



CHALMERS

Simulering av kitpreparering med olika automationsnivåer för drönartillverkning i Chalmers SII-lab

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet maskinteknik

Luqman Mohéd
Yad Omar

INSTITUTIONEN FÖR Chalmers University of Technology

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2020
www.chalmers.se

Abstract

In the manufacturing industry, the opportunities for automation have increased at the same time it is starting to be applied at a very fast pace. This has remained a great opportunity as the Fourth Industrial Revolution "Industrial Revolution 4.0" has started to take hold of the world. This development phase is considered and characterized by internet-of-things, digitalization and automation.

In Stena Industry Innovation Lab "SII-lab", research is currently being done on the planning of the collaboration between an operator and a cobot (collaborative robot) in a kit-preparation station which supplies drone components. These materials are transported to a production line where drone components are mounted. In the kit-preparation station, an operator is required to carry out the components to the production line, and in this case the operator need to work with a cobot.

The purpose of the project is to be able to simulate three different scenarios for the kit preparation in the Chalmers SII lab. The work in scenario 1 will be done manual, scenario 2 automatic and scenario 3 collaborative kit-preparation. These three scenarios are stimulated to understand what, how the distribution of tasks between the robot and the human should be planned and then be able to measure the effectiveness of the three different scenarios. This should be evaluated and compared for an efficient and synchronized flow with the production line to which the materials are transported. The goal is to ensure a collaborative work between a human and a robot in an efficient way and with a high level of safety for the operator.

The method that was used started with a literature survey, then the important parts of the process were modeled in CAD. Finally, the model was simulated to arrive at important results. Scenario three has shown best results compared to the other scenarios. The reason is that the human operator and the cobot work collaboratively, which can increase the variance on material type. The operator can handle materials that require intelligence, caution and high quantities when picking up, while the robot can handle materials with heavy weights that require precision and point safety.

Collaboration between humans and robots is the most suitable scenario for the future industry to achieve maximum flexibility, reduced risk and increased productivity.

Förord

Detta examensarbete vid industri- och materialvetenskap skrevs och utfördes under våren 2020. Det här examensarbetet är den avslutande etapp på högskoleingenjörsutbildningen inom maskinteknik med inriktning produktionsutveckling vid Chalmers Tekniska Universitet.

Först och främst vill gruppen lämna ett stort samt speciellt tack till vår handledare Patrik Fager, som har visat sitt engagemang samt intresse i arbetet till det yttersta och som välkomnade oss med öppna armar och med ett stort leende på läpparna. Ytterligare enormt tack till Patrik Fager som gav sitt bästa råd under de mest komplicerade tiderna.

Fortsättningsvis vill gruppen även tacka examinatorn Åsa Fash Berglund som gav oss möjligheten att göra själva examensarbete till oss och tyckte att vi var lämpliga att ta oss an den.

Avslutningsvis vill gruppen tacka alla lärare på programmet för dessa fantastiska tre utbildningsåren i den här underbara skolan, även vill gruppen självklart tacka alla studenter som har gjort dessa år så lysande som möjligt.

Innehåll

1. Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och forskningsfrågor	2
1.3 Problemformulering	3
1.4 Avgränsningar	3
2. Teori	4
2.1 Kitpreparering	4
2.1.1 Kitting-preparations kvalitet	4
2.1.2 Kitting-preparations flexibilitet	4
2.1.3 Kitting-preparations effektivitet	4
2.1.4 Fördelar med kitpreparering	5
2.1.5 Nackdelar med kit-preparation	5
2.2 Plockmetoder vid manuell plockning	5
2.2.1 Listbaserad (Pick-by-list)	6
2.2.2 Ljudbaserad (Pick-by-voice)	6
2.2.3 AR, Förstärkt verklighetsbaserad (Pick-by-vision)	6
2.2.4 Ljusbaserad (Pick-by-light)	7
2.3 Ergonomi	7
2.4 Riskanalys	7
2.5 Säkerhet	8
2.5.1 Sensorer	8
3. Metod	9
3.1 Genomförande	9
3.1.1 Litteratursökning	9
3.1.2 CAD Catia	9
3.1.3 Simulering	10
3.2 Simulering och analys	12
3.2.1 Val av simulering	12
3.2.2 Utförande av simulering	12
3.2.3 Beräkning av Rapid Upper Limb Assessment - RULA	13
4. Resultat	18
4.1 Scenario 1: Manuell kitting	18
4.1.1 Processbeskrivning	18
4.1.2 Experimentellt uppmätta tider för scenario 1	19

4.1.3 Cykeltid av simuleringsmodellen	19
4.1.4 Ergonomi	19
4.1.5 Behov av golvyta vid Scenario 1	20
4.2 Scenario 2: Automatisk plockning	20
4.2.1 Processbeskrivning	21
4.2.2 Cykeltider från simuleringsmodell	21
4.2.3 Behov av golvyta vid Scenario 2	22
4.3 Scenario 3: Kollaborativ kitting	22
4.3.1 Processbeskrivning	22
4.3.2 Cykeltid från simuleringsmodell	23
4.3.3 Behov av golvyta vid Scenario 3	24
5. Diskussion och Slutsatser	25
5.1 Diskussion utifrån frågeställningarna	25
5.1.1 Scenario 1: Manuell kitting	25
5.1.2 Scenario 2: Automatisk plockning	26
5.1.3 Scenario 3: Kollaborativ kitting	26
5.2 Slutsats	27
5.3 Förslag på vidarestudier	28
Referenslista	29

1. Inledning

I detta kapitel presenteras först projektets bakgrund. Därefter presenteras projektets problembeskrivning, syfte och forskningsfrågor. Avslutningsvis presenteras de avgränsningar som gjorts för projektet.

1.1 Bakgrund

Inom tillverkningsindustrin har möjligheterna för automatisering ökat samtidigt börjar det appliceras i en väldigt hög takt. Detta har förblivit en stor möjlighet då fjärde industriella revolutionen, det vill säga “industriella revolutionen 4.0”, har och samtidigt börjar ta stort grepp om världen. Denna utvecklingsfas anses och kännetecknas av bland annat automatisering samt robotteknik. Egentligen kan “artificiell intelligens inkluderas i denna revolution, men självklart finns det olika aspekter samt nivåer på AI. Den aspekten som oftast brukar förknippas med AI är självmedvetande. Det finns fyra nivåer av AI: Automatiserad intelligens, vilket innebär automatisering av manuella och standardiserade rutinuppgifter. Assisterad intelligens, som hjälper människor att utföra uppgifter snabbare samt bättre. Förhöjd intelligens, gynnar människor att fatta bättre beslut. Autonomintelligens är i självverket automatiserade beslutfattarprocesser utan mänsklig inblandning. Utav dessa fyra olika nivåer skall det användas automatiserad intelligens, eftersom robotarmen skall utföra rutinuppgifter med hjälp av förskrivna koder. Den aspekten som Industri 4.0 syftar till samt som kan kopplas till vårt arbete är att koppla upp allt i en produktionskedja till nätet, med andra ord automatiseras samt digitaliseras. Då förblir den vanliga fabriken till “smarta” fabriker. Inne i dessa smarta fabriker övervakas de fysiska processerna med hjälp av cyberfysiska system. Denna aspekt är från en fabrik samt logistiskt perspektiv, vilket undersökningens resultat stödjer idén om att intern logistik samt förberedelse av kit har stor potential för att automatisera tillverkningsindustrin. (Christin Lindholm, 2020)

Det finns ytterligare tre aspekter inom Industri 4.0. Nämligen samhällspåverkan, utmaningar och framtida utveckling. Inom aspekten samhällspåverkan menas det att genom anskaffning Industri 4.0 kommer själva produktiviteten allmänt att öka. Aspekten utmaningar kan beskrivas som följande, via Industri 4.0 kommer det uppkomma stora utmaningar samt förändringar. Exempelvis kommer nya datasäkerhetsfrågor uppkomma när det nya systemet börjar integreras. I aspekten framtida utveckling är kommunikation för industri 4.0 väldigt viktigt. 5G (5:e generationens mobiltelefoni) ger möjligheten till detta. 5G är den nästa stora mobiltelekommunikations standard med möjligheten att koppla allt som är digitalisera. Denna studie bekräftar att förbättringen av kommunikationen kommer resulterat till självklart ökad produktivitet och samtidigt ökad smidighet gentemot integrationerna mellan människa och robot. (Christin Lindholm, 2020)

I SII-lab försöks det att utnyttja roboten till sin fulla potential. Så att den kollaborativa robotar kan fungera med precision, säkerhet och stabilitet på önskad upplockning område samt släppning av objekt. Operatören behöver inte förflytta den kollaborativa robotarmen manuellt, eftersom roboten har ett avancerat fäste som programmeras för rörelse. Men framöver i framtiden kommer robotarmen vara monterade på en självkörande truck, det vill

säga en AGV. Samtidigt gör det så att det finns en stor risk för slitningsskador. Därför är den kollaborativa roboten automatiserad, vilket möjliggör en skonsammare hantering av robot och människa integrationen, som resulterar till snabbare, effektivare och mer praktisk förflyttning då själva styrningen sker via en huvuddator.

Matning av komponenter till monteringslinjen i förutbestämda mängder placeras tillsammans i specifika behållare och detta arbetsmoment kallas för kitting i industribranschen. Ett kit kan allmänt ses som en behållare som innehåller ett specifikt sortiment av delar som används i en eller flera monteringsoperationer i anläggningen. (Bozer & McGinnis, 1992)

I olika satser presenteras alla föremål i en logisk ordning så att de kan förflyttas från behållaren så snabbt som möjligt utan skador. Det är viktigt att hålla det enkelt och att själva satsen är strukturerad eller utformad på ett förutbestämt samt effektivt sätt. (Lean Advisors, 2008)

Den typ av komponenter som krävs för varje kit-typ anges av en kit-struktur. Kit-montering är en operation där alla komponenter eller delkomponenter som krävs för en viss kit-typ placeras fysiskt i lämpliga kit-behållare. Konceptuellt är kit-montering en orderplockning operation. (Bozer & McGinnis, 1992)

I SII-lab forskas det idag planering av arbetet mellan en operatör och en cobot (kollaborativ robot) i en kittingsstation som kittar material till en drönare. Dessa material transporteras till en produktionslina där drönarkomponenter monteras. I kitingstationen krävs det en operatör som utför arbetet till produktionslinan, och i detta fall skall operatören arbeta med en cobot.

1.2 Syfte och forskningsfrågor

Syftet med projektet är att kunna simulera tre olika scenarier för kitprepareringen i Chalmers SII-lab. Arbetet i scenario 1 är manuell, scenario 2 automatisk och scenario 3 kollaborativ kitting. Genom simulering av dessa tre scenarier för att förstå vad, hur uppgiftsfördelningen mellan roboten och människan ska planeras och därefter kunna mäta effektiviteten på dem tre olika scenarierna. Detta skall utvärderas och jämföras för ett effektivt samt synkat flöde med produktionslinan som materialen transporteras till. Målet är att se till ett kollaborativt arbete mellan en människa och en robot på ett effektivt sätt och med en hög säkerhet för operatören. Projektet görs i SII-lab på Chalmers Tekniska Högskolans lokaler.

Uppgiften som studeras utgår på att en robot och en mänsklig operatör skall kunna samarbeta och utföra ett plockningsarbete av olika material som skall transporteras från en kittingstation till en produktionslina.

De olika scenarierna är:

Scenario 1: Arbetet utförs endast av en mänsklig operatör (manuellt)

Scenario 2: Arbetet utförs endast av en robot (automatikst)

Scenario 3: Arbetet utförs kollaborativt mellan operatören och roboten

För att vägleda arbetet med projektets syfte har tre forskningsfrågor formulerats:

Forskningsfråga 1: Vilket utav de tre scenarierna är mest effektivt att tillämpa sig med?

Forskningsfråga 2: I vilka situationer är de olika tre scenarierna lämpliga att använda?

Forskningsfråga 3: Vilka för- och nackdelar med de olika scenarierna?

1.3 Problemformulering

Detta projekt skall besvara skillnaden på arbetseffektiviteten som de tre olika scenarierna har, samt att kunna upprätthålla säkerheten för operatören för att kunna möjliggöra ett kollaborativt arbete med roboten. I SII-lab skall det kunna planeras arbetet för operatören och roboten, samt kollektivt arbetet, därför behöver processen simuleras. Ett problem som kan uppstå är hur snabbt roboten arbetar vid närvaron av en operatör, samt hur plockningsarbetet kommer att funka så att störningar på flödet inte uppstår.

1.4 Avgränsningar

I projektet skall det inte behandlas huruvida roboten greppar de olika materialen vid ett plockningsarbete. Viket är en stor faktor som kan påverka tids samt distansmätningen vid ett pågående arbete. Roboten i nuläget behöver installeras därför skall tidigare forskning på robotaktiviteter vara till hjälp när mätningarna på taktiden analyseras.

Projektet skall heller inte behandla hur transporten till produktionslinan av materialen efter plockning går till, eller vilken sekvens ska materialplockningen gå efter.

Materialpåfyllning är en stor faktor som kan reglera takt till flödet, men detta kommer inte att behandlas i projektet. Här antas att material är tillgängligt kontinuerligt. Projektet skall likaså inte behandla layoutkostnader som projektet kräver.

2. Teori

I detta kapitel presenteras projektets teoretiska grund om kitting och automatiserat plockningsarbete.

2.1 Kitpreparering

Två typer av kit observerades av Bozer & McGinnis (1992), stationära satser och resande kit. En stationär sats levereras till en arbetsstation och den förblir där tills den är uttömd. Produkten som monteras flyttas från en station till en annan. En resesats hanteras tillsammans med produkten och det stöder flera arbetsstationer innan det blir uttömd. Ett kit innehåller vanligtvis inte alla delar som krävs för att montera en enhet av slutprodukten på grund av komplexiteten eller produkt storleken.

I sökning på mer effektiva och flexibla produktionssystem tillsammans med möjligheten till bättre arbetsförhållanden har mycket parallelliserade monteringsystem med långa cykeltider utvecklats. I allmänhet kräver produktlinjer fler och fler delnummer på grund av en växande mångfald av varianter. En nackdel med dessa parallella och långa cykeltidssystem är deras komplicerade materialmatning. Därför har kit-system beaktats och utvecklats. (Johansson, 1991)

2.1.1 Kitpreparering-kvalité

Användnings samt tillämpning av kitting kan förbättra kvaliteten av själva monteringsprocessen. Detta eftersom det förblir lättare för operatören, i detta fall att hitta rätt komponenter (Medbo 2003). Kitting även äventyra, det vill säga riskera monterings kvaliteten. Man sätter monteringsprocesserna i risk då vid förberedelse av kitting kan kit-fel uppstå. För att kitting skall fungera på den mest effektivaste sättet måste man tillämpa åtgärder, som resulterar till att minska antalet kit-fel, eftersom kit-fel är ekvivalent gentemot kostnad, med andra ord kan mindre fel vid produktion leda till lägre kostnader. De platser i materialflödet som förberedelserna av kit utförs är nämligen viktigt för själva responstiden för leverans av komponenter, för att korrigera kit-fel. (Caputo, Pelagagge och Salini, 2017)

2.1.2 Kitpreparering-flexibilitet

Enligt Bozer & McGinnis finns det flexibilitetsfördelar vid kit förberedelser när den tillämpas med en blandad modellmontering, speciellt när det finns en stor variant på komponenterna. Flexibilitet vid framställning av material hänför sig till förmågan hos materialberedningsprocessen att ge svar på förändringar som uppstår i krav från montering, med andra ord det som kommer från förändringar i produktionssystemet. Flexibilitet har i avsikt ett systems förmåga att svara på omständigheter som krävs att systemet förändras samtidigt straffas den i form av tid, kostnad samt ansträngning. (Bozer och McGinnis 1992)

2.1.3 Kitpreparering-effektivitet

Effektivitet är själva effektiviteten i produktiva ansträngningar särskilt inom industrin, samt är den mätt i produktion per insatsenhet. Enligt Hanson och Medbo utförs kit-preparations huvudsakligen genom manuellt arbete. Samtidigt är det de arbetstimmar som krävs, som

anses som den största nackdelen med att tillämpa kitbaserade materialförsörjning (Bozer och McGinnis, 1992). Effektiviteten kan bero på mängden resurser som krävs för att utföra materialförberedningen. De huvudsakliga resurserna som påverkar effektiviteten är klarligen arbetstid, lager, utrustning samt golvyta. Effektiviteten går i linje med att det kan bestämmas med hjälp av olika typer av produktivitet relaterade till de olika resurserna som nämndes ovan. De olika typerna är: plockningseffektivitet, förberedningseffektivitet, utrymmeseffektivitet, transporteffektivitet och blanseffektivitet. (Hanson och Medbo, 2019)

2.1.4 Fördelar med kitpreparering

Det finns fördelar med kitting jämfört med andra materialförsörjningsmetoder. Till exempel:

1-Att lösa problem med arbetsutrymme, att spara utrymme på arbetsstationerna, om materialen levererades i materialbehållare, det vill säga en låda med många identiska komponenter i samma behållare, skulle detta ha resulterat i en enorm anläggning.

2-Att lösa kvalitetsproblem, exempelvis komponenter kan presenteras i sekvens eller monteringsordning i ett specialpaket som säkerställer korrekt montering.

3-Fördelar med materialhantering, till exempel minskad materialhantering, istället för att skicka enstaka delar, skickas en samling av delar till monteringslinjen.

4-Fördelar med flexibilitet, till exempel mindre arbete i process på arbetsstationerna och därmed kortare ledtider (Medbo, 2003).

5-Kortare upplärnings perioder för operatören vilket som leder till en minskning på utbildningskostnaderna.

2.1.5 Nackdelar med Kitpreparering

Det finns även några nackdelar med kitting jämfört med andra materialförsörjningsmetoder, till exempel:

1-Kitting ökar sannolikt behovet av lagringsutrymme, speciellt när kit är förberedda i förväg. (Bozer & McGinnis, 1992)

2-Att förbereda materialen kräver lite tid och ansträngning, vilket är en aktivitet som inte tillför värde. (Bozer & McGinnis, 1992)

3-Kitting ökar sannolikt behovet av lagringsutrymme, speciellt när kit är förberedda i förväg. (Bozer & McGinnis, 1992)

2.2 Plockmetoder vid manuell plockning

Fager beskriver hur plockinformation är gränssnittet mellan operatören och systemet, vilket möjliggör interaktion mellan dessa två. Informationen hänvisar till listan över komponenter som bör samlas till plocklådan under plockningsarbetet (Fager, 2018). Det förekommer tre huvudsakliga saker som plockningsinformationen överför till operatören:

- Vad som ska plockas
- Varifrån plockningen ska göras
- Platsen till där den / De plockade komponenten / Ska placeras

Informations mediet hänvisar till mekanismen och tekniken genom vilken operatören förvärvar information om plockning och placering. Det finns fyra huvudtyper för att välja informationsmedier eller så kallade plockningsmetoder:

1. Listbaserat system
2. Ljusbaserat system
3. Ljudbaserat system
4. AR, Förstärkt verklighetsbaserad (Pick-by-vision)

2.2.1 Listbaserad (Pick-by-list)

Lopienski hävdar att det fungerar genom att följa en lista där det står vad man skall plocka. Dessa listor kan exempelvis var på monitorer, som datorer eller nuförtiden IPads. Men vanligen är det på pappersformat, där man använder en penna som markör vid upplockat objekt. Det finns det för- och nackdelar med denna metod. Huvudfördelen är kostnaden, eftersom man behöver i princip enbart ett pappersblad. Ytterligare en fördel är att det är väldigt enkelt att implementera denna plockningsmetod. Huvudnackdelen anses vara att metoden inte är flexibel, av den orsaken att det krävs etiketter. (Lopienski, 2019)

2.2.2 Ljudbaserad (Pick-by-voice)

Pick-By-Voice är ett ljud baserad plockningsmetod. Man får upplockningsinformationen genom att höra det, med hjälp av exempelvis ett headset eller högtalare. Fördelen är själva kvaliteten, eftersom riktlinjerna är väldigt tydliga. En nackdel är att effektiviteten kan påverkas, speciellt i täta arbetsområden. Likväl som list baserade metodens nackdel är flexibilitet en nackdel här med och detta av samma ovan förklarade orsak. (AL systems, 2011)

2.2.3 AR, Förstärkt verklighetsbaserad (Pick-by-vision)

AR står för "Augmented Reality" och kan översättas som förstärkt verklighet eller förhöjd verklighet på svenska. Förstärkt verklighet är en kombination av ett visuellt lager av data och verkligheten. Reif & Günthner förespråkar för att kvalificera något som AR krävs det att sinnesintrycket skall komma från det digitala samt verkligheten på samma gång. Även båda världarna, det vill säga det digitala och verkliga ska matcha varandra geometriskt, samtidigt som det sker i realtid. AR lägger till digitala element till en smart kamera, exempelvis mobilkamera, vilket skapar en illusion om att holografiskt innehåll är en del av den fysiska världen omkring dig., men i detta projekt skall det behandlas Google smart glasögon. Den letar då efter en markör eller yta, som referenspunkt för att presentera datan. Datan kan vara förslagsvis bild, video, ett 3D-objekt eller text. Det AR tillbringar till projektet är att den ger riktlinjer på positionen av den nästkommande aktiviteten som skall utföras. Fördelen med denna plockningsmetod är att den är väldigt effektiv, då du kan bokstavligt talat visualisera. Nackdelen är att kostnaden är stor på själva AR-hårdvaran. (Reif & Günthner, 2009)

2.2.4 Ljusbaserad (Pick-by-light)

Det ljusbaserade plockningsmetoden, innebär med hjälp av en indikator i form av exempelvis lampa som behöver kvitteras vid plockning av komponent. Denna plockningsmetod påpekar var det skall plockas samt kvantiteten som krävs. Operatören behöver enbart trycka på knappen bredvid lampan för att bekräfta upplockningen. Fördelen är att det bidrar till ökad plockningseffektivitet även i täta ytor. Däremot är nackdelen att det kan vara svårt att omplacera lamporna då de är kopplade med kablar som alstrar elektricitet. Kostnaden kan även anses som en nackdel. (AL systems, 2011)

2.3 Ergonomi

Projektet kommer även att iaktta huruvida säkerheten är på arbetsplatsen därför är det viktigt med ergonomiaspekter. Ergonomi kan definieras som läran om anpassning av miljö samt arbete till själva människans behov och förutsättningar. Wilson betonar att ergonomin beskriver hur interaktionen mellan arbetsmiljö och arbetsredskap påverkar människan. Med tanke på att två utav de tre scenarierna kräver mänskliga operatörer eller en form av mänsklig interaktion med maskinerna. Dessa scenarier förhållandevis till den ergonomiska belastningen på den mänskliga kroppen kan värderas, detta i form av en så kallad riskanalys. (Wilson, 2000)

Enligt Berglund och Karlton förespråkar att HTO (Human, Technology, Organisation) är ett koncept som beskriver sambandet mellan människor, teknologi och organisationen. Ett användbart koncept för att bättre förstå komplexa system där människor utför arbetsuppgifter genom samarbete med teknologi och organisationen. Tanken med HTO är att designa teknologi och organisationen iterativt, genom att ha i åtanke mänskliga behov och begränsningar. Till skillnad från att för utveckla teknologi, anpassa organisationen till teknologin och att sedan använda människan för att kompensera för designbegränsningar i resultatet. HTO kan användas vid produktutveckling, för att förstå komplexa arbetsuppgifter, för säkerhet och för att förbättra hälsa och produktivitet. För produktutveckling så kan HTO användas när man vill höja produktivitet inom ett arbetssystem eller om det uppstått ett problem med en redan existerande produkt. (Berglund och Karlton, 2007)

Denna studie bekräftar att en väldigt komplex arbetsuppgift som är svår att förstå kan det genom HTO studeras och strukturera sambanden och interaktionen mellan arbetaren, de teknologiska lösningar som används inom arbetet och resten av organisationen. HTO har ett stort samband med ergonomi samt har en stark koppling till projektet, då den mänskliga operatören och coboten integrerar tillsammans på samma arbetsområde.

2.4 Riskanalys

Att göra riskanalys är viktigt för detta projekt eftersom människor jobbar nära robotar i ett av scenarierna som studeras. Morgan & Henrion konstaterar att riskanalys används för att skapa ett skydd som passar situationen. Detta går i linje med att mestadels handlar om på en systematisk metodik kunna använda sig utav den tillgängliga informationen, som en tänkbar hypotes skall beräkna samt beskriva risker som kan uppstå. (Morgan & Henrion, 1990)

Undersökningens resultat stödjer idén om att sannolikheterna för de olika oönskade händelserna även dess konsekvenser bedöms samt värderas i ett så kallad riskanalys.

Gustafsson förespråkar att det finns en rad positiva bieffekter av hantering samt användning av riskanalys. (Gustafsson, 1997)

Med andra ord fördelar, exempelvis:

- Förbli medveten angående hotet.
- Kunskaper att hantera risker.
- Underlag för att fatta rätt beslut.
- Överblicks framtagning av verkligheten, det vill säga en realistisk bild av verkligheten.
- verklighetssinnad samt trovärdig värdering av risker.

Som det nämns ovan är det viktigt med riskanalys för projektet eftersom människor arbetar nära robotar i ett slutet system. Därför är det essentiellt för den mänskliga operatör att vara medveten på vilka risker det finns när det arbetas kollaborativt med roboten. Genom att uppmärksamma operatören kan det utföras det krävande felåtgärderna om det sker något fel. Med hjälp av dessa information kommer operatören få en överblick på hela arbetsområdet samt höja säkerheten för själva operatören.

2.5 Säkerhet

Ett fundamentalt kriterium inom industrin är att arbetsplatser ska vara säkra och hälsosamma, samtidigt som de är fria från skador, sjukdomar och dödsfall. Här är säkerhet avgörande för alla företag, oavsett företagets storlek eller bransch. Utan lämpliga säkerhetsåtgärder på arbetsplatsen sätter ett företag sina anställda, kunder, varumärke och intäkter i fara. Dessutom kan misslyckande med att lära anställda hur man upprätthåller en säker arbetsmiljö leda till arbetsolyckor, skador och i värsta fall dödsolyckor. Därför är det viktigt i projektet att förebygga arbetsolyckor som kan förekomma i det dagliga arbetet. Säkerhet är viktigt i projektet eftersom studierna handlar om processer där människor och robotar jobbar nära varandra.

2.5.1 Sensorer

Säkerhetssensorerna är närvarodetektering utrustning som oftast används i maskin skydda applikationer för att upptäcka närvaron av något objekt eller person. Säkerhetsbrytare är säkerhetsanordningar som övervakar rörliga säkerhetsskydd som dörrar, lock, axlar och så vidare. Säkerhetssensorer och brytare spelar en avgörande roll för att säkerställa säkerhet för anställda och arbetare i HMI (Human Machine Interface). Dessa produkter fungerar som en bro mellan människa och maskininteraktion för att undvika arbetsrisker. Säkerhetssensorerna omfattar ett brett utbud av komponenter som infraröda sensorer, fiberoptiska sensorer, närhetsgivare, syns sensorer, magnetiska sensorer och ultraljudssensor.

I detta projekt skall sensorer användas i scenario tre som omfattar samarbete mellan robot och operatör. Olycka kan uppstå i en delad zon som operatören och roboten jobbar i samtidigt, därför är det viktigt att roboten reducerar hastighet när operatören är i det delade zonen. Detta skall säkerställas med hjälp av sensorer som kännetecknar när operatören har kommit in eller ut ur den delade zonen, på så sätt kan operatören jobba emot rygg till roboten utan att ha oro. Detta koncept är tänkt att appliceras i layouten vid behov.

3. Metod

Projektets metodik skall utföras i olika faser för att definiera problem, utveckla lösningar samt stegvis beskriver hur arbetsgången för att få önskad resultat ska gå till. De olika faserna beskrivs nedan.

3.1 Genomförande

Arbetet startade med en litteratursökning, se avsnitt 3.1.1. Därefter modellerades viktiga delar processen i CAD, som beskrivs i 3.1.2. Efter det förklaring samt påverkan utav simuleringen har, visas i 3.1.3.

3.1.1 Litteratursökning

Litteratursökning är ett grundläggande steg för att utföra en god autentisk forskning. Det hjälper till med att formulera en forskningsfråga och planera studien. Den tillgängliga publicerade informationen är enorm därför är det en konst att välja lämpliga artiklar som är relevanta för din studie. Det kan vara tidskrävande, tröttande och kan leda till ointresse eller till och med överge sökning däremellan om det inte görs stegvis. Olika databaser finns tillgängliga för litteratursökning. Litteratursökning är också en systematisk och välorganiserad sökning från en redan publicerade data för att identifiera en rad av referenser av god kvalitet om ett specifikt ämne. Skälen till litteratursökning är många som inkluderar olika information för att göra bevisbaserade riktlinjer, ett steg i forskningsmetoden och som en del av den akademiska bedömningen. Huvudsyftet med en grundlig litteratursökning är dock att formulera en forskningsfråga genom att utvärdera den tillgängliga litteraturen med ett öga på luckor som fortfarande är möjliga för vidare forskning.

3.1.2 CAD Catia

Designtech Academy beskrev att programvaran Catia som kan tillämpas i olika matriserna och ett vinnande koncept påbörjas i en CAD - modellering i verktyget Catia. Eftersom projektet inte skulle innefatta en fysisk produkt är Catia ett bra hjälpmedel för att visualisera och visa en produkt. Modellen kommer vara fullständig och i skala 1:1. Olika komponenter, tillhörande roboten, fanns som färdiga CAD - filer. Tanken var att de ska infogas i modellen för att en tydligare bild av konceptet. Programvaran var till hjälp för att kunna simulera de olika delkomponenter och robotarbetet i helhet. Catia inspirerade till en förhöjd användarupplevelse och utveckling av produktdesign genom att involvera flera perspektiv i skapandet av produktdesign och samtidigt tillåter flera alternativ förbättra sina standardverktyg under hela produktutvecklingsprocessen. Således fungerar programvaran, alltså Catia som bäst för industriella- och produktdesigners, samt maskiningenjörer. Med hjälp av programvaran fås det en atmosfär i 3D-format, vilket möjliggjorde social delning av produktdesign och samarbeten med produktmodelleringen. Det fanns naturligtvis stora fördelar med användning av Catia. (Designtech Academy, 1998)

Det indikerades även att en av huvudfördelarna är att det spara pengar och tid. Förmodligen tillbringar programvaran en inbyggd förändringshanteringsfunktion, för att hjälpa till med automatiska uppdateringar. Detta tolkades som att förändringar i tillverkningsprocessen minskar. På grund av de automatiska uppdateringarna i den inledande fasen, sparar användaren både pengar samt tid utan att vara behov av att starta om hela processen från början. Även när det uppstod fel kan man verkställa åtgärder mot felet utan svårigheter.

Ytterligare en fördel är de geometriska specifikationerna för kompositdelar som kunde göra skapandet av dessa delar komplexa och det maximerar risken för fel. Men det hjälper användaren att kontrollera geometrier med flera delar. Dessa inkluderar också de kärnförstyvade delarna. En överraskande fördel är att man kan förutsäga beteendet hos delar med komplexa ytor och tillåta ändringar vid behov. Därför var det givet att använda sig av Catia under projektets gång. (Designtech Academy, 1998)

3.1.3 Simulering

Simulering är ett sätt att skapa en kopia av verkligheten i en kontrollerad miljö. Huvudmålet med simulering är att på ett enklare sätt kunna dra slutsatser om hur vissa saker är i verkligheten.

Enligt Turban går fördelarna i linje med simulering. En av de främsta fördelarna med simulatorer är att de kan ge användarna praktisk feedback när de utformar system i verkligheten. Detta gör att designern kan bestämma riktigheten och effektiviteten hos en design innan systemet faktiskt konstrueras. (Turban, 2003)

En tänkbar fördel med simulatorer är att de tillåter systemdesignern att studera ett problem på flera olika nivåer av abstraktion. Genom att närma sig ett system på en högre abstraktionsnivå är designern bättre positionerad att förstå beteenden och interaktioner mellan alla komponenter på hög nivå i systemet och är därför bättre utrustade, för att motverka komplexiteten i det övergripande systemet. Denna komplexitet kan helt enkelt tynga ner designern om problemet hade nåtts från en lägre nivå. När konstruktören bättre förstår funktionen för komponenter på högre nivå, genom användning av simulatören kan komponenterna på lägre nivå sedan utformas och därefter simuleras för verifiering och utvärdering av prestanda.

Simuleringsegenskaper gynnade projektet på alla aspekter. Aspekterna är kostnad, hållbarhet samt effektivitet. Alla dessa aspekter har en positiv påverkan, bland annat behöver det inte betala några utgifter i form av material, yta, verktyg och personal. Samtidigt har det gett en avgörande effekt på miljöpåverkan och hållbarheten, eftersom det inte behövs fysiska material eller objekt. Resultatet är att man inte behöver använda naturresurser eller konstgjorda resurser, vilket medger miljövänligheten. Även effektivitet ökar, då man inte behöver arbetskraft eller anläggning för att allt är visuellt simulerat i programmet. Ytterligare en stor faktor som har en positiv påverkan på effektivitet är att med hjälp av simuleringsprogram förblir det oberoende utav tid. Det vill säga att det går att styra tiden.

3.1.3.1 Visual Components

Simuleringen skedde med hjälp av Catia samt Visual Components. När alla delar kunde fås ut till byggandet av Kit-stationen i simuleringsprogrammet så kunde den mest optimala layouten för plockningsarbetet läggas till i systemets design och struktur som fanns i Visual Components. Förbättringarna gjordes gradvis via Visual Components, för att få en fullständig bild av hela systemet (McCandless, 2010). Detta tydde på att det går att förbättra ytterligare genom att applicera exakta data om ingångar och utgångar, med hjälp av exempelvis en tabell över Excel som ständigt uppdaterade med varje ändring som utförts. Även med Catia kunde man i denna simuleringsprogrammen ändra parametrar som man önskar utan att början om med allting.

Inlärningskurvan varierade från olika lösningar och berodde på hur djupt man går in i det, även avgränsningarna var en faktor som påverkade resultatet. På detta simuleringsprogram

var upplärningstiden ganska kort. Det berodde på att skaparna av programmet har genererat tydliga och enkla arbetsflöden som ledde användarna i de vanligaste användningsfallen. Samtidigt erbjuds också många webbaserade resurser, som guider och videor, för att hjälpa nya och erfarna användare att kunna bekantas med dessa lösningar. Samtidigt kunde en överblick på hela bilden fås ut, utan att behöva påverkas av exempelvis, yta, tid och pengar. Detta togs hänsyn till de faktorerna som kunde påverka projektet.

Visual Components användes genom att skapa ett arbetsområde i en fabrik som behöves. Det applicerades in därefter hyllor som skapades i Catia, vilket representerar samt är nästintill identiska som de i SII-Lab. Det skapades en transportlina som coboten skulle transporteras på för att nå sin önskade destination. Efter det lades det in ett rullband där det skulle placeras upphämtade komponent. När önskade utrustningarna erfordrades skulle de programmeras. I slutet användes det tidsfunktionen i Visual Components för att få resultat på tiden, samt mätningens verktyget som tillät mätning utav arbetsområdes yta. Visual Components visade sig vara väldigt duglig, användbar samt lämplig till projektet.

3.1.3.2 Simulering av Cobot

På SII-labben i Chalmers lokaler där projektet utfördes fanns coboten HC-10 tillgängligt och är menad för att kunna utföra plockningsarbetet, eftersom coboten HC-10 inte stöds av simuleringens programmet Visual Component vad gäller manipulering och programmering så ersattes den med coboten Generic Robot som funkar till stor del på samma sätt enligt Visual Components Academy. Här nedan presenteras data till HC10, se tabell 1, (Yaskawa America, Inc.2017).



Figur 3.1 - Presenterar HC-10 samt dess axlar, som förknippas med tabell 1 nedan



Figur 3.2 - Bild på Generic Robot

Tabell 1 - Hastighet samt räckvidd för coboten.

Robot Specifikation		
Axlar	Max Hastighet [°/sek]	Max räckvidd [°]
S-Axis: Swivel	130	±180
L-Axis: Lower Arm	130	±180
U-Axis: Upper Arm	180	+355/-5
R-Axis: Arm Roll	180	±180

3.1.3.3 Plant simulation

Simuleringsprogrammet Plant Simulation möjliggjorde simulering samt optimering av processer och produktionssystem. Bangsow konstaterade att i Plant Simulation kunde man skapa digitaliserade modeller av logistiska system, med andra ord en produktion. Eftersom modellen är i digitalform möjliggjorde för användaren att köra experiment samt scenarier utan att störa ett befintligt produktionssystem eller när det används i planeringsprocessen, detta även långt innan det verkliga systemet installeras. Omfattande analysverktyg, statistik och diagram låter användare utvärdera olika tillverkningsscenarier och fatta snabba och pålitliga beslut i de tidiga stadierna av produktionsplaneringen. (Bangsow, 2010)

Plant Simulation användes under projektet genom att optimera materialflödet, resursutnyttjande samt logistik för alla planeringsnivåer. Genom detta för att utforska systemets egenskaper och för att optimera deras prestanda.

3.2 Simulering och analys

Under detta delkapitel beskrivs valet av det mest lämpliga simuleringsprogrammet för projektet samt utförandet utav programvaran. Även här inkluderas beräkning utav riskanalysen.

3.2.1 Val av simulering

I projektets riktlinje och uppgift som skulle utföras inkluderades som rekommendationen att använda sig av simuleringsprogrammet Visual Component. Programmet supportrar robotar som krävs i projektet, samt att den visar en klar bild på hur det kollaborativa arbetet funkar. Dock är det lite svårare att programmera och manipulera eftersom programmet kräver mycket kunskap om ämnet. Visual Components förblev den givande valet, då den har alla funktioner som behövdes för att tillfredsställa alla krav samt tillbringa ett rimligt resultat. Plant Simulation var ett förenklat simuleringsprogram, som visade sig vara väldigt bra på att förbättra processer. Men den hade inte funktionen att lägga in Catia skapade hyllorna samt roboten som behövdes.

3.2.2 Utförande av simulering

Testerna för framtagning av olika cykeltider till scenarierna genomfördes i simuleringsprogrammet Visual Components. Layouten på arbetsytan samt struktur inspirerades av SII-lab som har en fysikarbetsyta för Kittingsstationen. Därefter infogades Cad-filerna som krävdes för simuleringen. Nästa steg var att programmera allt från en operatör, materialpåfyllningssystem, cobot samt cobottracken där coboten förflyttas. Efter att

programmeringen var klar så kunde simuleringen komma igång och där kunde cykeltiderna läsas av med bestämda sekvenser. Alla scenarion följde samma sekvenslista (se tabell 2) som beskrev vilka material som skall plockades sedan placerades i en låda som transporterades till produktionslinan. De hade även samma plockningspositioner av material för en jämnare analys av cykeltider. Processen producerade i fyra olika kit-omgångar och därefter kunde upphämtning av cykeltiderna ske. Vid flertal processer inom samma arbetsstation skedde upphämtningen av tider efter den processen med längst cykeltid.

En del av testerna i scenario 1 genomfördes framtagningen av olika cykeltider i SII-lab lokalen av en operatör och en tidtagare som hade koll på cykeltiden för stationen. Operatör skulle följa den gemensamma sekvenslistan. Testet genomfördes fyra gånger av operatören för att få ett genomsnittligt resultat och sedan kunna jämföra med simuleringsresultatet.

Visual Component Academy var stor källa till hämtning av kunskap, samt data. Där visas i korta videon hur manipulering av robotar görs så väl som hur ett flödesprocess byggs. Detta gör Visual Components till ett passande simuleringsprogram över resten av andra program som fanns tillgängliga (Visual Component Academy, 2020).

Tabell 2 Sekvenslista till plockningsarbetet

Kit-Låda	Komponent	Hyllplats	Kvantitet per slutprodukt
1	Product A	1	1
1	Product B	2	4
1	Product C	3	1
2	Product D	4	4
2	Product E	5	4
2	Product F	6	1
2	Product G	7	1
3	Product H	8	1
3	Product I	9	1
3	Product J	10	1
4	Product K	11	1
4	Product L	12	2
4	Product M	13	2
4	Product N	14	1

3.2.3 Beräkning av Rapid Upper Limb Assessment - RULA

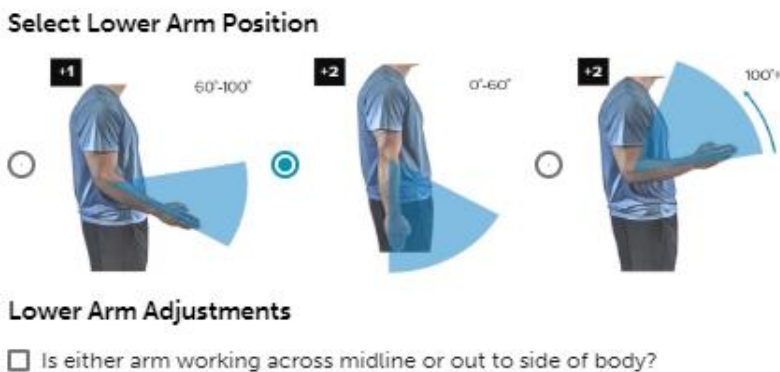
RULA riskanalysen gjordes med avseende på den mänskliga operatörens arbete i två av scenarierna. Värderingen skedde med hjälp av RULA, vilket står för Rapid Upper Limb assessment. Wilson. J. R redogjorde att RULA gav en ögonblicksbild. Där den lade fokus på de övre extremiteterna samt skuldra/nacke vid stående arbete eller sittande, det vill säga vid statiskt arbete. Genomförandet av en RULA skedde genom att välja bedömning av en eller två armar. Både högra samt vänstra sidan skall bedömas fast separat. Vid bedömning av båda armarna ska det tas den armen med högst poäng i beräkningarna av arbetsmomentet för att värdera själva risken. Bedömningen utgår genom att det aktuella arbetet studerades noga innan val av själva arbetsmomentet genomförs. Baserat på det moment som var mest frekvent eller hålls längst, det moment som verkade värst, på så sätt gjordes en bedömning för valet av arbetsmoment. (Wilson. J. R, 2005)

Överarmens poäng var mellan 1–6. Betyget är baserat på graden av axelböjning eller förlängning, tillsammans med eventuell justering för att axeln lyfts upp eller bortförs från själva kroppen. Axel böjning definierades som främre rörelse av överarmen i det sagittala planet, det vill säga nå framåt. Axelförlängning definierades som bakre rörelse av överarmen i det sagittala planet, det vill säga nå bakåt. Observera i figur 3.3 nedan, även möjligheten till poängjustering (-1) som användes om arbetarens axelstöds eller arbetaren lutar sig framåt så att gravitationen hjälpte axelläget.



Figur 3.0-1 - visar framtagning av olika poäng för överarmspositioner.

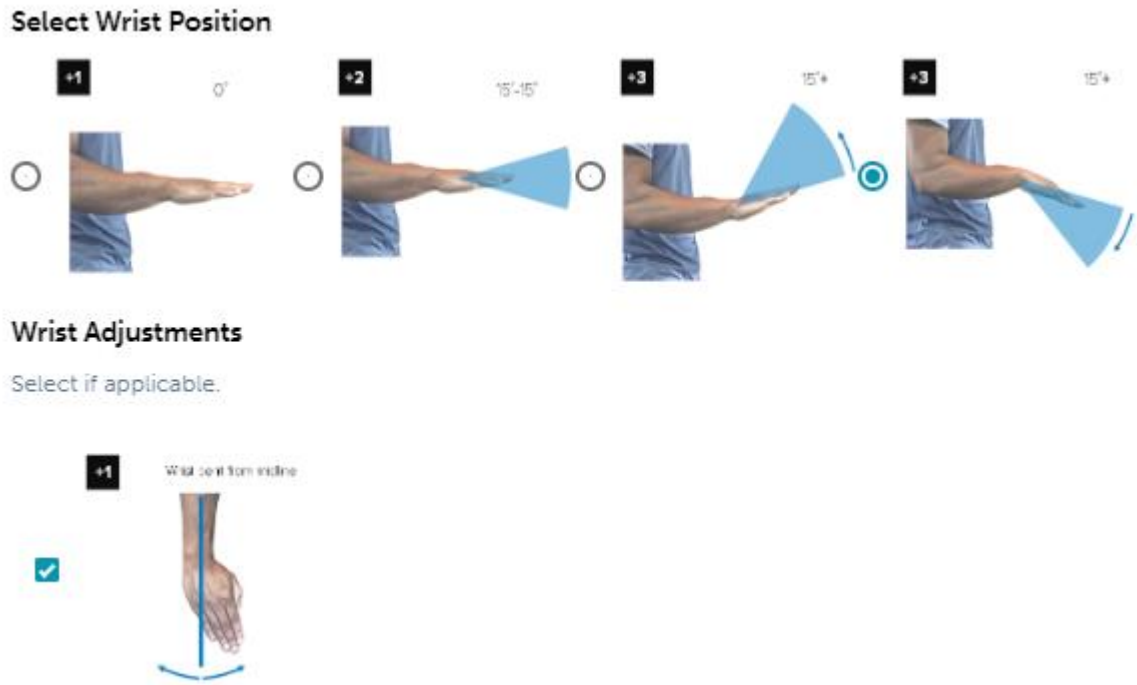
Underarm poäng blev mellan 1–3. Figur 3.4 nedan beskriver betyget som var baserat på graden av armbågsfleksion eller böjning.



Figur 3.0-2 - visar framtagning av olika poäng för underarmspositioner.

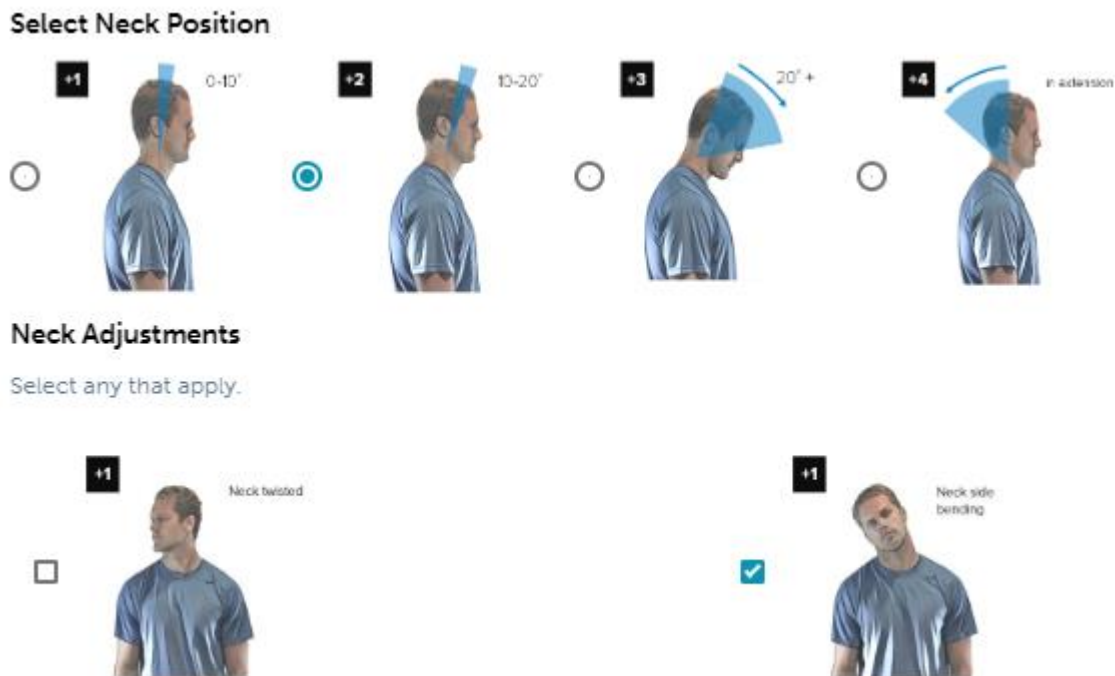
Även värderades handledensposition. Handledens poäng värderades i skalan 1-4. Figur 3.5 beskriver betyget som var baserat på graden av handledsböjning eller förlängning. Det skall även has i åtanke att den potentiella justeringen av +1 om handledsavvikelse krävs.

Till en början bestämdes det och valdes graden av handledens vridning beroende på graden av underarmspronation eller supination. Pronation definierades som rotation av handen eller underarmen från ett neutralt läge så att handflatan var vänd nedåt. Det neutrala lägen var när tummen är uppåt. Det typiska rörelses området för pronation är 80–90 grader. Supination definierades som rotation av handen eller underarmen från ett neutralt läge så att handflatan är vänd uppåt. Typiskt rörelseområde för supination är 70–80 grader.



Figur 3.0-3 - Visar framtagning av olika poäng för handledsposition.

Figur 3.6 nedan presenterar nackensposition samt bedömningsskala som är från 1–6. Poängen var baserade på graden av nackflektion eller förlängning, tillsammans med eventuell justering för nackvridning eller sidoböjning, med andra ord lateral böjning. Halsflexion är rörelsen av hakan mot bröstet från ett neutralt läge för nacken.



Figur 3.0-4 - Visar framtagning av olika poäng för nackenspositioner.

Figur 3.7 nedan visar benpositionens poäng antingen var 1 eller 2. Om ben och fötter stöds med jämn viktfordelning är poängen +1. Om benen och fötterna inte stöds eller om det fanns ojämn viktfordelning är poängen +2.



Figur 3.0-5 - Visar framtagning av olika poäng för benspositioner.

Bålensställning olika ställningar visas i figur 3.8 samt är värderad i skalan 1–6. Poängen var baserad på graden av bålens flexion eller förlängning, tillsammans med eventuell justering för vridning eller sidoböjning, det vill säga en lateral flexion av bålen exklusive ryggen. bålens flexion definierades som framåtrörelse av bagagerummet i det sagittala planet. Bålens förlängning definierades som en bakåt rörelse av bagagerummet i det sagittala planet.

Select Trunk Position



Trunk Adjustments

Select any that apply.



Figur 3.0-6 - Visar framtagning av olika poäng för bålenspositioner.

4. Resultat

I detta kapitel presenteras resultaten av projektet samt experimenten som har utförts. Resultaten presenteras som tabeller och bilder för att förenkla förståelsen för resultaten.

4.1 Scenario 1: Manuell Kitpreparering

Det första scenariot utfördes genom att operatören enbart själv skall arbeta utan assistans från en cobot.

4.1.1 Processbeskrivning

Genomförandet av första scenario började med att bestämma en viss sekvens eller en orderlista som operatören följer. Sekvensen till stationen omfattar 14 olika produkter med en viss kvantitet som transporterades i fyra Kit-lådor. Effektiviteten av plockningsarbetet bedömdes efter hur dem fyra plockningsmetoderna presterade för val av passande metod. Ett test med en unik sekvens skulle genomföras av operatören med hjälp av dem fyra plockningsmetoderna, dock så var tre av fyra plockningsmetoderna inte tillgängliga att utföra, därför kommer operatören utföra arbetet med Pick-by-List metoden. Här nedan i figur 4.1 presenteras operatörens arbetsområde.



Figur 4.1 - Visualisering av scenario 1 samt layouten.

4.1.2 Experimentellt uppmätta tider för scenario 1

Tabell 3 beskriver cykeltiderna för en operatör som har använt plockningsmetoden Pick-By-List för plockningsarbetet med hjälp av den gemensamma sekvenslistan. Cykeltiderna upphämtas efter fyra olika kit-omgångar som till slut ger den totala cykeltiden för processen. För att få en genomsnittlig total cykeltid genomfördes fyra olika tester av processen.

Tabell 3 - Processtider från genomförda tester i SII-labb.

Plockningsmetod	Antal OP	Test	Totala tiden (Sek)	Genomsnittstiden / per komponent (Sek)	Tid per Kit (Sek)	Antal komponenter
List	1	1	160 .0	11,4	40,0	14
List	1	2	150 .0	10,7	37,5	14
List	1	3	159.0	11,4	39,8	14
List	1	4	165.0	11,8	41,3	14
Genomsnittliga tiden			158.5	4,1	39,6	

Det som bör observeras med denna tabell är hur tiderna för plockningsarbetet varierar med mindre än fyra sekunder och denna variation uppstår av att plock gjordes från olika platser i hyllorna för de olika plockuppdragen.

4.1.3 Cykeltid av simuleringsmodellen

En identisk kit-station som den i SII-lab modellerades i simuleringsprogrammet Visual Component, för att kunna genomföra plockningsarbetet i simuleringen för framtagning av resultat på cykeltiderna som presenteras här nedan, Se tabell 4.

Tabell 4 - Resultat på cykeltiderna för scenario 1.

Kit Låda	Tid per Kit-låda	Totala Cykeltiden
1	34 s	156 s
2	44 s	
3	29 s	
4	49 s	

Tabellen beskriver cykeltiderna per kit-låda, samt den totala cykeltiden för hela processen. Det som kan uppmärksammas här är att kit-låda 2 samt 4 tar lite längre tid än resterande kit, detta för att den innehåller fler materialenheter. Den totala cykeltiden kan jämföras med cykeltiden från testet i SII-lab som fick 158,5 sekunder i cykeltid. Detta går i linje med resultatet från Tabell 4 med totala cykeltid 156 sekunder som indikerar på att simuleringen är ganska lik den verkliga arbetsmomenten.

4.1.4 Ergonomi

RULA-analysen gjordes för scenario 1, det vill säga för det manuella kittingen. Notera även att detta utfördes vid det praktiska perspektivet. Resultatet bekräftar denna studie att det skall kalkylera och sammanställa alla dessa värden, som bedömer risken. RULA-poängen

representerar nivån på MSD-risk för den jobbuppgift som utvärderas. MSD står den utvärdera risken för muskuloskeletala störningar. Minsta RULA-poäng = 1 och den maximala RULA-poängen = 7. Målet för RULA-bedömningen är en poäng på 3. Figur 4.10 nedan presenterar resultatet av RULA uträkningen.

1. Upper Arm (Right):	2	11. Neck:	3
2. Lower Arm (Right):	1	12. Trunk:	3
3. Wrist (Right):	1	13. Leg:	1
4. Wrist Twist (Right):	1	14. Muscle Use + Force/Load:	0
5. Muscle Use + Force/Load (Right):	1	Posture Score (Table B):	4
6. Upper Arm (Left):	5	Final Neck, Trunk & Leg Score:	4
7. Lower Arm (Left):	2		
8. Wrist (Left):	2		
9. Wrist Twist (Left):	2		
10. Muscle Use + Force/Load (Left):	0		
Posture Score - Right (Table A):	2		
Posture Score - Left (Table A):	6		
Final Arm & Wrist Score - Right:	3		
Final Arm & Wrist Score - Left:	6		

Figur 4.2 - Visar framtagning av det sammanställda värdet som riskanalysen bedömer.

När experimenteringen utav scenario 1 utfördes i SII-Lab Användes det en vagn som avplockningsstation. Detta innebär att huvudresultaten som kan ses i figur 4.10 på vänstra armen samt handleden som har värdet 6 och huvudresultatet på den högra armen samt handleden kan vara vice versa, beroende på om personen som utför experimentet är höger- eller vänsterhänt.

4.1.5 Behov av golvyta vid Scenario 1

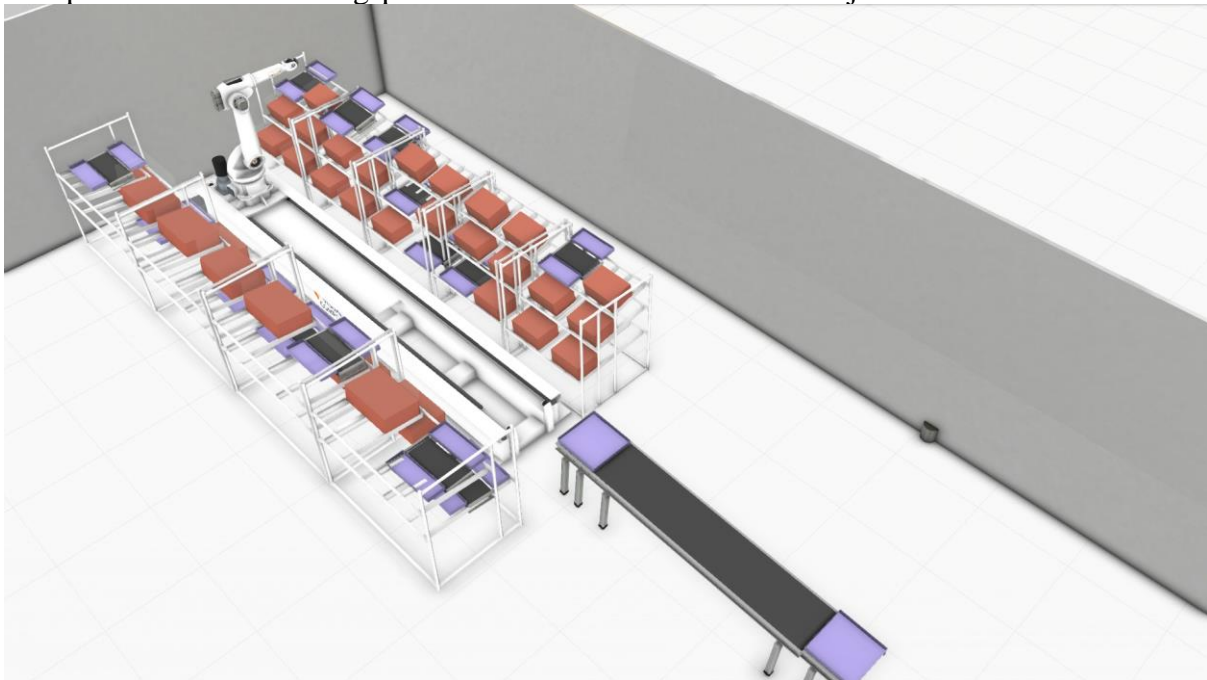
Måtten till golvytan i simuleringen är inspiration av den fysiska golvytan för kit-prepareringsstationen i SII-lab. Den sammanlagda arbetsytan som krävs för Scenario 1 är 30,5 m² som kan delas upp till yta för hyllor, gångytan för montören, samt ytan för rullband som transporterar material till AGV.

4.2 Scenario 2: Automatisk plockning

Det andra scenariot utfördes genom att roboten enbart själv skall arbeta utan någon extern hjälp, det vill säga en mänsklig operatörs assistans.

4.2.1 Processbeskrivning

Det andra scenariot genomfördes i simuleringsprogrammet Visual Components och det omfattar ett kittingsstation där endast roboten utför plockningsarbetet. En identisk sekvenslista samt produkter från första scenario användes, för att sedan kunna jämföra samt ta ut ett helhetsresultat. I SII-Lab finns det för tillfället coboten HC10 som inte stöds av simuleringsprogrammet. Detta resulterade till att coboten HC10 representeras av Visual Components egna cobot, som heter Generic Robot. Däremot ändrades layouten på stationen till en viss del, då coboten inte har räckvidd som krävs i stationen, därför ligger ett av förvaringsställen lite närmare coboten. Jämförelsen sker genom att framta cykeltiden för processen samt cykeltid per produkt och ett kitt. Samtidigt behövs inte hanteringen av materialpåfyllningen vid varje upplockningsområde, därför placerades materialgeneratorer som reglerar utmatningen samt kvantitet som krävs. Med hjälp av Visual Components arbetsprocessfunktion har det programmerats samt manipulerats var coboten skall positioneras vid plockning samt placering av material och komponenter. Varje så kallad arbetsprocess fungerar som en kontrollstation. Dessa kontrollstationer har olika funktioner. Funktioner på kontrollstationerna programmeras med avseende på användarens krav samt önskemål. Dessa material samt komponenter placeras på en kontrollstation som i detta fall fungerar som en transportör som är kopplad till rullband i änden av cobotens rörelsemönster. Se figur 4.11 nedan. När det finns tillräckligt med komponenter för att skapa en kitlåda transporteras det till samlingsplats där det vidarebefordras till en självkörande truck.



Figur 4.3 - Visualisering av scenario 2 samt layouten.

4.2.2 Cykeltider från simuleringsmodell

Här nedan presenteras cykeltiden för processen i andra scenariot. Coboten utför arbetet till fyra olika kit som transporteras sedan till produktionslinan. Tiderna är framtagna från Simuleringsprogrammet Visual Components.

Tabell 5 - Cykeltider för processen av scenario 2.

Kit-låda	Tid per Kit-låda [Sekunder]	Totala cykeltiden [Sekunder]
1	67	530
2	121	
3	289	
4	241	

Tabellen beskriver cykeltiderna per kit-låda, samt den totala cykeltiden för hela processen. Det som kan uppmärksammas här är att kit-låda 3 samt 4 tar lite längre tid än resterande kit, detta för att dem innehåller fler materialenheter än resterande kit-lådorna samt att förflyttningen av roboten räknas, men en till sakfråga som kan uppmärksammas är att cykeltiderna mellan scenario 1 samt scenario 2 skiljer sig åt väldigt mycket, detta för att roboten kan plocka en komponent i taget till skillnad från operatören som kan plocka flera komponenter åtgången beroende på vilket material samt storlek komponenten har.

4.2.3 Behov av golvyta vid Scenario 2

Figur 4.2.1 visar hur hyllorna ligger när varandra, detta för att roboten inte kräver mycket golvyta för att utföra plockningsarbetet. Den sammanlagda arbetsytan som krävs för Scenario 2 är $23,4 \text{ m}^2$ som kan delas upp till yta för hyllor, samt ytan för rullband som coboten transporteras i.

4.3 Scenario 3: Kollaborativ kitting

Det tredje scenariot genomfördes även i Visual Components kollaborativt mellan den mänskliga operatören samt coboten.

4.3.1 Processbeskrivning

Samma sekvenslista från de tidigare scenarierna användes även till tredje scenariot. Det har beskrivits ovanför ska denna scenariot inkludera den mänskliga operatören samt coboten. I linje med det andra scenariot användes det även här ersättnings coboten, Generic Robot istället för HC10. Layout ritningen har återgått till den lik första scenariot, det vill säga likadan struktur som SII-Lab i verkligheten. Om layouten observeras från topp vyn då arbetar den mänskliga operatören på den vänstradelen av layouten medan coboten på den högradelen. Detta bidrar till att den mänskliga operatören samt coboten fungerar kollaborativt i det givna området, men de är oberoende av varandra, vilket är presenterat i figur 4.12 nedan. Detta är resultatet att det har placerats enskilda kontrollstationer för operatören samt coboten. Kontrollstationerna symboliserar plockningsplats samt plan. På grund av de enskilda

kontrollstationerna minimeras risken för kollisioner samt störningar mellan operatören och coboten samtidigt som risken för olyckor minimeras, därför förblir användning av sensorer för att sänka cobotens hastighet mindre nödvändigt att användas. Den mänskliga operatörens kontrollstation är placerad ungefär mitten av hyllorna där materialen lagras, eftersom man vill minimera antal steg för operatören.



Figur 4.4 - Visualisering av scenario 3 samt layouten.

4.3.2 Cykeltid från simuleringsmodell

Här nedan presenteras framtagna cykeltider enligt den planlagda simuleringen. Första och andra kitet utförs av operatören. Andra och tredje Kit-lådorna utförs av coboten

Tabell 6 - Processtiden för både operatören & Coboten av scenario 3.

Kit-låda	Tid per Kit-låda [Sekunder]	Totala cykeltiden [Sekunder]
1	35	143
2	36	
3	67	
4	76	

Tabellen beskriver cykeltiderna per kit-låda, samt den totala cykeltiden för hela processen. Det som kan uppmärksammas här är att kit-låda 3 samt 4 tar lite längre tid än resterande kit, detta för att coboten inte kan plocka flera komponenter åt gången. Därför har operatören dem sekvens med höga kvantiteter. Den totala cykeltiden är summeringen av cobotens cykeltider då coboten är processen med längst cykeltid.

4.3.3 Behov av golvyta vid Scenario 3

Scenario 3 kräver större golvytan är resterande scenarion. Den totala arbetsytan har större bredd, samt att hyllorna för montören är framskjutna, detta för att minska olyckorna samt närkontakt mellan människan och coboten. Den sammanlagda arbetsytan som krävs för Scenario 3 är $39 m^2$ som kan delas upp till yta för hyllor, gångytan för montören, samt ytan för rullband som transporterar material till AGV.

5. Diskussion och Slutsatser

5.1 Diskussion utifrån frågeställningarna

Reflektioner med avseende på de framtagna resultaten.

5.1.1 Scenario 1: Manuell Kitpreparering

En operatör är väldigt nödvändig i vissa Kit-preparations stationer, då vissa av dem arbeten kan kräva intelligens och försiktighet som robotar inte klarar av. Därför i vissa industrier blir det omöjligt att ersätta operatörer eller montörer som utför dessa arbeten. I detta projekt utförde operatören arbetet ensam vilket gör att effektiviteten av processen styrs av operatörens arbetstakt. En operatör kan plocka flera produkter samtidigt tillskillnad från en robot som plockar en produkt åtgången. Däremot ur ett ergonomiskt perspektiv så kan inte operatören plocka för tunga material som kan resultera i skador eller olyckor på arbetsplatsen.

Resultatet av scenario 1 beror klarligen på vilket plockningsinformationssystem som användes utav den mänskliga operatören. Därför kan den mänskliga operatörens tidsåtgång variera, som tidigare studier har visat.

I detta projekt antogs att operatören använde pick-by-list. Det är dock möjligt att med simuleringsmodellen som skapats i detta projekt göra om analysen för andra plockinformationssystem genom en enkel justering i modellen.

Eftersom resterande metoder inte var tillgängliga i Kitting-stationen som finns i SII-labben så var dem tidigare forskning till hjälp för att komma fram till ett resultat. Att använda tidigare forskning inom området påverkar inte framtagningen av resultatet då det inte finns ändring på sekvensen eller layouten på stationen där plockningsarbetet sker. Här nedan i tabell 7 presenteras det genomsnittliga resultaten av resterande metoderna samt vilken metod som går vidare.

Tabell 7 - De genomsnittliga resultaten av de resterande metoderna.

Plockningsmetod	Antal Operatörer	Antal Tester	Totala tiden (sek)	Tid per part (sek)	Går vidare	Antal produkter (st)
Light	1	50	233.7	3.895	x	60
List	1	50	277.32	4.622		60
Voice	1	50	350.4	5.840		60
Vision	1	50	258	4.300		60

Efter jämförelse av resultat så är plockningsmetoden pick-by-list en klar vinnare tidsmässigt, men enligt studierna som gjordes så hade den sämst kvalitet bland alla plockningsmetoderna. Därför skall operatören i scenario ett arbeta med metoden Pick-By-Light som hade bäst kvalitet samt näst bäst tid, detta för att nå effektivaste scenario med bäst resultat. Denna metod kommer även att användas i scenario 3 där roboten och operatören samarbetar på samma station.

5.1.2 Scenario 2: Automatisk plockning

I scenario två arbetar den kollaborativa roboten enskild. Utifrån de resultaten kan man konstatera att det fanns fler nackdelar än fördelar för just denna situation. De positiva aspekterna är att det kräver ingen extern assistans i form av mänsklig operatör, alltså kan roboten arbeta självständigt. Detta går i linje med att det förblir mycket mer lönsammare kostnadsmässigt än att erhålla en mänsklig operatör. Resultaten indikerar att detta scenario tar mest tid att utföra önskad arbete. Detta beror bland annat på att roboten kan endast plocka en komponent åt gången vid varje upplockningsstation. Resultatet bekräftade att det krävde roboten att transportera sig 25 gånger till varje upplockningsstation, jämfört med scenario ett då den mänskliga operatören behövde gå till varje upplockningsstationen fjorton gånger. Detta verifierade att det skulle ta mycket längre tid för roboten att på egen hand plocka alla komponenter.

En fördel var att själva arbetsområdet förminskades då det inte krävs lika mycket utrymme, vilket innebär att man kan använda mer yta för annat syfte. Ytterligare en fördel är att roboten kan plocka tyngre massa än vad den mänskliga operatören kan utan några ergonomiska påfrestningar. Om situationen för scenario två hade sett lite annorlunda ut. Exempelvis att det endast behövs en kvantitet av varje komponent, det vill säga att roboten behöver bara transportera sig till varje upplockningsstation en gång hade det medgett i väldigt positiva resultat jämfört med de andra scenarierna.

5.1.3 Scenario 3: Kollaborativ Kitpreparering

I den tredje scenario arbetar de mänskliga operatören samt coboten kollaborativt. Scenario tre hade fördelar i överskott jämfört med nackdelarna. Klarligen var huvudfördelen att detta scenario tillbringade det bästa resultatet tidsmässigt.

Det fanns ett par faktorer som gav dessa positiva resultat. Bland annat att det lades två arbetsprocesser som programmerades om till avplockningsstationer, det vill säga där man placerar upplockad komponent. Ena avplockningsstationen var för enbart den mänskliga operatörens användning och den andra för coboten. Resultaten av denna faktor minimerar risken att den mänskliga operatören samt coboten skulle kollidera med varandra, vilket i sin tur bekräftade en höjning av säkerheten.

Ännu en faktor som bidrog med positiva fördelar var att det beslutade att låta den mänskliga operatören att plocka upp de komponenter som krävde högre antal kvantitet, eftersom den mänskliga operatör två händer som ger operatören alternativet att plocka fler än en komponent vid varje upplockningstation, vilket coboten inte kan. Med andra ord programmerades det att coboten skall endast transporteras till varje upplockningsstation nio gånger, för att den ska plocka de komponenter med ett lägre krav i antal kvantiteter. Denna faktor resulterade till att den mänskliga operatören behövde gå till de olika upplockningsstationerna sju gånger sammanlagt.

Vi hade allt i åtanke att transport distansen på den mänskliga operatören och coboten bör minimeras så mycket som möjligt, eftersom distansen har en direkt påverkan på tiden. Därför verkställdes det åtgärder att lägga avplockningsstationerna för den mänskliga operatören

respektive coboten i ungefär mittpunkten utav vänster- och högerhyllorna befinner sig, då är referenspunkten topp vyn.

En nackdel är att den mänskliga operatören utför sina önskade arbetsuppgifter snabbare än coboten, vilket innebär att i cirka 80 sekunder står den mänskliga operatören stilla. I dessa sekunder där operatören inte har något att göra ansåg vi att operatören skulle kunna stå vid AGV:en för att säkerställa att kitting-lådorna lastas på. Ytterligare en grej operatören kan göra under denna tid är att städa rent sin arbetsstation som kan kopplas med 5S i lean produktion.

5.2 Slutsats

Inom detta examensarbete som har det studerats skillnaden på de tre olika scenarierna i arbetseffektivitetens synvinkel. Även att uppnå en viss grad säkerhet för den mänskliga operatören som arbetar, vilket skall i sin tur tillbringa en tänkbar kollaborativt arbete med robot.

Rangordningen av de olika scenarierna har gjort med avseende på effektiviteten tidsmässigt, tillgängligheten ytmässigt samt säkerheten. Se tabell 8 nedan.

Tabell 8 - Rangordning av de olika scenarierna med förhållande till tiden samt ytan.

Rangordning av alla scenarion			
		Arbetsyta m^2	Cykeltid [Sek]
1.	Scenario 3	39	143
2.	Scenarion 1	30.5	156
3.	Scenarion 2	23.4	530

Scenario tre är den främsta jämför med de andra scenarierna. Detta eftersom i scenario tre arbetar den mänskliga operatören och coboten kollaborativt, vilket kan öka variansen på materialtyp. Operatören kan sköta material som kräver intelligens, försiktighet samt höga kvantiteter vid upplockning, medan roboten kan sköta material med tunga vikter som kräver precision och punkts säkerhet. Studierna som har utförts med scenario tre angående layouten har gett positiva resultat, bland annat ytmässigt samt kostnadsmässigt. Genom att ta hänsyn till den mänskliga operatören har en egen avplockningsstationen i sitt eget arbetsområde, vilket leder till att det undviks möjligheter att störas av coboten. I följd av denna studie bli det att användning av sensorer som är tänkt att sänka hastigheten av coboten då den mänskliga

operatören intar andra halvan av sitt arbetsområde. Denna ytas fördelning som har skapat har förhöjt säkerheten.

Scenario tre är den lukrativa valet, men det betyder nödvändigtvis inte att de resterande scenarier är betydelselösa. De resterande scenarierna kan till och med vara det mer lovande valet vid andra situationer. Till exempel, om situationen hade varit att det behövdes endast en kvantitet av varje komponent eller vad vägt ganska mycket hade det kloka valet varit scenario två, eftersom i det scenariot arbetar roboten självständigt samt elimineras faktorer som man tar hänsyn till gentemot den mänskliga operatören, som bland annat ergonomi, styrka samt tillgänglighet. Arbetsytan då roboten arbetar själv är mycket mindre än, vilket ger mer yta till andra användningsområden. Detta kan i sin tur kopplas med kostnadsförhållandet. Exempelvis om situationen samt förhållandet hade varit att man arbetade med större kvantiteter eller känsliga komponenter. Är det praktiskt att använda sig av scenario ett, det vill säga när den mänskliga operatören arbetar själv. Förutsättningar som den mänskliga operatören kan tillbringa är att man kan plocka fler än en komponents vid varje upplockningstillfälle. Detta kan inte roboten göra, eftersom den endast kan plocka en komponent åt gången. Även att den mänskliga operatören har en hjärna som tillåter operatören att med sina sinnen att bedöma de åtgärder som krävs för en specifik komponent, vilket roboten kan inte göra utan måste vara programmerad att genomföra olika åtgärder.

5.3 Förslag på vidarestudier

Det finns utrymme för vidarestudier på hur materialpåfyllningssystemet ska se ut, hur ofta skall material levereras till kit stationen så att materialflödet blir synkad med produktionsflödet.

Det kan även vidare experimenteras inom layouten för kit stationen och hur levereringen till produktionslinan ska gå till, samt huruvida sensorer blir nödvändiga vid ändring av layout på kit stationen.

Andra plockningsmetoder som inte var tillgängliga i SII-lab för scenario 1 kan vidare utvecklas, samt testas för framtagning av cykeltider enligt sekvenslistan som har används för plockningsarbetet i projekt.

Referenslista

Bozer, Y & McGinnis, L. (1992). Kitting versus line stocking: A conceptual framework and a descriptive model. *International Journal of Production Economics*. 28. 1-19. 10.1016/0925-5273(92)90109-K.

Johansson, M. (1991). Kitting systems for small parts in manual assembly systems. *Production Research - Approaching the 21st Century*. 225-230.

Medbo, L. (2003). Assembly work execution and materials kit functionality in parallel flow assembly systems. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 31. 263-281. 10.1016/S0169-8141(02)00220-2.

Caputo, A-C & Pelagagge, P-M & Salini, P. (2017). Modeling Human Errors and Quality issues in Kitting Processes for Assembly Lines Feeding. *Computers & Industrial Engineering*. 111. 10.1016/j.cie.2017.04.004.

Hanson, R & Medbo, L. (2019). Man-hour efficiency of manual kit preparation in the materials supply to mass-customised assembly. *International Journal of Production Research*. 1-13. 10.1080/00207543.2019.1566653.

Lindholm, K. (2020) Nationalencyklopedin, fjärde industriella revolutionen. Hämtad från <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/fj%C3%A4rde-industriella-revolutione>.

Berglund, M. & Karlton, J., 2007. "Human, technological and organizational aspects influencing the production scheduling process," *International Journal of Production Economics*, Elsevier, vol. 110(1-2), pages 160-174, October.

Designtech academy. (1998). I Catia training. Hämtad från <https://www.designtechcadacademy.com/knowledge-base/catia-training?fbclid=IwAR1bMRUK1vWbgxQMweCjv9YmmEuKw6p2pCknNWrqNe - 3qBLegt9Gcvi9Kg>

Designtech academy. (1998). Advantages of CAD. Hämtad från <https://www.designtechcadacademy.com/knowledge-base/advantages-of-cad>

Turban, E. (2003) *Decision support systems and intelligent systems*. London: Pearson Education.

McCandless, D. (2010, 30 Augusti) The beauty of data visualization. Hämtad från https://www.ted.com/talks/david_mccandless_the_beauty_of_data_visualization/transcript

Yaskawa America, Inc. (2017). HC10 Human-Collaborative Robot [Produktblad]. Miami, OH: Yaskawa America. Hämtad från <http://yaskawa.co.il/wp-content/uploads/2017/12/HC10-datasheet.pdf>

Bangsow, S. (2010) *Manufacturing simulation with Plant simulation and simtalk*. Berlin: Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH Co

Morgan, M-G & Henrion, M. (1990) Uncertainty, A guide to dealing with uncertainty in quantitative risks and policy analysis. Cambridge: Cambridge University Press.

Gustafsson, P. (1997). Kön, risk och olyckor: en forskningsöversikt (Gender, risk and accidents: A review of research). Research Report No. 97:9, University of Karlstad.

Wilson. J-R. (2005) Evolution of human work, 3rd Edition. 31. 557-67. 10.1016/S0004-6870(00)00034-X

Fager, P. (2019) Materials preparation handbook Guidelines for choice of materials preparation design. Göteborg: Chalmers University of Technology

Lopienski, K. (2019) Picking list definitions, how to create one and types of picking lists.

Al Systems, 2011, Pick by voice. Hämtad från: <http://www.alsystems.com/voice-picking>

Al Systems, 2011, Pick by Light. Hämtad från: <http://www.alsystems.com/pick-to-light>

Reif, Rupert & Günthner, Willibald. (2009). Pick-by-vision: augmented reality supported order picking. The Visual Computer. 25. 461-467. 10.1007/s00371-009-0348-y.



CHALMERS