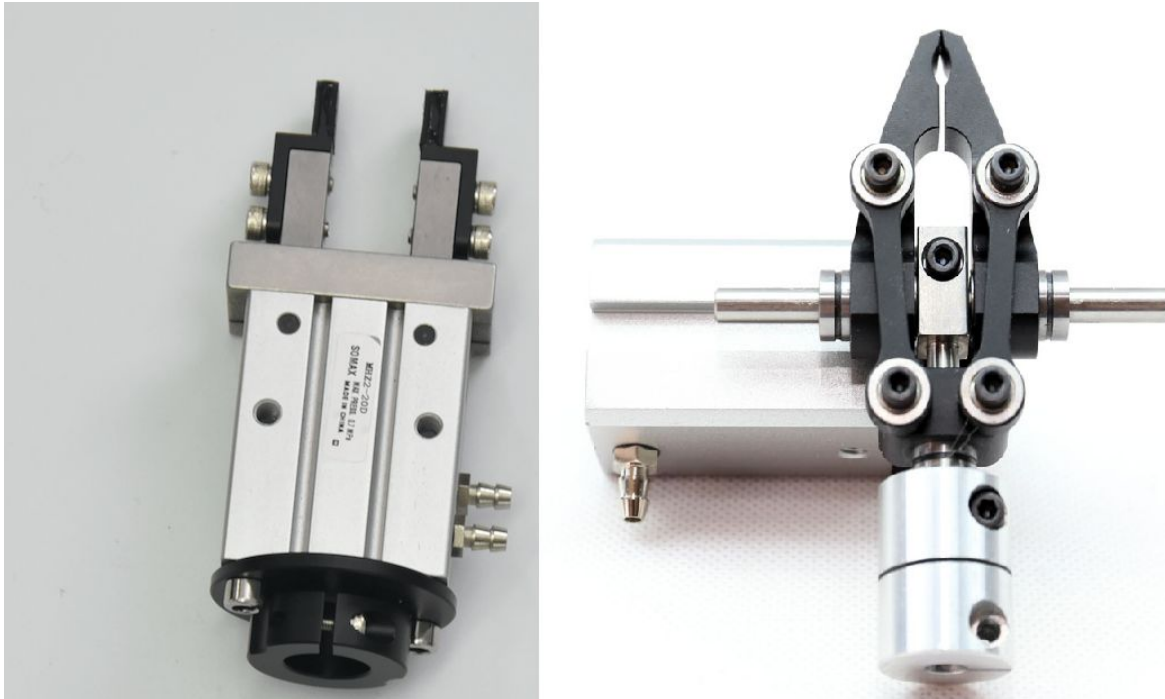
*Figur 2.5 - Dobot M1 sugverktyg och Dobot Magician sugverktyg. Figur från TechPowerUp.*



*Figur 2.6 - Vakuumsug tillhörande Dobot Magician. Figur från TechPowerUp.*

### **Gripdon:**

Både M1 och Magician kommer standard med varsitt gripdon, se figur 2.7, som styrs med pneumatik. Gripkrafter beror på styrkan av den luftkälla som ansluts till donet.



Figur 2.7 - M1 Gripper och Magician Gripper. Figur från TechPowerUp.

#### 2.4.4 Avgränsningar

DOBOT Magician och DOBOT M1 har båda en precision på 0,01mm, för att bibehålla den precision har de ett maxlast på 500g respektive 1500g [9][10]. Båda robotarna kan endast röra slutverktygen i vertikalled. Robotarna är byggda med stegmotorer vilket innebär att robotarna i sig inte har något som säger vart de befinner sig om de skulle hamna utanför sitt arbetsområde och måste då startas om och kalibreras. Robotarna är därför beroende av en kalibrering efter visst många arbetscykler.

#### 2.4.5 Säkerhet

Varken DOBOT Magician eller DOBOT M1 klassas som en kollaborativ robot, en robot som tar hänsyn till mänskliga rörelser och till och med anpassar sig till människan i produktion[17], då de saknas sensorer för detta. DOBOT Magician anses säker på grund av att den inte kan, på grund av sin maxlast, skada en människa. Genom den design som DOBOT M1 har anses den säker för användning inom en LAB miljö enligt Sven Ekered, men bör ha ett säkerhetsglas för användning inom industrin[11].

### 2.5 3D-printning för tester

3D-printing, konsten att göra en CAD modell till verklighet, används ofta för att göra modeller av olika konstruktioner [12]. Detta kan göras utan vidare eftertanke och till en betydligt mindre kostnad än tidigare. 3D-printade modeller kan ha använt s.k. stödmaterial, material som krävs för att hålla ihop modeller under tillverkningen, som sedan löses upp med hjälp av lösningsmedel eller slipning[13]. Den färdiga modellen kan sedan användas för tester.

## 3. Metod och genomförande

I detta kapitel beskrivs de metoder som använts för att ta fram bästa möjliga lösningar samt hur och varför slutkonceptet valdes.

### 3.1 Nuvarande arbetsstation

För att skapa en lämplig automationsnivå för monteringsprocessen gjordes en Level of Automation analys (LoA). Analysen tog hänsyn till både kognitiv och fysisk automation och viktas tillsammans. Resultatet, se bilaga 10: LoA-matris, visade att processen är väl anpassad för att automatiseras enligt de resultat som gavs.

### 3.2 Kravspecifikation

För att tydliggöra de krav och önskemål som ställs på slutprodukten har en kravspecifikation tagits fram. Produkten har delats in i fem olika delsystem för att förtydliga kraven som ställts, vilket följer: Fixtur 1, Fixtur 2, Fixtur 3, Dobot Magician och Dobot M1. Se bilaga 6: Kravspecifikation.

### 3.3 Konceptgenerering

Konceptgenereringen som genomfördes gjordes först så att båda gruppmedlemmarna fick ta fram egna koncept genom brainstorming. Detta för att inga potentiellt bra koncept skulle gå förlorade av att medlemmarna blivit påverkade av varandra. Efter brainstormingen presenterades och diskuterades varje koncept mellan de två gruppmedlemmarna.

Efter gruppens brainstorming var tanken att göra en "morfologisk matris", en typ av matris som lämpar sig väl för produkter med flera komponenter[18], för att kombinera de olika koncepten till slutgiltiga koncept. Men det visade sig att koncepten som tagits fram inte gick att kombinera. Istället fick varje koncept individuellt förfinas för att senare ställas upp i en PUGH-matris[18], en matris som används för att göra konceptval genom att vikta dessa emot en referenslösning. Det som framförallt skiljer koncepten är hur robotarna matas med switchar och de tre slutgiltiga koncepten presenteras nedan:

**Koncept 1:** Lådor med 3x3x3 likadana liggande switchar placeras runt Dobot Magician och roboten programmeras så att den kan hitta alla switchar. För att få switcharna att stå upp placerar roboten den plockade switchen i en ramp som med hjälp av gravitation vänder på switchen. När switchen har vänt på sig plockas den upp och placeras på ett transportband. Bandet leder switchen vidare i vertikalt läge vidare till Dobot M1 som plockar switchen och placerar switchen i hållaren. Processen upprepas tills switchsats är full. Konceptet kräver ca 15 Dobot Magician för att nå alla olika switchar, ett transportband och en Dobot M1.

**Koncept 2:** Fixtur formad som en ramp matar Dobot Magician med switchar genom att switcharna fylls på ovanifrån. Gravitationen ser till att switchar hamnar på plats för att roboten ska kunna greppa switcharna i rätt position. Dobot magician är placerad på en glidstrång som är utrustad med sensorer



så att den har koll på vart alla switchar är. Roboten plockar med hjälp av glidstången den switch den blir tillsagd att hämta och placerar switchen på ett transportband där ett stopp fångar switchen. När switchen är på plats i stoppet hämtar och placerar Dobot M1 i hållaren. Processen upprepas tills hållaren är full och placeras i en låda.

**Koncept 3:** Fixtur formad som en U-balk matar Dobot Magician med switchar genom att en konstantkraftfjäder trycker switcharna på plats. U-balkarna är placerade på en lika lång rad som samtliga olika switchar är breda. Dobot Magician åker med hjälp av en horisontell hiss till den switch som ska hämtas, plockar switchen och placerar den på transportbandet. Ett stopp är placerat på bandet och när switchen befinner sig där plockar Dobot M1 switchen och placerar i rätt fack i hållarna.

Resultatet av konceptgenereeringen presenteras i en PUGH-matris, se bilaga 5: PUGH-matris.

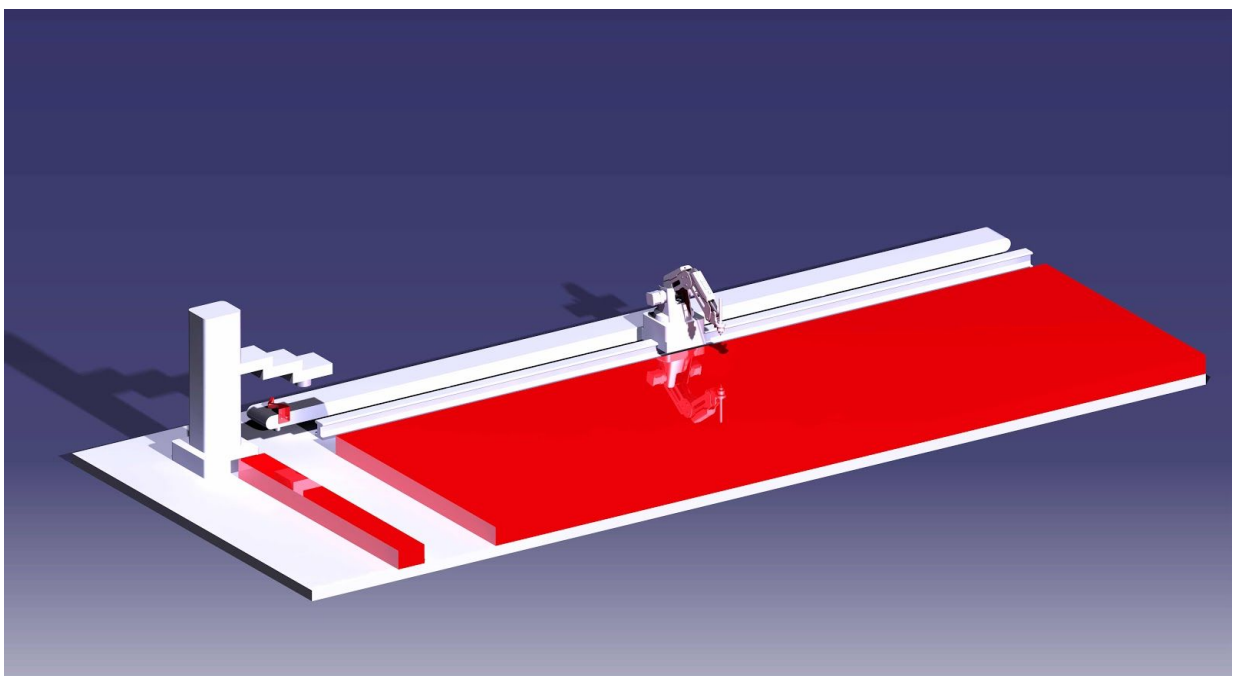
### 3.4 Konceptval

Då "Koncept 1" stack ut mycket från de andra två genom att vara mycket sämre uteslöts den snabbt. Mellan "Koncept 2" och "Koncept 3" var poängen jämnare men det som framförallt avgjorde valet var en överläggning med Sven Ekered[13]. Han ansåg att "Koncept 3" skulle vara ett mer pålitligt alternativ så valet kändes då självklart. Det slutliga konceptet blev "Koncept 3".

### 3.5 Detaljkonstruktion

Med ett slutligt koncept och en kravspecifikation gick arbetet över till att i detalj skapa det valda konceptet. Genom diskussion och förflyttningar av robotar, fixturer transportband och glidstång kom gruppen fram till den optimala placering av de olika komponenterna.

Att fastställa den optimala positionen av de olika komponenterna var kritiskt då detta direkt påverkar hur komponenterna kommer se ut. Genom att skapa block av de olika delarna framställdes en grov modell av hur arbetsstationen kommer se ut.





*Figur 3.1 - Modell av arbetsstationen. Författarnas egen figur.*

När komponenterna hade placerats på sina respektive positioner var det dags att konstruera dessa i detalj. I samarbete med Sven Ekered[13], som jobbar i SII-labbet, kom vi överens om att de komponenter som är markerade i rött, enligt figur 4.1, skulle 3D-printas för att kontrollera funktionalitet. Komponenterna som skall 3D-printas konstrueras i CATIA V5 och anpassas enligt Svens instruktioner för att minska på stödmaterial, tillverkningstid och undvika att delarna kärvar.

### 3.6 Funktionellt test

Ett funktionellt test kommer göras genom att konceptet byggs upp med modeller av fixturer som tas fram genom 3D-printing. Robotarna kodas att göra de rörelser som krävs för att sammanställa switchsatsen. Sedan kommer en hårdkodad order att läggas in i koden och testet köras.

### 3.7 Utvärdering och återkoppling

För att verifiera om målet som var satt gick att uppfylla gjordes ett funktionellt test av arbetsstationen för att se om den fysiskt klarade av uppgiften. Den fysiska modellen testade också om fixturerna som tagits fram fungerade som det skulle.

## 4. EMPIRI- insamling av data

Genom studiebesök, modellframtagning och tester samlades den data som krävdes för att analysera och automatisera den process som idag sker för hand. I kapitlet EMPIRI samlas denna data.

### 4.1 Besök på Volvo Lastvagnar

I projektets mittfas gjordes ett besök på Volvo för att undersöka den nuvarande hanteringen av switcharna. Vid besöket togs bilder, med Per-Anders tillåtelse, på den nuvarande stationen, se figur 5.1[15]. Vid denna arbetsstation sker även flera sammansättningar av switchar som inte behandlas i projektet. Per-Anders berättar även att stationen som finns i dagsläget kan flyttas om och att projektet inte behöver fokusera på utrymme i första hand. Från besöket fick gruppen även med mailadress till produktionsingenjören på plats, Elvedin[14]. I examensarbetet "Robotic Assembly of Switches"[16] görs en intervju av Isak Abrahamsson och Simon Johansson med en arbetsledare på Volvo som har erfarenhet att jobba inom arbetsstationen. Intervjun finns som bilaga 9: Intervju med Volvoanställd.



Figur 4.1 - Arbetsstationen i nuläget. Författarens egen figur.

## 4.2 Sammansättning av switchar

Den nuvarande arbetsstationen har observerats och analyserats för att se hur processen går till i dagsläget. Syftet med det var att se i detalj hur switcharna och hållaren för switcharna sätts samman. Samt att se hur operatören får information om vilken switch som ska plockas.

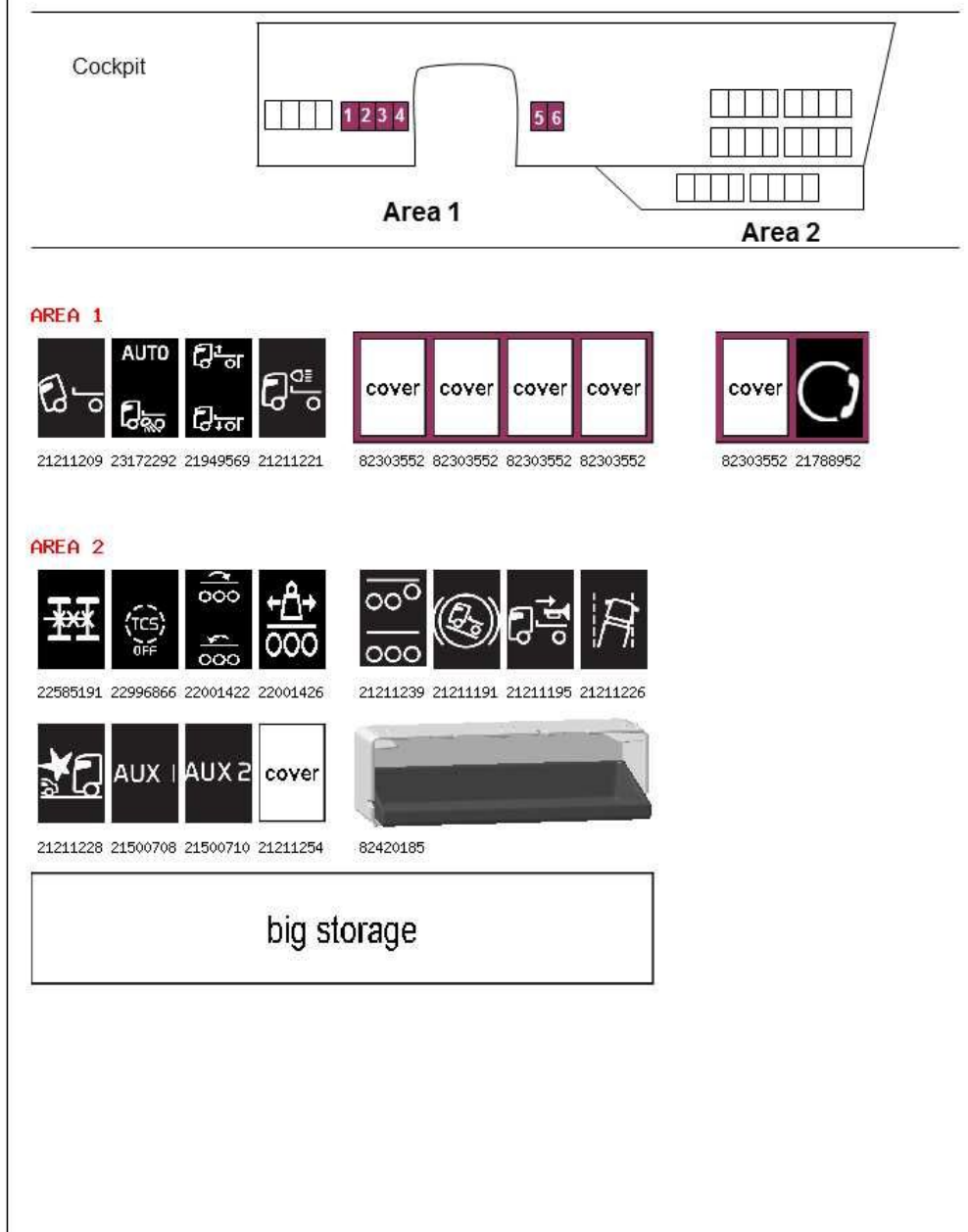
Operatören har en arbetsstation med ett bord, täckt i mjukt skumgummi, där monteringen sker. Processen går till så att operatören startar sitt plock, där tänds det en lampa framför den kartongen som innehåller rätt switch, se figur 5.2, för respektive hytt, därefter förarbetas de och man följer Switchcalc, se figur 5.3, som visar hur det ska se ut. Operatören tar upp hållaren och tar fram de switchar som ska placeras i den. Sedan kollar operatören på den utskrivna ordern och placerar varje switch på rätt plats. switcharna trycks ner i hållaren med hjälp av handflatan. Operatören har under sitt arbetspass flera uppgifter, på samma station, där monteringen av switchsatser är en av dem. När switchsatsen är färdig skickas de vidare i form av ett kit, tillsammans med andra delar specifikt utvalda för varje lastbil, för vidare montering. Pga av att operatören har flera olika uppgifter har det varit svårt att bestämma hur många switchsatser som plockas ihop på en dag. Trots mailkontakt med Elvedin Mujkanovic[14], som är produktionsingenjör på Volvo, fick gruppen ej reda på hur många switchar som plockas eller hur lång tid operatören har på sig.



Figur 4.2 - Pick by light. Författarens egen figur.

Creation time: 2019-02-05 13:46:17 (via EDB web portal)

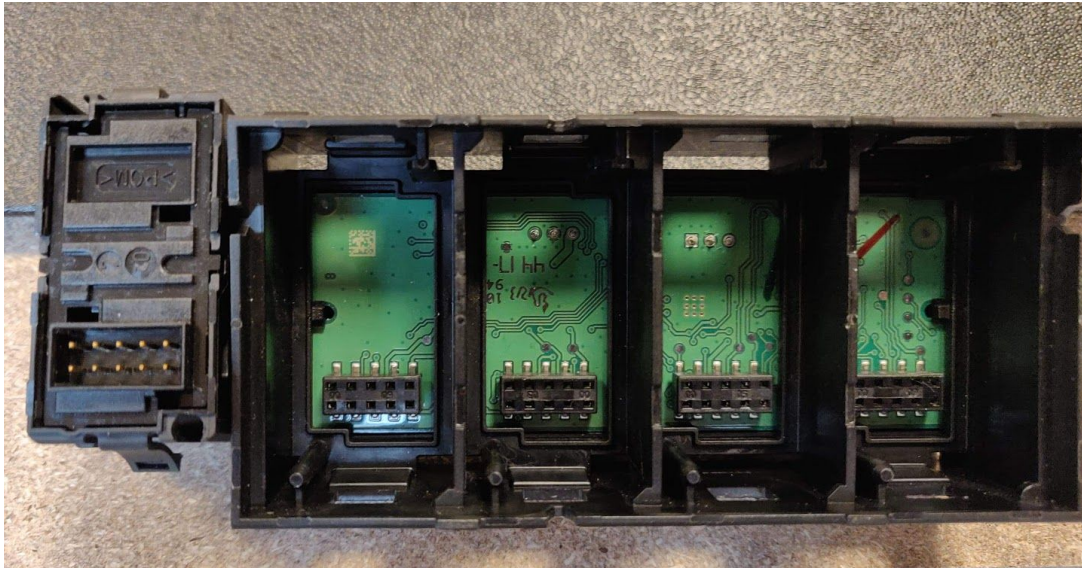
Chassis number:



Figur 4.3 - Switchcalc, beskrivning av switchsatserna från Volvo

switcharna och hållaren har en tajt sammanfogning med ett spel på 0,2 mm. Detta så att bra ledningsförmåga för signaler ska hållas och att produktkvaliteten på switchen ska kännas så bra som möjligt. För säkerhets skull har switcharna utrustats med två styrstift som ska se till att switchen inte kan monteras åt fel håll. Vid montering måste alltså styrstiften passa sina matchande hål exakt. I Figur 5.4 nedan visa hållare och baksida av switch.





Figur 4.4. Hållare och switch. Författarens egen figur.

### 4.3 3D-printning

För att ta fram de komponenter som skulle skrivas ut tog gruppen fram en koncept och presenterade för Sven [8] som kom med förslag på hur man kunde optimera fixturen för 3D-skrivning. Gruppen åtgärdade bristerna på konceptet och förberedde fixturer för utskrivning.

### 4.4 Tester

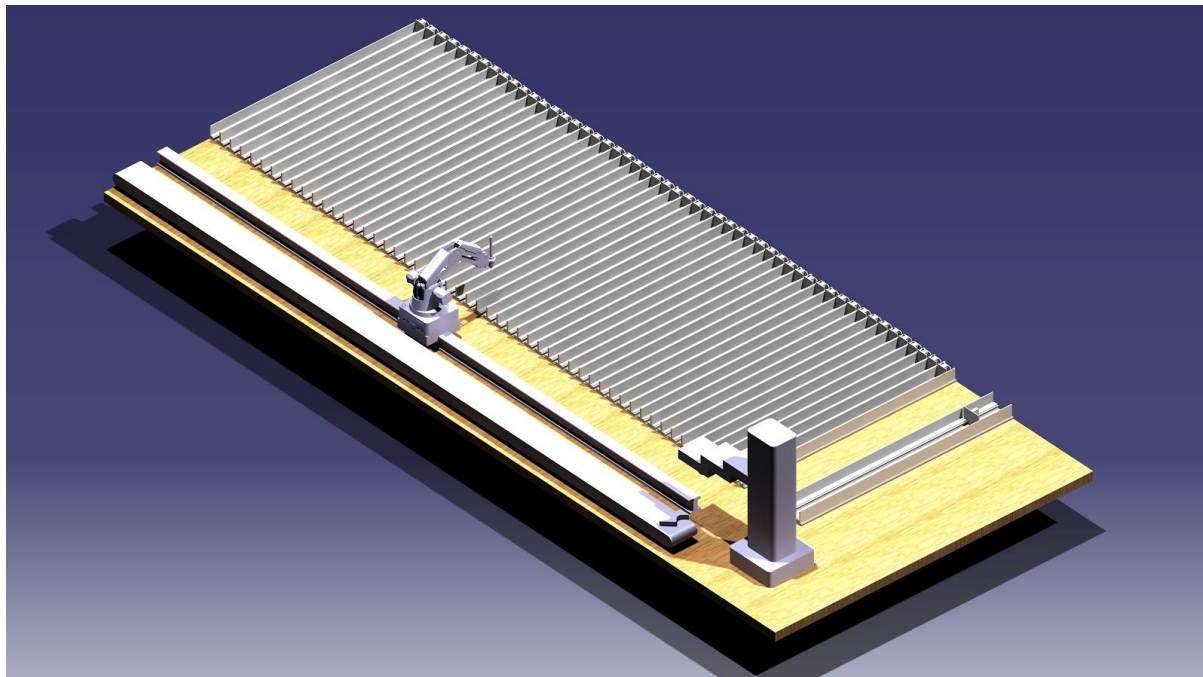
När detaljerna hade skrivits ut i en 3D-skrivare byggdes en demonstration av arbetsstationen för att visa hur robotarna skulle arbeta. Robotarna programmeras till att plocka switchar, för kod se bilaga 7 och bilaga 8, och fixturerna laddades med switchar och hållare. Testet genomfördes med lyckat resultat. För demonstration av testet se länken: [https://youtu.be/41es1TZ\\_AW0](https://youtu.be/41es1TZ_AW0). Från testet utvärderas följande:

- Precision hos robotarna
- Kraft hos robotarna
- Precision av fixturer
- Kraft av fjädrar
- Uppreppningsprecision
- Funktionalitet över lag

Testerna behandlade inte monteringsid då alla komponenter inte var inblandade.

## 5. Resultat

Det slutliga konceptet presenterar och utvärderas del för del. En arbetsstation som uppfyller de satta krav och önskemål som Volvo satt på förstudien, se figur 5.1.



*Figur 5.1 - Slutgiltigt koncept för switchsammansättning. Författarnas egen figur.*

### 5.1 Komponenter

Då arbetsstationen består av flera olika komponenter, vissa köps in och andra måste tillverkas från grunden, presenteras och beskrivs varje komponent.

#### 5.1.1 Fixtur för switchar

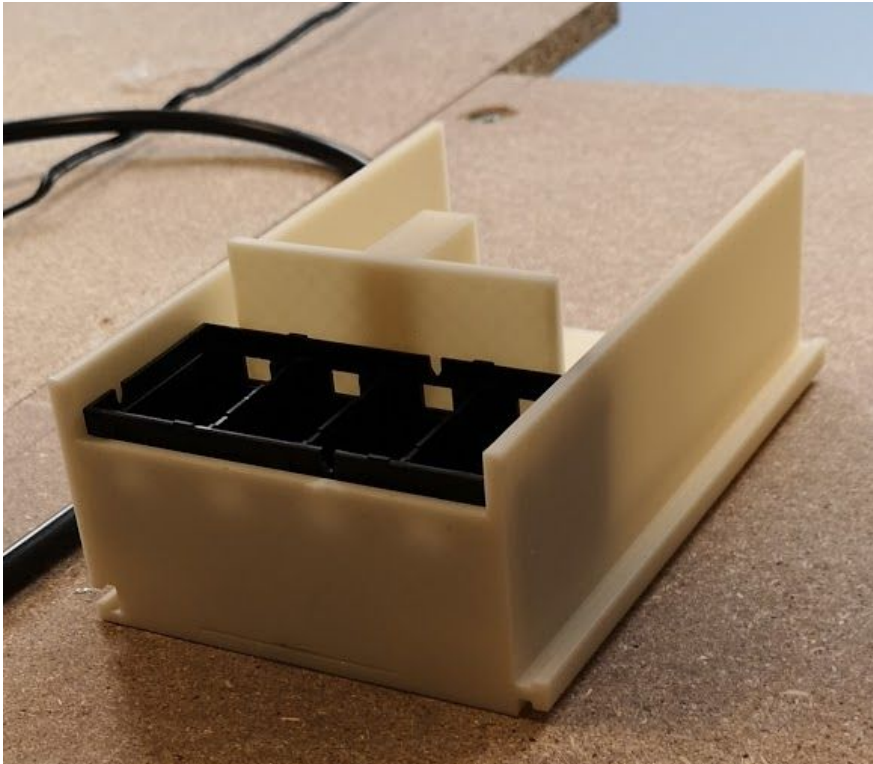
Fixturen för switcharna är utformad som en U-balk med ett spår i mitten, se figur 6.2. I spåret ligger det en konstantkraftfjäder som puttar på en platta som ser till att switcharna alltid hamnar på samma plats. Konstantkraftfjädern testades fram till att behöva ha en skjuvkraft på 1 N. Fixturen är även designad med ett spår för att sammankoppla flera fixturer. Tester visade att komponenten klarade sin uppgift att leverera switchar mekaniskt och switcharna hamnade alltid på rätt plats.



*Figur 5.2 - 3D printad modell av fixtur för switchar*

### 5.1.2 Fixtur för hållare

Fixturen för hållaren är även den utformad som en U-balk med ett spår i mitten, se figur 6.3, som också är utrustat med en konstantkraftfjäder. Det har använts en likadan fjäder i denna fixtur som i fixturen för switcharna. Toleranserna på denna fixtur är små för att hållarna inte ska glida i sidled då det skulle förstöra för switchmonteringen. Fixturen är även designad med ett spår för att sammankoppla flera fixturer. Från de tester som gjordes visade det sig att denna komponent klarar sin uppgift till 100%, utan några som helst fel.



*Figur 5.3 - 3D-printad modell av fixtur för hållare*

### 5.1.3 Stopp på transportband

Stoppet är utformat så switcharna alltid som hamna på samma ställe på transportbandet, se figur 6.4. Detta för att Dobot M1 alltid ska greppa switcharna exakt likadant så de inte kan hamna snett vid montering i hållaren. Tester visade att switcharna alltid hamnade på rätt position förutsatt att Dobot M1 placerade switcharna på transportbandet åt rätt håll.



*Figur 5.4 - 3D-printad modell av stopp för transportband*



#### 5.1.4 Glidstång

Glidstången har en högre repetitionsnoggrannhet än Dobot Magician, 0.01 mm, vilket ledde till att denna fick bli den komponent som väljer vilken switch som ska plockas. Genom att låta glidstången styra detta kommer Dobot Magician alltid att hamna på rätt ställe för att utföra sin rörelse. Glidstången finns att köpa på DOBOTs hemsida.

#### 5.1.5 Transportband

Transportbandet är ett enkelt transportband som kan ställas in i olika hastigheter och är utrustat med fästen på sidorna där sensorer och det framtagna stoppet kan fästas. Transportbandet finns att köpa på dobots hemsida.

#### 5.1.6 Dobot Magician

Kravet på Dobot Magician är nu endast att flytta switchen från hållare till band då Glidstången blev den del som bestämmer vilken switch som ska plockas. switcharna flyttas med hjälp av sugverktyget då detta inte kräver någon plats mellan switcharna sinsemellan och mellan switchar och fixtur. Roboten behöver då endast göra en typ av rörelse, flytta switchen 180 grader. Dobot Magician är kodad enligt Bilaga 7: KOD DOBOT Magician. Roboten klarade att tömma hela fixturen, 6st, vid testet utan att göra några fel, för att utvärdera detta fullt ut behövs en större fixtur men komponenten är helt klart godkänd i denna förstudie.

#### 5.1.7 Dobot M1

Dobot M1 har den kraft som krävs för att trycka ner switcharna i hållaren och har därför 5 olika rörelser, placera 4 switchar som kommer via transportbandet på sina respektive platser och sedan flytta den färdiga switchsatsen åt sidan. Roboten använder gripdonet då detta är ett stabilare verktyg som ger en högre precision än sugverktyget. Eftersom M1 är snabbare är Magician kommer alla rörelser att ske utan paus emellan. Testerna som gjordes visade att roboten har den precision och kraft som krävs för att utföra uppgiften. Koden till Dobot M1 finns att se i bilaga 8: KOD DOBOT M1.

## 6. Diskussion

Projektet började med en och samma tes men olika hjälpmedel för att lösa detta. Vi hade från början endast 2 stycken Dobot Magician att jobba med. På grund av att den roboten är för svag för att trycka switcharna i hållarna togs beslutet tidigt att vi kommer att behöva någon form av press efter monteringen för att kunna slutföra uppgiften. Fyra veckor in i projektet fick SII-labbet en ny robot, Dobot M1, som passade perfekt för denna uppgiften. Projektet tog en ny vändning och vi fick i stort sett börja om från början. Vilket gjorde att vi inte kunde följa det tidsschema som bestämts tidigare.

Volvos mjukvara Switchcalc är inte anpassad för denna typ av automatisering och gjorde att de tester som kördes gjordes via hårdkodning av en order, dvs att detta gjordes manuellt. Detta var något vi fick reda på efter första besöket på Volvo och la därför ingen tid för att ändra detta eller försöka komma på en lösning. Vi ansåg att detta låg som Volvos ansvar för vidareutveckling av projektet.

Alla produktkvalitets och ergonomiska brister som lyftes fram i intervjun med arbetsledaren på Volvo berodde på mänskliga fel, dvs kunde lösas helt genom att automatisera process. Att minska den mänskliga inblandningen i monteringsprocessen och använda arbetskraften till påfyllning och underhåll istället gör att både produktkvalité och ergonomiska problem bör kunna åtgärdas helt. LoA-matrisen visade som nämnt tidigare att processen var väldigt lämplig för automatisering, vilket och visade sig väldigt tidigt i projektet.

Genom att studera och analysera den nuvarande lösningen fick gruppen snabbt en tydligt bild om hur vi skulle komma fram till önskat resultat och kunde därför snabbt framställa prototyper och modeller för att testa om våra idéer fungerade. Problematiken uppstår istället när Dobot M1 inte uppdateras som den skulle och vi fick vända oss till manuell styrning av gripdonet för att simulera processen. Mycket tid gick åt för att felsöka och laga roboten men utan lycka. På grund av den misslyckade uppgraderingen fungerade roboten inte som den skulle, sämre hastighet, precision och trots samma kod gjorde roboten olika rörelser efter omstart. Något som gjorde att för varje provkörningen behövde koden ändras. Genom samtal med både Sven [11] och Dobots support framgick det att detta berodde till 100% på att roboten saknade de drivrutiner som krävs. I sent skede slutade även glidstången att fungera tyvärr, vilket gjorde att testerna fick ske stationärt, dvs utan förflyttning av Dobot Magician. Trots detta gjordes en lyckad testkörning tillslut och hoppas att få fart på glidstången i senare skede.

Ytterligare metoder för att jämföra och utvärdera de koncept som tagits fram kunde ha använts, men i och med att den tidsram som skulle följas blev försenad pga. problem med roboten kunde inte gruppen applicera fler matriser och metoder för att göra detta. De metoder som används har vi i gruppen använt i tidigare projekt och valde dessa igen för att de är lätta att förstå samt ger ett snabbt och tydligt resultat. I slutändan var vi nöjda med de resultat som de använda metoder gav och valde därför att lita på de få som använts.

Projektet tog som planerat fram en modell för hur det kan se ut och inte en färdig produkt, något som vi visste redan från början och blev väldigt nöjda med resultatet.

## 7. Slutsats och framtida rekommendationer

För att dra en slutsats av projektet kräver det en återkoppling till frågeställningen i 1.4.

- *Kan processen av att montera switcharna automatiseras?*

Ja, processen är i högsta grad möjlig att automatisera och detta löser de fallerande produktkvalité och ergonomiska problem som funnits i tidigare lösning. Genom att automatisera processen minskas den mänskliga felfaktorn betydligt.

- *Är Dobots ett lämpligt verktyg att använda inom industrin?*

Dobots är enligt vår förstudie ett bra val av robot för att automatisera just denna process. Genom att kombinera skrivbordsroboten Magician och semi-industri roboten M1 finns de egenskaper hos robotarna som krävs för att lösa uppgiften. Vi tror att skrivbordsrobotar och mindre robotar för arbetsstationer som denna är det som krävs för att ta klivet in i det man kallar Industri 4.0. Att automatisera monotona process är viktigt för att öka den effektivitet och produktkvalité som företag som Volvo är kända för.

### **Fel som kan uppstå efter automatisering och exempel på hur dessa kan lösas**

- Felplacering av switchar vid påfyllning:  
Kan lösas med hjälp av tydliga markeringar på varje fixtur för vilken switch som skall placeras vart och åt vilket håll.
- Felkalibrering av robot:  
Vara noga med att kalibrera robot efter angivet många cyklar.
- Påfyllning av hållare sker åt fel håll:  
Kan lösas med tydliga markeringar åt vilket håll de ska placeras

### **Rekommendationer för framtiden**

- Ändra mjukvaran Switchcalc för att direkt kunna översätta en order från PDF till färdiga rörelser för roboten. Detta är nödvändigt för att kunna automatisera processen till 100%
- Göra ytterligare tester för att se hur många cyklar robotarna klarar av att göra innan kalibrering krävs
- Installera sensor för att känna av när switchar börjar ta slut i de olika fixturerna
- Anpassa påfyllningen av fixturerna för de switchar som används mest, dvs fylla 2 av fixturerna med switchar som används ofta och 1 av de som sällan används.
- Skapa specialverktyg för robotarna för att säkerställa att det blir 100% rätt vid varje arbetscykel

# Källförteckning

## Referenser:

- [1] M. Bernard, "What is Industry 4.0? Here's A Super Easy Explanation For Anyone", *Forbes*, [Online], Tillgänglig: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/09/02/what-is-industry-4-0-heres-a-super-easy-explanation-for-anyone/#132b7d899788> (hämtad 2019-05-16)
- [2] N. Wiborg, "Automatisering och digitalisering - Mer än bara effektivitet", *Relight*, [Online], Tillgänglig: <https://relight.se/blogg/automatisering-och-digitalisering-mer-an-bara-effektivitet> (hämtad 2019-05-12)
- [3] F. Björk, M. Berg, "SMARTA INDUSTRIER - DEN FJÄRDE INDUSTRIELLA REVOLUTIONEN ÄR HÄR", *Sweco*, [Online], Tillgänglig: <https://www.sweco.se/nyheter/nyhetsartiklar/2018/smart-industri--den-fjarde-industriella-revolutionen-ar-har/> (hämtad 2019-05-10)
- [4] Nationalencyklopedin, Standardisering. /*uppslagsverk/encyklopedi/lång/standardisering* (hämtad 2019-05-01), [Online], Tillgänglig: <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/standardisering> (hämtad 2019-05-02)
- [5] Å. Larsson, "Industri 4.0 - en tillväxtmotor för Sverige?", *Ny Teknik*, [Online], Tillgänglig: <https://www.nyteknik.se/sponsrad/industri-4-0-en-tillvaxtmotor-for-sverige-6874890> (hämtad 2019-03-14)
- [6] P. Ottsjö, "Industri 4.0 skapar nya värden", *Ny Teknik*, [Online], Tillgänglig: <https://www.nyteknik.se/automation/industri-4-0-skapar-nya-varden-6832208> (hämtad 2019-03-14)
- [7] Å. Fast-Berglund and S. Mattsson, *Smart Automation - En metod för slutmontering*. Lund, Sweden: Studentlitteratur, 2017.
- [8] S.P.N Singh, K.J. Waldron, "Design and evaluation of an integrated planar localization method for desktop robotics", *IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2004. Proceedings. ICRA '04, 2004*, [Online], Tillgänglig: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1307973> (hämtad 2019-05-16)
- [9] DOBOT, [Online], Tillgänglig: <https://www.dobot.cc/dobot-magician/specification.html> (hämtad 2019-01-26)
- [10] DOBOT, [Online], Tillgänglig: <https://www.dobot.cc/dobot-m1/product-overview.html> (hämtad 2019-01-26)

- [11] Ekered. Sven; Forskningsingenjör. 2019. Enskilt samtal januari - maj.
- [12]T. Rayna, L.Striukova, “From rapid prototyping to home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation“, *Elsevier Inc*, [Online], Tillgänglig:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162515002425> (hämtad 2019-05-14)
- [13]TJ. McCue, ”How to Remove a 3D-Printed Support Structure”, *Lifewire*,[Online], Tillgänglig:  
<https://www.lifewire.com/removing-3d-printed-support-structure-2237> (hämtad 2019-05-14)
- [14] Mujkanovic. Elvedin; Produktionsingenjör. *Volvo*. 2019. E-mailkontakt 2019.04.16 - 2019.05-03.
- [15] Alveflo, Per-Anders, Automationsingenjör, *MTS automation and robotics Tooling and Equipment*. Enskilt samtal vid studiebesök 2019.04.10
- [16] I.Abrahamsson, S.Johansson, “Robotic Assembly of Swtiches”, *Department of Industrial and Mataerial Science at Chalmers*, 2018.
- [17] N. Lind, “Ny demonstrator: En robot som anpassar sig efter människan i produktionen”, *Högskolan i Skövde*, [Online], Tillgänglig:  
<https://www.his.se/Samverka-med-oss/Valj-Hogskolan/Samverkansplattformar/SIM2020/sim2020-ve/Ny-demonstrator-En-robot-som-anpassar-sig-efter-manniskan-i-produktionen/> (hämtad 2019-05-30)
- [18] P.Lindstedt “*The Value Model: How to Master Product Development and Create Unrivalled Customer Value*”, Publicerad 2003.

#### **Källor för bilder**

- [x]<https://www.techpowerup.com/reviews/Dobot/Magician/2.html> (Bilder på verktyg)
- [x] <https://forum.dobot.cc/t/3d-model-of-dobot-magician/229/26>

# BILAGOR

## BILAGA 1: DOBOT Magician specifications

### Specifications

Number of Axis	4
Payload	500g
Max. Reach	320mm
Position Repeatability(Control)	0.2 mm
Communication	USB / WIFI / Bluetooth
Power Supply	100 V - 240 V , 50/60 HZ
Power In	12 V / 7A DC
Consumption	60W Max
Working Temperature	-10°C - 60°C

### Axis Movement

Axis	Range	Max Speed (250g workload)
Joint 1 base	-90° to + 90°	320° / s
Joint 2 rear arm	0° to +85°	320° / s
Joint 3 forearm	-10° to +95°	320° / s
Joint 4 rotation servo	+90° to -90°	480° / s

### Physical

Net Weight	3.4KG
Gross weight ( Standard Version)	7.2KG
Gross weight ( Education Version)	8.0KG
Base Dimension(Footprint)	158mm × 158mm
Materials	Aluminum Alloy 6061, ABS Engineering Plastic
Controller	Dobot Integrated Controller
Robot Mounting	Desktop
Packing Size (L × W × H)	330mm x 325mm x 410mm
Carton Size for Standard Version (L × W × H)	380mm x 385mm x 480mm

Carton Size for Education Version (L × W × H) 380mm x 385mm x 480mm

### Applications

Software DobotStudio, Repetier Host, GrblController3.6, DobotBlockly (Visual Programming editor)

SDK ( Software Develop Kit ) Communication Protocol, Dobot Program Library

---

Extensible I/O Interfaces

1. I/O × 10 (Configurable as Analog Input or PWM Output)
2. Controllable 12V Power output × 4
3. Communication Interface (UART, Reset, Stop, 12V, 5V and two I/O included)
4. Stepper × 2

### Endeffectors

3D Printer Kit

Maximum Print Size (L × W × H)	150 mm × 150 mm × 150mm (MAX)
3D printing material	PLA
Resolution	0.1mm

---

Laser \*

Power Consumption	500mw
Type	405nm ( Blue laser )
Power	12V , TTL trigger ( With PWM Driver )

---

Pen Holder

Pen Diameter	10mm
--------------	------

---

Vacuum Suction Cup

Suction Cup Diameter	20mm
Pressure	-35 Kpa

---

Gripper

Range	27.5mm
Drive Type	Pneumatic
Force	8N

## BILAGA 2: DOBOT M1 specifications

SPECIFICATIONS	
<b>Reach</b>	400 mm
<b>Payload</b>	1.5 kg

### Maximum magnitude :

Type	Mechanical limitation	Software limitation
Rear arm	-90°- 90°	-85°- 85°
Forearm	-140°-140°	-135°- 135°
Z-axis screw	0mm-250mm	10mm-235mm
End-effector rotation	unlimited	-360°- 360°

### Maximum speed :

Joint speed of Forearm and Rear Arm	180°/s
Resultant speed of the Forearm and Rear Arm	2000 mm/s
Speed of Zaxis	1000 mm/s

**Repeatability :** 0.02 mm



<b>Input Requirements of Power Adapter :</b>	100 -240 V, 50/60 Hz
<b>Communication interface :</b>	Ethernet, RS-232C
<b>I/O :</b>	22 digital outputs, 24 digital inputs, 6 ADC inputs
<b>Software :</b>	M1 Studio
<b>System :</b>	Linux

## BILAGA 3: Linear Rail Specifications

### Specifications

Payload	5 kg
Effective Travel Distance	1000 mm
Maximum Speed	150 mm/s
Maximum Acceleration	150 mm/s <sup>2</sup>
Repeat positioning accuracy	0.01mm
Absolute positioning accuracy	0.25mm
Net Weight	4.7KG
Weight (including packing)	7.23KG
Dimension(Lenth × Width × Height)	1320mm × 120mm × 55mm

## BILAGA 4: Convoyer Belt Specifications

### **Conveyor Belt**

Payload	500 g
Effective delivering distance	600 mm
Maximum speed	120 mm/s
Maximum acceleration	1100 mm/s <sup>2</sup>
Net Weight	4.2 kg
Weight (including packing)	5.34 kg
Dimension	700 mm × 215 mm × 60 mm

### **Distance measuring sensor unit**

Measurable range	20 ~ 150 mm
Signal	Analog Output
Input	4.5 - 5.5 V

### **Color recognizing sensor unit**

Input	3~5 V
-------	-------

Detectable: non-glowing object

White LED embedded, on/off controllable

## BILAGA 5: PUGH-matris

Lösningar/Kriterium	Viktning	Referens	Koncept 1	Koncept 2	Koncept 3
Säkerhet	5		-1	0	0
Ergonomi	4		1	1	1
Hastighet	2		-1	-1	0
produktkvalitet	4		1	1	1
Flexibilitet	2		-1	-1	-1
Kostnad	5		-1	1	1
<b>Antal +</b>			2	3	3
<b>Antal -</b>			4	2	1
<b>Summa</b>			-2	-1	2
<b>Viktad Summa</b>			-6	9	11

Matrisens referenslösning är den nuvarande lösningen, dvs sammansättning av switchar och hållare för hand. Viktningen motiveras enligt följande:

### **Säkerhet**

Säkerheten för processen anses som det absolut viktigaste, då Volvo alltid haft säkerhet i fokus och vi ville därför följa deras värdemodell.

### **Ergonomi**

Ergonomiska problem leder till sjukskrivningar och missnöjda arbetare vilket påverkar företaget i helhet och viktas därför högt.

### **Hastighet**

Hastigheten var inte av stort fokus i projektet då switcharna ändå monteras snabbare än en lastbil byggs ihop, men måste ändå hålla en viss takt och viktas därför en 2a.

### **produktkvalitet**

produktkvaliteten har fått en hög viktning för att projektets huvudsyfte är till för att höja produktkvaliteten hos denna arbetsstation.

### **Flexibilitet**

Flexibilitet för processen handlar om att processen kan anpassas för andra uppgifter. t.ex om switcharna skulle ändra form så skulle konceptet inte funka. Risken för detta är liten och därför viktas flexibilitet som 2.

### **Kostnad**

Kostnaden för processen är viktigt för Volvo då målet för Volvo är att minska fel och därmed kostnad.

## BILAGA 6: Kravspecifikation

		Dokument- typ	Kravspecifikation				
		<i>Projekt</i>	Montering med Dobots				
	<i>Utfördare: Ola, Viktor</i>		<i>Skapad: 2019-03-06</i>				
			<i>Senast modifierad: 2019-05-14</i>				
<i>Kriterier</i>			<i>Målvärde</i>	<i>K/Ö</i>	<i>Vikt 1-5 där 5 är viktigast</i>	<i>Verifierings- metod</i>	<i>Referens (kravställare)</i>
<b>Funktion/er</b>							
Huvudfunktionen är montera switchar i hållare utan mänsklig inblandning.				K		Testkörning	Volvo
<b>1. Fixtur 1 - switchmatning</b>							
1.1	switchmängd per fixtur	switchar ska räcka för en dags produktion		Ö	4	Test	Volvo
1.2	Påfyllning	Ska ej gå att göra fel		Ö	5	Test	Volvo
1.3	Säkerhet	Ska vara minst lika säker som den nuvarande lösningen		K		Utvärdering	Volvo
1.4	Plats	Platsåtgång för processen ska inte vara för stor		Ö	1	Utvärdering med kund	Volvo
1.5	Kostnad	Lägsta möjliga tillverkningskostnad		Ö	3	Budget	Volvo
<b>2. Fixtur 2 - Hållarmatning</b>							
2.1	Hållarmängd per fixtur	Hållare ska räcka för en dags produktion		Ö	4	Test	Volvo
2.2	Påfyllning	Lätt att fylla på, ska ej gå att göra fel		Ö	5	Test	Volvo
2.3	Säkerhet	Ska vara minst lika säker som nuvarande lösning		K		Utvärdering	Volvo
2.4	Plats	Platsåtgång för processen ska inte vara för stor		Ö	1	Utvärdering med kund	Volvo
2.5	Kostnad	Lägsta möjliga tillverkningskostnad		Ö	3	Budget	Volvo

<b>3.</b>	<b>Dobot Magician</b>						
	3.1	Antal cykler utan fel	Kunna köra minst 10000 cykler utan kalibrering	Ö	3	Testkörning, mätning	Volvo
	3.2	Cykeltid	En cykeltid på högst 25 sekunder	K		Testkörning, tidtagning	Volvo
	3.3	Antal cykler	Kunna köra 400000 cykler innan robot bör skickas på service	Ö	4	Testkörning	Volvo
	3.3	Offlinekörning	Kunna köra roboten offline utan uppkoppling	Ö	5	Test	Volvo
	3.4	Säkerhet	Kunna köras med noll fara för operatör i närheten	K		Utvärdering	Volvo
<b>4.</b>	<b>Dobot M1</b>						
	4.1	Antal cykler utan fel	Kunna köra minst 25000 cykler utan kalibrering	Ö	3	Testkörning, mätning	Volvo
	4.2	Cykeltid	En cykeltid på högst 100 sekunder	K		Testkörning, tidtagning	Volvo
	4.3	Antal cykler	Kunna köra 100000 cykler innan robot för skickas på service	Ö	4	Testkörning	Volvo
	4.4	Säkerhet	Kunna köras med noll för operatörer i närheten	K		Utvärdering	Volvo
<b>5.</b>	<b>Fixtur 3 - switchstopp</b>						
	5.1	Placering av switch	Placera switchen på samma ställe varje gång	K		Testkörning, mätning	Volvo
	4.4	Hållfasthet	Aldrig behöva bytas ut	K		Utvärdering	Volvo

## BILAGA 7: KOD DOBOT MAGICIAN

```
i = None
"""Hämta switch från hållare och placera på transportband
"""
def switch1():
    current_pose = dType.GetPose(api)
    dType.SetPTPCmdEx(api, 4, (-52), 24, 49, current_pose[7], 1)
    dType.SetEndEffectorSuctionCupEx(api, 1, 1)
    current_pose = dType.GetPose(api)
    dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 129, (-165), (-10), current_pose[3], 1)
    current_pose = dType.GetPose(api)
    dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 129, (-165), 60, current_pose[3], 1)
    current_pose = dType.GetPose(api)
    dType.SetPTPCmdEx(api, 4, 52, 11, 38, current_pose[7], 1)
    current_pose = dType.GetPose(api)
    dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 112, 159, 33, current_pose[3], 1)
    dType.SetEndEffectorSuctionCupEx(api, 0, 1)
    current_pose = dType.GetPose(api)
    dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 112, 159, 60, current_pose[3], 1)

STEP_PER_CRICLE = 360.0 / 1.8 * 10.0 * 16.0
MM_PER_CRICLE = 3.1415926535898 * 36.0
vel = float(50) * STEP_PER_CRICLE / MM_PER_CRICLE
dType.SetEMotorEx(api, 0, 1, int(vel), 1)
for i in range(1, 5):
    switch1()
dType.SetWAITCmdEx(api, 2, 1)
```

## BILAGA 8: KOD DOBOT M1

i = None

```
"""Hämta switch och placera på plats 1 i hållare
```

```
"""
```

```
def pos1():
```

```
dType.SetArmOrientationEx(api, 0, 1)
```

```
current_pose = dType.GetPose(api)
```

```
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 164.3, 362, 180, 36, 1)
```

```
current_pose = dType.GetPose(api)
```

```
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 164.3, 362, 135.44, 36, 1)
```

```
dType.SetWAITCmdEx(api, 2000, 1)
```

```
current_pose = dType.GetPose(api)
```

```
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 164.3, 362, 180, 36, 1)
```

```
current_pose = dType.GetPose(api)
```

```
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 334.2, 202.3, 180, (-10), 1)
```

```
current_pose = dType.GetPose(api)
```

```
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 334.2, 202.3, 108, (-10), 1)
```

```
dType.SetWAITCmdEx(api, 2000, 1)
```

```
current_pose = dType.GetPose(api)
```

```
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 334.2, 202.3, 180, (-10), 1)
```

```
current_pose = dType.GetPose(api)
```

```
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 164.3, 362, 180, 36, 1)
```

```
"""Hämta switch och placera på plats 2 i hållare
```

```
"""
```

```
def pos2():
```

```
dType.SetArmOrientationEx(api, 0, 1)
```

```
current_pose = dType.GetPose(api)
```

```
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 164.3, 362, 180, 36, 1)
```

```
current_pose = dType.GetPose(api)
```

```
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 164.3, 362, 135.44, 36, 1)
```

```
dType.SetWAITCmdEx(api, 2000, 1)
```

```
current_pose = dType.GetPose(api)
```

```
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 164.3, 362, 180, 36, 1)
```

```
current_pose = dType.GetPose(api)
```

```
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 324.5, 201, 180, (-11), 1)
```

```
current_pose = dType.GetPose(api)
```

```
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 324.5, 201, 108, (-11), 1)
```

```
dType.SetWAITCmdEx(api, 2000, 1)
```

```
current_pose = dType.GetPose(api)
```

```
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 324.5, 201, 180, (-11), 1)
```

```
current_pose = dType.GetPose(api)
```

```
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 164.3, 362, 180, 36, 1)
```



```
""""Hämta switch och placera på plats 3 i hållare
```

```
""""
```

```
def leverans():
```

```
current_pose = dType.GetPose(api)
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 301.6, 195.3, 180, (-10.2), 1)
current_pose = dType.GetPose(api)
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 324.5, 201, 180, (-10.2), 1)
current_pose = dType.GetPose(api)
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 324.5, 201, 108, (-10.2), 1)
dType.SetWAITCmdEx(api, 2000, 1)
current_pose = dType.GetPose(api)
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 324.5, 201, 180, (-10.2), 1)
current_pose = dType.GetPose(api)
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 250, 195, 180, (-10.2), 1)
current_pose = dType.GetPose(api)
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 250, 195, 150, (-10.2), 1)
dType.SetWAITCmdEx(api, 2000, 1)
current_pose = dType.GetPose(api)
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 250, 195, 180, (-10.2), 1)
current_pose = dType.GetPose(api)
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 164.3, 362, 180, 36, 1)
```

```
""""Hämta switch och placera på plats 4 i hållare
```

```
""""
```

```
def pos4():
```

```
dType.SetArmOrientationEx(api, 0, 1)
current_pose = dType.GetPose(api)
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 164.3, 362, 180, 36, 1)
current_pose = dType.GetPose(api)
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 164.3, 362, 135.44, 36, 1)
dType.SetWAITCmdEx(api, 2000, 1)
current_pose = dType.GetPose(api)
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 164.3, 362, 180, 36, 1)
current_pose = dType.GetPose(api)
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 301.6, 195.3, 180, (-10.2), 1)
current_pose = dType.GetPose(api)
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 301.6, 195.3, 108, (-10.2), 1)
dType.SetWAITCmdEx(api, 2000, 1)
current_pose = dType.GetPose(api)
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 301.6, 195.3, 180, (-10.2), 1)
```

```
""""Leverera switch till slutmontering
```

```
""""
```

```
def pos3():
```

```
dType.SetArmOrientationEx(api, 0, 1)
```

```

current_pose = dType.GetPose(api)
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 164.3, 362, 180, 36, 1)
current_pose = dType.GetPose(api)
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 164.3, 362, 135.44, 36, 1)
dType.SetWAITCmdEx(api, 2000, 1)
current_pose = dType.GetPose(api)
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 164.3, 362, 180, 36, 1)
current_pose = dType.GetPose(api)
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 315.12, 196.37, 180, (-10.2), 1)
current_pose = dType.GetPose(api)
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 315.12, 196.37, 108, (-10.2), 1)
dType.SetWAITCmdEx(api, 2000, 1)
current_pose = dType.GetPose(api)
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 315.12, 196.37, 180, (-10.2), 1)
current_pose = dType.GetPose(api)
dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 164.3, 362, 180, 36, 1)

```

```

for i in range(1, 6):
    if i == 1:
        pos1()
    if i == 2:
        pos2()
    if i == 3:
        pos3()
    if i == 4:
        pos4()
    if i == 5:
        leverans()

```

## BILAGA 9: Intervju med Volvoanställd

An interview was made with a team leader and workers who have experience from the current station. The purpose was to find out as much as possible about the problems with the current station and possibly receive input about how to solve them. A summary of the interview can be read below:

### **How often are switches wrongly placed in the connector?**

It happens 2-3 times per week if experienced persons work at the station. Much worse with the rookies.

### **How long does it take to correct the error?**

It takes around 5 minutes. The dashboard needs to be taken apart

### **How often does it happen that switches are insufficiently pressed into the connector?**

It happens every day. It is so common that we don't have time to report it in QULIS.

### **What ergonomic problems do you experience with the current station?**

Assembly of switches:

- Strenuous for the hands when pushing the switches into the connector.
- The covers (blind plugs) are much harder to press in than the switches.

Kitting the switches:

- You have to walk back and forth in the aisle to dispose of cardboard and other garbage all the time.
- A lot of cardboard boxes have to be opened every day.

Other parts of the assembly process (placing and screwing the SID/CP, connecting the wiring loom) are OK. No problems to speak of.

**What other problems do you experience with the current station?**

- It takes a lot of time to find and correct faults due to incorrect placement of the switch. You have to go back in the production documents and find the right position for the switch.
- Some variants of switches are not included in the pick-to-light system, then you have to look for their article number on the shelf. This takes time.
- The panels are sometimes mixed up so that the wrong panel is mounted on a dashboard. Then you have to remove the dashboard from the truck. It takes 10 minutes.
- There is a hook-like tool that can be used to remove the hardwired type of switch, if it has been placed incorrectly. The problem is that you will most likely destroy the panel if you use it. Therefore, it is considered more efficient to take apart the dashboard and remove the panel and thereafter remove the incorrect switch from behind.
- Switchcalc documents are sometimes mixed up, since they are printed on paper and laid in bundles at the station. The kitting procedure is not affected by this because of the pick-to-light system, but the person assembling the panel will receive the wrong document.

# BILAGA 10: LoA Matris

## LoA - Matris

<b>LoA Fysisk</b>								
Totally automatic								
Flex, work station								
Static workstation								
Auto, hand tool								
Flex, hand tool								
Statistic hand tool								
Totally manuel	2	2		1	1			
	Totally manuel	Decision giving	Teaching	Questioning	Supervising	Intervene	Totally automatic	<b>LoA kognitiv</b>

## Loa - Analys

Montering av switchar i hållare

Steg 1 - få "switchcalc" att tala om vilka switchar som ska plockas (kognitiv nivå 2, fysisk nivå 1)

Steg 2 - följ "pick-by-light" och plocka de switchar som behövs (kognitiv nivå 5, fysisk nivå 1)

Steg 3 - placera hållare fixtur (kognitiv nivå 1, fysisk nivå 1)

Steg 4 - samla alla switchar i hållare enligt "switchcalc" (kognitiv nivå 2, fysisk nivå 1)

Steg 5 - tryck ner hållare på switcharna tills switcharna sitter fast som de ska (kognitiv nivå 1, fysisk nivå 1)

Steg 6 - kontrollera att switcharna sitter på rätt plats enligt "switchcalc" (kognitiv nivå 4, fysisk nivå 1)