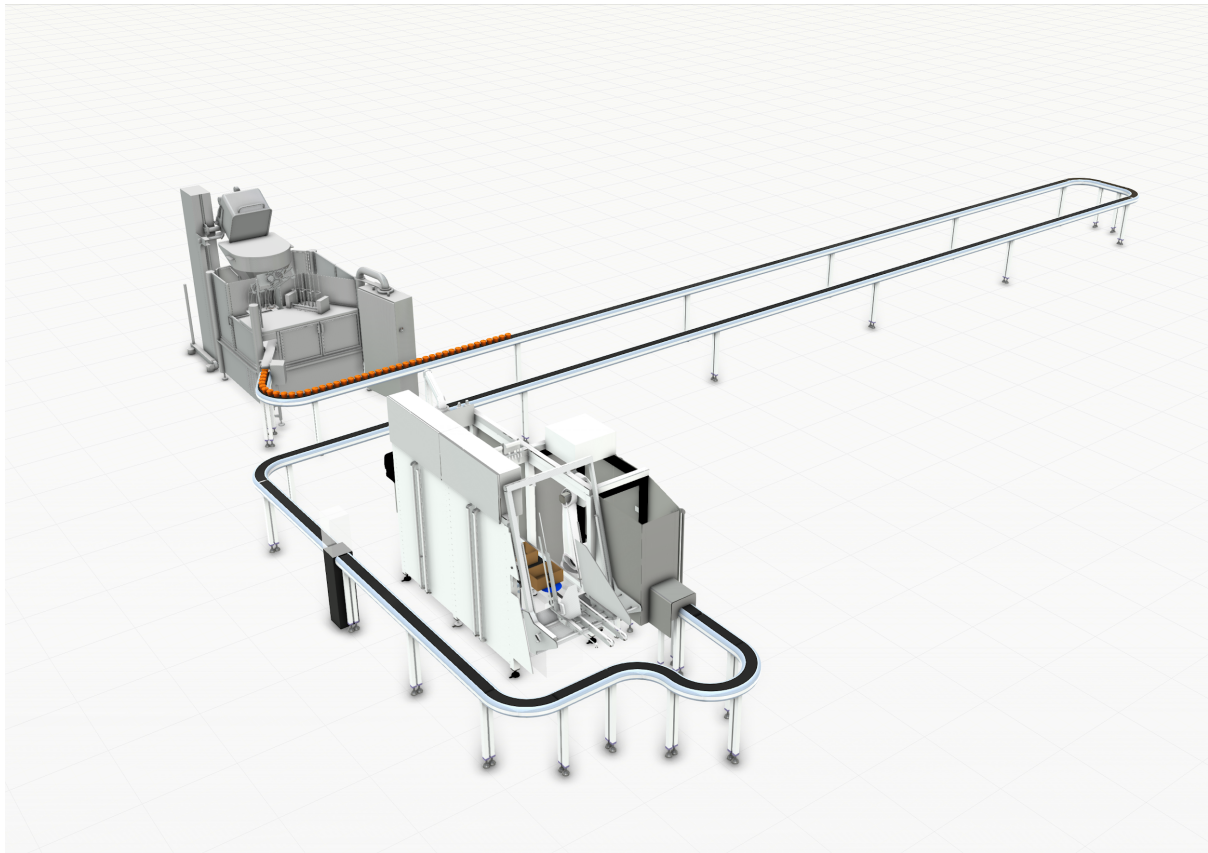




CHALMERS



Virtuell simuleringsanalys av nuvarande produktion

Virtual simulation analysis of current production

Examensarbete inom högskoleingenjörsexamen Maskinteknik

Axel Pettersson & Mattias Forsberg

Institutionen för Industri- och materialvetenskap

Avdelningen för Produktionssystem

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sweden, 2019

Examinator: Björn Johansson

Examensarbete inom högskoleingenjörsexamen Maskinteknik

Axel Pettersson
Mattias Forsberg

Institutionen för Industri- och materialvetenskap
Avdelningen för Produktionssystem
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sweden, 2019

Virtuell simuleringsanalys av nuvarande produktion

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik

Axel Pettersson

Mattias Forsberg

©Axel Pettersson, 2019

©Mattias Forsberg, 2019

Chalmers Tekniska Högskola
SE-412 96 Göteborg
Telefonnummer +46 (0)31-722 1000

Förstasida:

Nuvarande layout av fabriken produktionslinje 1 simulerad i Visual Components Premium 4.0.5.

[Egen bild]

Förord

Denna rapport är skriven av Mattias Forsberg och Axel Pettersson som del av examensarbetet på högskoleningenjörsprogrammet Maskinteknik på Chalmers Tekniska Högskola i samarbete med ett producerande företag under vårterminen 2019. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng.

Tack till

Våra handledare Jonatan Berglund, Arpita Chari och handledare från företaget som har svarat på frågor och hjälpt till under projektets gång. Tack även till Santhosh Ganesan, Virtual Manufacturing och VC support för hjälp med Visual Components. Slutligen vill vi tacka företaget för möjligheten att få utföra examensarbete i fabriken kring en trevlig och hjälpsam personal.

Sammanfattning

Syftet med examensarbetet var att studera ett produktionsflöde i en tillverkande fabrik. Detta för att undersöka hur en minskning av transportbandets längd mellan två maskiner hade påverkat produktionsflödet på produktionslinje 1 hos Företag A. Anledningen till undersökningen är för att företag A överväger göra denna förändring i deras produktionslayouten men vill ha underlag för förändring innan något beslut tas.

Produktionsflödet analyseras med hjälp av en virtuell modell av den nuvarande produktionen som togs fram i programvaran Visual Components Premium 4.0.5. Som verifikation att den nuvarande modellen speglar verkligheten utvärderades den på tre olika sätt. Statistiskt, funktionellt och visuellt. Utifrån den nuvarande modellen minskades transportbandet ner successivt för att se vilken påverkan transportbandets längd har på produktionen.

För att ge modellen en bättre visuell representation av den fysiska produktionen användes CAD-modeller av de två maskiner som fanns på produktionslinjen. Nämligen en rotationsfyllare och en kartongpackare. En 3D skanning av lokalen gjordes även som visuellt stöd för lösningsförslaget.

Resultatet visade att en minskning av transportbandet mellan de två maskinerna inte minskade antalet producerade produkter. Längden, arean och genomloppstiden minskade däremot avsevärt.

Slutsatsen är alltså att en avsevärd minskning av transportsträckan kan teoretiskt sett göras utan större påverkan på produktionslinje 1. Däremot bör hänsyn tas till andra problem som kan uppstå som till exempel minskning av produktion och kondens på utsidan av burkarna när de fylls med kall röra. Kondenseringen har tidigare orsakat problem eftersom etiketter fäster dåligt på den blöta ytan.

Abstract

The purpose of the thesis was to study a production flow in a manufacturing factory. This to examine how a decrease in conveyor length between two machines would affect the production flow for production line 1 at Company A. The reason for this study is to get an insight on what a change in the layout would mean before any changes are made to the real production.

The production flow was analyzed using a virtual model of the current production that was created in the software Visual Components Premium 4.0.5. To assure that the current virtual model mirrors reality it was validated in three ways. Statistically, functionally and visually. The conveyor length in the model was successively decreased to see how the production flow would be affected.

To give the model a better visual representation of the physical production CAD models of the two major machines on line 1 were used. These machines are a rotation filler and a packing machine. A 3D scan of the premises was also made as visual support for the improvement suggestion.

The result showed that a decrease in conveyor length between the two machines did not decrease the number of produced products. The length, the area and also the throughput for the products were however decreased significantly.

The conclusion is that a major decrease in conveyor length can theoretically be made without a major impact on production line 1. Although other resulting problems should be taken in to a count. Like for example the condensation that could form on the outside of the containers when they are filled with cold produce. The condensation has previously caused some difficulty in applying the stickers to the now moist surfaces of the containers.

1. Inledning	2
1.1 Bakgrund	2
1.2 Syfte	2
1.3 Mål	2
1.4 Precisering av frågeställningar	2
1.5 Avgränsningar	3
2. Teoretisk bakgrund	4
2.1 Diskret händelsesimulering	4
2.1.1 Visual Components	5
2.2 Digital tvilling	5
2.3 3D skanning	5
2.4 Valideringsmetoder för simuleringsmodeller	6
3. Metod	7
3.1 Datainsamling	7
3.2 Produktionens funktion	7
3.3 Validering	8
3.4 Successiv minskning av transportbandet	9
3.5 3D skanning och visuellt stöd	10
4. Genomförande	11
4.1 Processbeskrivning	11
4.2 Simuleringsmodellen för nuläget	12
4.2.1 Rotationsfyllare	12
4.2.2 Etikettmaskin	13
4.2.3 Packare	13
4.2.3.1 Packarens arbetsprocess	14
4.2.4 Transportband	16
4.2.5 CAD filer	16
5. Resultat	17
5.1 Validering av simuleringsmodell	17
5.1.1 Animation validation	17
5.1.2 Face Validity	17
5.1.3 Historical data validation	18
5.2 Påverkan i produktionen	19
5.3 Slutgiltig modell	19
6. Diskussion	21

6.1	Datainsamling	21
6.2	Simuleringsmodellen	21
6.3	Validering av simuleringsmodell	22
6.3.1	Animation validation	22
6.3.2	Face Validity	22
6.3.3	Historical data validation	22
6.4	Förändringsförutsättningar	23
6.5	Miljö	23
6.6	Etik	23
7.	Slutsats	25
	Källförteckning	26
	Bilagor	27

Beteckningar

3D - Tredimensionell

VC - Visual Components

CAD - Computer-aided design

MTBF - Mean time between failure

MTTR - Mean time to restoration

CATIA - Computer aided three-dimensional interactive application. CAD-programvara.

1. Inledning

Följande avsnitt syftar till att introducera bakgrund, syfte, mål, frågeställning och avgränsningar för projektet.

1.1 Bakgrund

Företag A tar fram och producerar olika former av livsmedelsprodukter i plastburkar. Företagets produktionslinjer i fabriken har mycket långa transportsträckor mellan fyllarna och packarna. Företaget vill specifikt veta hur produktionen hos linje 1 skulle påverkas om det gjordes en minskning av transportsträckan mellan dessa två maskiner.

Deras förhoppningar är att transportsträckan kan kortas ner, genomloppstiden kan minskas och att yta kan frigöras utan att antalet producerade enheter per tidsenhet påverkas avsevärt. Företaget vill därför undersöka hur denna förändring i produktionslayouten skulle påverka produktionen.

1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet är att undersöka och redogöra hur produktionen hos företaget skulle påverkas vid en minskning av transportsträckan. Anledningen till undersökningen är att företaget överväger en förändring i layouten av fabriken och vill ha underlag för detta. Undersökningen sträcker sig från den 21/1 till 9/6 2019 och kommer ske med hjälp av simuleringsprogramvaran Visual Components. I programvaran skapas en digital tvilling av det nuvarande produktionsflödet. Den digitala tvillingen används till diskret händelssimulering. Modellen används sedan för att jämföra mot framtida förslag på layouten. Simulering av framtida produktionslayouter möjliggör att kunna dra slutsatser om hur produktionen i verkligheten kommer påverkas av förändringarna.

1.3 Mål

Vid slutet av projektet ska en digital tvilling av produktionslina 1 på företaget tagits fram. Simuleringen ska representera nuläget i produktionen. En visuell modell av den framtida layouten ska även tas fram med hjälp av 3D skanning. Projektrapporten ska redogöra hur eventuella förändringar av transportsträckan i produktionslayouten kommer påverka och rapporten ska kunna användas som beslutsunderlag för ledningen.

1.4 Precisering av frågeställningar

- Hur påverkas antal producerade enheter vid en minskning av transportsträckan?
- Vad kan företaget tjäna på att förändra layouten?
- Vad skulle behövas för att möjliggöra en kortare transportsträcka?
- Hur väl speglar simuleringsmodellen verkligheten?

1.5 Avgränsningar

Examensarbetet kommer enbart undersöka produktionslinje 1 hos företaget. Produktionslinje 1 begränsas till följande processer: en fyllare, en etikettmatare, en packare och allt sammankopplas av transportband. Efterfrågad data för produktionslinjen kommer att tillhandahållas av företaget. Saknad data samlas in till bästa förmåga med hjälp av tidtagarur och videoklipp. Tider i simuleringsmodellen baseras på den insamlade datan. Projektet kommer enbart mäta hur en minskning av transportsträckan påverkar transportbandets area, genomloppstiden för produkter, antal producerade enheter/timme och kapaciteten hos produktionslinje 1. 3D skanningen kommer anpassas för att visa det som är relevant i projektet.

2. Teoretisk bakgrund

Detta avsnitt avser introducera den teoretisk bakgrunden kring de centrala delarna av projektet.

2.1 Diskret händelsesimulering

Diskret händelsesimulering eller “discrete event simulation” har visat sig vara en mycket effektiv metod för att testa, analysera och förbättra tillverkningsystem. Konkurrens mellan företag, utrymme för produktionen och möjligheter att minska kostnader är exempel på faktorer som driver tillverkande företag att effektivisera sin produktion. För att undersöka och stödja beslut kan simuleringsprogramvara användas för att möjliggöra denna effektivisering. (Nåfors, Barring, Estienne, Johansson, & Wahlström, 2018)

Varför simulera?

Simulering kan definieras som följande: “Att efterlikna verkligheten på ett sådant sätt att man utifrån iakttagelser gjorda vid simuleringen kan dra slutsatser om verkligheten”. (Hågeryd, Björklund, & Lenner, 2005). Simulering är alltså ett effektivt sätt att analysera verkligheten till exempel genom att skapa en digital tvilling. Mer om digitala tvillingar kan läsas under 2.2. Applikationer kan vara till exempel att utvärdera fabriken processer, layouter, buffertar eller tillverkningsstrategier.

Vidare nämner (Hågeryd et al., 2005) att simulering ger möjligheten att:

- Fastställa ett systems dynamiska beteende.
- Testa nya layouter för produktionsanläggningen, kontrollera programsekvenser.
- Kontrollera varför vissa fenomen uppträder vid vissa skeden i produktionen.
- Få en förståelse för hur vissa faktorer påverkar varandra samt vilka som är de viktigaste, dvs vilka skall få högst prioritering.
- Identifiera flaskhalsar, information-, person- och materialflödet.

När är det lämpligt att simulera?

Vidare nämner (Hågeryd et al., 2005) att alla problem inte är lämpliga att försöka lösa med diskret händelsesimulering.

Till exempel när:

- Problemet kan lösas med “sunt förnuft” eller analytiska metoder.
- Det är lättare att ändra och göra direkta förändringar i det verkliga systemet.
- Det finns inte tillräckliga resurser för att genomföra projektet.
- Det finns ingen indata inte ens sådan som kan uppskattas.
- Den färdiga modellen kan varken verifieras eller valideras.
- Om systemet är för komplext eller ej kan definieras.

2.1.1 Visual Components

Visual Components premium 4.0.5 är en programvara där modeller av produktioner kan skapas för att göra layoutplaneringar och simulera produktionsflöden virtuellt. Modeller kan byggas och simuleras i 3D. Programvaran kan användas till diskret händelsesimulering som även kan kompletteras med punktmolnsdata från 3D-skanningar. Fördelen med programvaran är dess enkla struktur som bygger på "plug-and-play". Visual Components erbjuder dessutom vissa färdiga komponenter som hittas i deras e-katalog. I e-katalogen hittas till exempel transportband, processer, robotar och enkla produkter. Vissa av de olika delarna i en produktionslinje kan alltså snabbt plockas fram och kopplas till varandra direkt eller via transportband med hjälp av plug-and-play funktionen. För att avgränsa modellen används virtuella produktgeneratorer (source) i början av linan och avslutas med en tömmare (drain). När en linje är färdigbyggd kan den simuleras under en viss tid för att ge information som till exempel antal producerade enheter, materialåtgång, statistik om varje process i flödet och energiförbrukning. ("Visual Components Premium," U.D)

2.2 Digital tvilling

En digital tvilling är en digital kopia som efterliknar ett systems beteende. Metoden att använda sig av tvillingar användes så tidigt som NASAs Apollo-program där minst två fysiska kopior av rymdfarkosten tillverkades för att ge möjlighet att spegla tillstånden i farkosten som användes i uppdraget. Farkosten som stannade på jorden kallades för tvillingen. Tvillingen användes flitigt för bland annat förberedelser och träningar av kritiska situationer. En digital tvilling fungerar liknande med skillnaden att den digitala inte har någon fysisk form utan bara existerar virtuellt. (Rosen, von Wichert, Lo, & Bettenhausen, 2015)

2.3 3D skanning

3D skanningsteknik härstammar från bland annat terrängkartläggning och kan användas för att samla opartisk data om omgivningen. Tekniken utnyttjas genom instrument som använder sig av en laserstråle. Laserstrålen roterar och mäter avstånd från instrumentet till omgivningen. Instrumentet sparar dessa koordinater och resultatet blir miljontals punkter i tre dimensioner. Punkterna kan även kompletteras med färgmätning av en kamera i instrumentet. Informationen som fås kallas för punktmoln och kan sedan kompletteras i programvara med flera mätningar från olika vinklar för att helt visualisera verkliga ytor i tre dimensioner. (Nåfors et al., 2018) . I projekt användes en FARO Focus 3D för att samla in data från sju skanningar.

2.4 Valideringsmetoder för simuleringsmodeller

Face validity metoden kan uttryckas på följande sätt: “‘Face validity’ går ut på att fråga personer som är kunniga om systemet huruvida modellen och/eller modellens beteende är rimligt”. (Sargent Robert G., 1999) Metoden går ut på att personer som har kunskap om modellen utvärderar om den är resonabel och verklighetstrogen. Animation Validation syftar till att utvärderar operationernas grafiska beteende som till exempel hur produkter rör sig i fabriken. Historical data validation går ut på att delar av datan man samlar in används för att bygga modellen medans resten av datan används för att testa huruvida modellen speglar verkligheten.

3. Metod

Projektet började med en kartläggning av produktionslinjen för att se hur lina 1 var uppbyggd. Detta gjordes genom att följa hela flödet för produktionslinan på fabriken med handledaren från företaget. Efter detta klargjordes vilka processer linjen bestod av, vad som producerades på linan, hur linjen var utformad samt varför den var utformad som den är i nuläget. Arbetet fortsatte sedan med att tydliggöra vad företaget förväntar sig av examensarbetet för att veta var huvudfokuset låg.

3.1 Datainsamling

Nästa steg för att bygga den funktionella modellen av den nuvarande produktionen i programmet Visual Components var datainsamlingen. Det tog längre tid än planerat att samla in och hantera datan. Frågor som besvarades var till exempel: vilken data som behövdes, vart den hittades, hur den skulle hanteras och hur processtider och stopptider tas fram med hjälp av den insamlade datan. Själva utformningen av produktionen i modellen togs fram med hjälp av kartor över fabriken samt direkta mätningar på produktionslinjen.

Data som samlades in för användning i simuleringsmodellen är processtider för packare och fyllare, hastigheter på transportband, transportbandets längder, stopptider för fyllare och packare med mera. Längder och maskiners positioner mättes i ritningar och på plats. Processtiderna och hastigheter samlades med tidtagning och filmning. Processtider och transportbandshastigheter är enkla att mäta. Stopptider hos packaren har varit svårare att mäta och applicera i modellen eftersom de är mer oförutsägbara. Även antal maskintimmar som är "aktiv produktion" behövde uppskattas mer noggrant. Stopptiderna hos packaren och antal aktiva maskintimmar uppskattades genom att filma produktionen i ca 150 minuter. För att få bästa resultat av modellen krävs att stora mängder data om stopptiderna dokumenteras noggrant och sedan beskrivs med hjälp av en anpassad fördelningsmetod. I brist på stora mängder väl dokumenterad data på stopptider så har en enklare metod för att fördela stoppen valts att användas. Med förenklingen så krävs istället bara två tider för att simulera stoppen. Dessa två tider kallas "Mean time till restored" (MTTR) och "Mean time before failure" (MTBF). Dessa tider beräknades för packaren och fyllaren.

MTBF beräknas enligt följande: $\frac{\text{total driftid}}{\text{antal stopp}}$

MTTR beräknas enligt följande: $\frac{\text{total stopptid}}{\text{antal stopp}}$

3.2 Produktionens funktioner

Därefter började arbetet med att skapa vissa specifika funktioner som fanns hos produktionslinjen. Den första funktionen var att skapa en sammanhängande process för packaren och roboten. Den andra funktionen var att transportbandet innan roboten skulle fördela produkterna i omgångar av tre via två rader. Se figur 3.1 Funktionerna var också ett av de mest tidskrävande stegen.



Figur 3.1 Transportbandets uppdelningsfunktion.

När modellen fungerade funktionsmässigt och kunde transportera produkter från start till slut så skulle störningar i simuleringen också implementeras. Exempel på störningar är exempelvis de stopptider hos rotationsfyllaren och packaren vilket går att läsa mer om under kapitel 4.2.1 och 4.2.3.

3.3 Validering

Simuleringsmodellen skulle idealt representera verkligheten på följande sätt; visuellt, funktionsmässigt och statistiskt. Detta var viktigt för att säkerställa så modellen speglar verkligheten och kunde användas vid undersökningar för framtida layouter. Därför genomfördes utvärderingar över hur väl simuleringsmodellen uppfyllde de här tre egenskaperna. Metoderna som användes för respektive egenskap var följande: animation validity, face validity och historical data validation.

Animation validity användes för att se om modellen speglar verkligheten visuellt. De frågor som besvaras i utvärderingen är: “ser modellen ut som produktionen i verkligheten?”, “förflyttar sig produkterna som de gör i verkligheten?” och “hanteras produkterna i modellen på samma sätt som i verkligheten?”. För att svara på dessa frågor gjordes enklare intervjuer med 5 anställda som jobbar på fabriken. Intervjuerna bestod av en kortare presentation av undersökningen, en uppvisning av simuleringsmodellen i form av bild och videoklipp och ett frågeformulär kring simuleringsmodellen som de anställda svarade på. Motiveringen till denna metod var att de anställda vet bättre hur produktionslinjen ser ut och kan ge objektiv feedback kring om simuleringsmodellen speglar verkligheten visuellt. Bilder, videoklipp finns i bilaga D och frågor som ingick i utvärderingen samt svar finns i tabell 2.

Face Validity har använts för att svara på frågan “speglar simuleringsmodellen verkligheten funktionsmässigt?”. Här ska operationer i simuleringsmodellen kontrolleras och jämföras med momenten från verkligheten. Detta inkluderar funktioner som tex hur roboten rör sig, plockar och placerar produkterna men även att operationer fungerar i simuleringsmodellen under en längre tid.

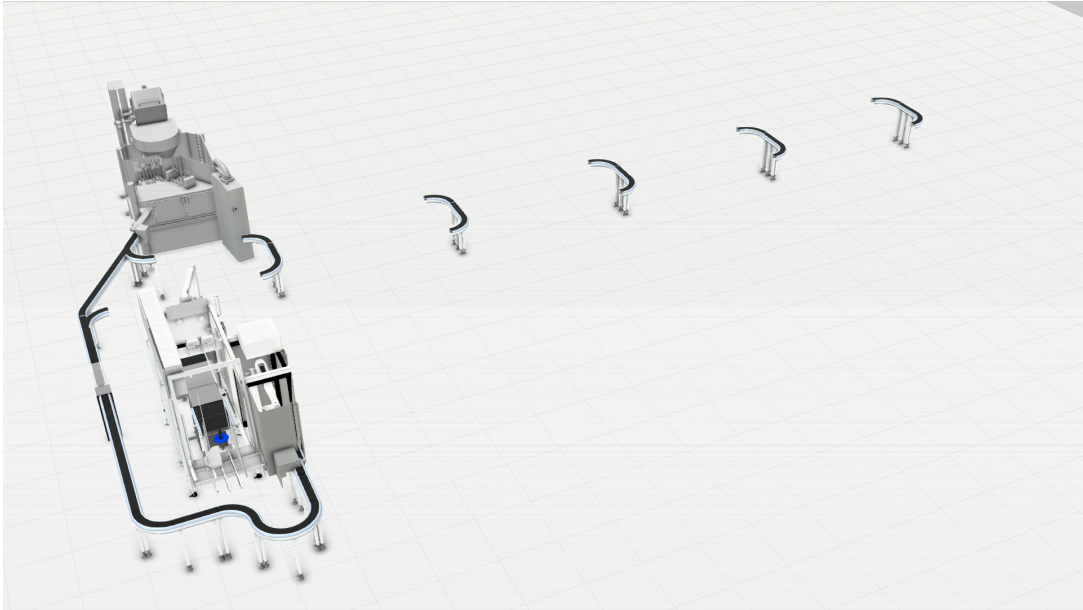
Undersökningen av detta gjordes med hjälp av filmklipp för att göra undersökningen mer objektiv. Det spelades då in korta videoklipp på processerna i verkligheten och i simuleringsmodellen. Sedan jämfördes videoklppen mot varandra och utvärderades. Utvärderingens fokus låg kring hur väl simuleringen speglar verkligheten funktionsmässigt. Anledningen till att undersökningen gjordes på följande sätt var för att få direkt feedback genom att jämföra simuleringen mot verkligheten. Utvärderingen gjordes av studenterna och Jonatan Berglund, doktorand vid institutionen för Industri- och Materialvetenskap. Motiveringen till detta var att för utvärdera med denna metod så rekommenderas att de som utför utvärderingen har goda kunskaper kring hur simuleringsmodellen är uppbyggd, fungerar och även dess brister.

Historical data validation användes för att svara på frågan “speglar simuleringen verkligheten statistiskt?”. Utvärderingen ska visa hur trovärdig utdatan från simuleringsmodellen är jämfört med datan från verkligheten. I det här fallet syftar datan till antal producerade enheter/vecka, antal producerade enheter/maskintimme, processtider hos processerna, MTBF, MTTR och hastigheter för funktioner i modellen.

Detta undersöktes genom att jämföra datan som uppmätts för de olika processerna i verkligheten mot utdatan från simuleringsmodellen. Datat för antal producerade enheter togs då från fyra veckor som inte ingick i själva datainsamlingen som simuleringsmodellen baserades på.

3.4 Successiv minskning av transportbandet

När den nuvarande modellen blivit utvärderad så började nya förslag på layouten tas fram enligt figur 3.2. I simuleringsmodellen testades successivt kortare och kortare transportsträckor mellan fyllaren och packaren eftersom detta var huvudfokuset för projektet. För varje försök minskades transportsträckan med åtta meter i taget samtidigt som genomloppstid, producerade enheter/maskintimme, area som täcks av transportband, längd och buffertkapacitet noterades för varje koncept.



Figur 3.2 Konceptgenerering och illustrering av successiv minskning av transportbandet.

3.5 3D skanning och visuellt stöd

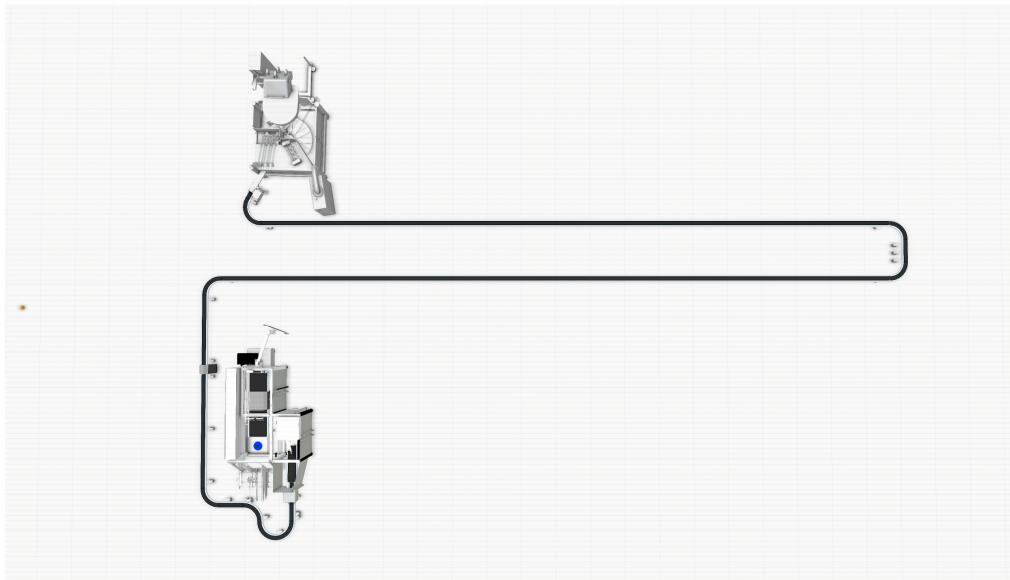
Därefter gjordes en 3D skanning av maskinerna och väggen mellan. Skanningen gjordes med en FARO Focus 3D. Sju skanningar för att samla ett punktmoln med totalt 5,3 miljoner punkter. För att underlätta sammanställningen placerades referenspunkter ut i form av vita sfärer för att hjälpa till att orientera och klippa ihop datan från de olika skanningarna. Datan sammanställdes med programvaran Recap Pro och överfördes sedan till Visual Components.

4. Genomförande

Följande avsnitt går in på specifika delar av metoden och informationen som krävdes för att ta fram resultatet.

4.1 Processbeskrivning

Rotationsfyllaren fyller burkarna med livsmedel och försluter sedan burkarna med ett lock. Plastburkarna lämnar fyllaren och går vidare via transportband till etikettmaskinen. Efter etikettmaskinen transporteras burkarna till packaren. Transportbandet innan packaren delar upp sex produkter i två rader enligt figur 3.1. Dessa sex produkter plockas sedan upp av en robot och ställs i en kartong. Två partier med sex stycken produkter i varje parti placeras i kartongen innan kartongen går vidare för att sedan slås in och limmas ihop. Här anses produkterna färdiga i simuleringsmodellen. Förbindelsen mellan rotationsfyllaren och packaren är närmare 50 meter lång och innebär en beräknad kapacitet på ca 500 produkter. Se figur 4.1



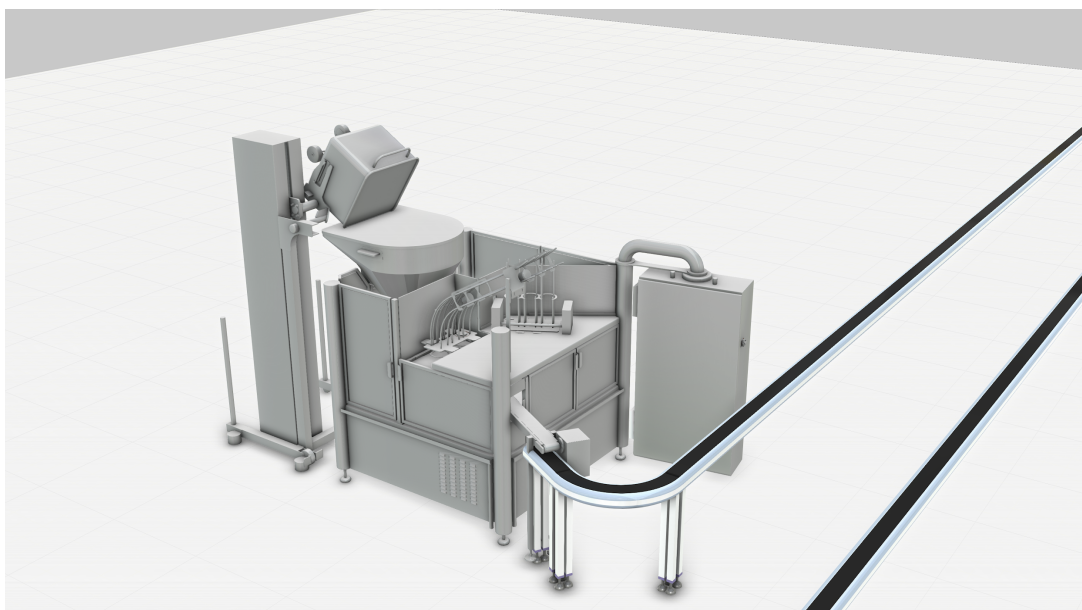
Figur 4.1 Toppvvy av produktionslina 1.

4.2 Simuleringsmodellen för nuläget

Layouten för nuläget visas i figur 4.1 Layouten för produktionslinan är uppdelade i två zoner, den rena zonen och produktionszonen. I den rena zonen är burkarna inte förslutna än och där hanteras råvarorna. I produktionszonen är burkarna däremot stängda. Skillnaden mellan de två områdena är att i den rena zonen ställs högre renlighetskrav eftersom livsmedlet är mer utsatt där.

Anledningen till att företaget valt att placera maskinerna som de gjort med de långa transportsträckorna mellan varandra var för att minska kondensen på burkarna innan de når etikettmaskinen. Om burkarna är täckta av kondens när de når etikettmaskinen så riskerade etiketterna att inte fastna. Varje process i simuleringsmodellen dvs rotationsfyllaren och packaren ställdes in med följande tider: Processtid, MTBF och MTTR för att de ska kunna efterlikna maskinerna i verkligheten.

4.2.1 Rotationsfyllare



Figur 4.2 Rotationsfyllare

I cleanzonen står rotationsfyllaren. Maskinen jobbar kontinuerligt med en processtid på 144 enheter/minut vilket motsvarar ~ 1 enhet/0,417 sekund. Den stannar vid planerade tillfällen för byten och städningar. Under byten så byter linjen livsmedel utan att behöva rengöra maskinen och stoppet skulle ta ca 10 minuter. Under städningen så byter linjen livsmedel och rengör maskinen vilket skulle ta ca 25 minuter. Det sker i snitt 40 städningar och 9 byten under en vecka se bilaga A.

Rotationsfyllarens process i simuleringsmodellen ställdes in med följande tider:

Processtid: 1 enhet/0,417 sekunder

MTBF: 5510 sekunder

MTTR: 2100 sekunder

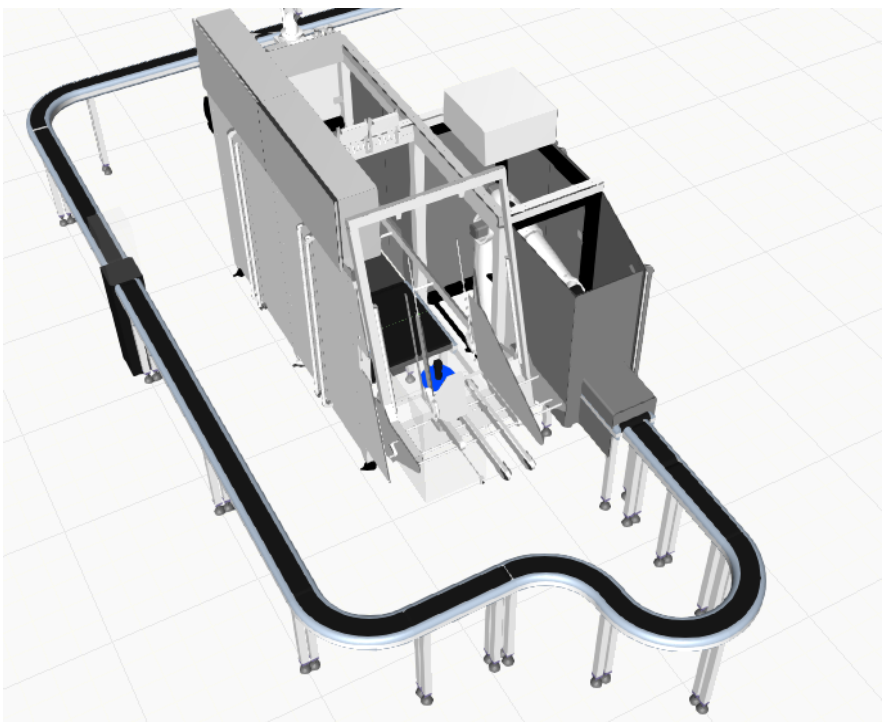
MTBF togs fram med data från fabriken se bilaga A samt med vissa anpassningar av datan från filmningen vid datainsamlingen. Det fanns två olika sorters kontrollerade stopp som kunde inträffa hos fyllaren i verkligheten. Vid implementering av dessa stopp så behövde de båda stoppen fungera som ett gemensamt stopp i simuleringsmodellen. Det gemensamma stoppet i modellen anpassade därför mot det som var mest sannolikt vilket var städningen. Vid filmning av produktionen visade det sig att en städning tog längre tid än 25 minuter så MTTR uppskattas till 35 minuter vilket motsvarar 2100 sekunder.

MTBF sattes till 5510 sekunder då detta motsvarade hur ofta det i snitt skedde ett stopp hos fyllaren oberoende om det var ett byte eller städning. Detta var en förenkling av MTBF för processen då det inte gick att implementera de två separata typerna av stopp med denna metod.

4.2.2 Etikettmaskin

Etikettmaskinen används till 20% av de burkar som producerats på lina 1. Maskinen har ingen processtid utan applicerar etiketter på locket av burkar i samma takt som burkarna passerar. Däremot behöver etikettrullar bytas ut manuellt när etiketterna tar slut. Denna procedur tar ett par minuter men utförs sällan. Med detta som bakgrund så ansågs etikettmaskinen inte ha någon större påverkan på produktionsflödet och ingår därför inte som en process i simuleringsmodellen utan illustreras enbart av visuella själ.

4.2.3 Packare



Figur 4.3 Etikettmaskinen och packaren.

Packaren består av ett transportband för uppdelning av burkarna, en packrobot och ett transportband för kartonginslagning. Packroboten är en industrirobot som plockar två partier om sex stycken produkter från transportbandet och ställer dem i en kartong. Packroboten plockar 23 partier om 6 produkter per minut och packar då 1 låda om 12 burkar på 5,2 sekunder. Programmet som loggar tider för packaren räknar packarprocessen och packroboten som en process. Stannar någon av de bägge processerna så stannar båda två. Transportbandet för kartonginslagningen är den sista processen som vi inkluderar i simuleringsmodellen av produktionslinan. Transportbandet för kartonginslagning slår in de 12 burkarna i kartonger i takt med roboten. Kartongen går sedan vidare via transportband för att bli paketerad på en pall.

Packarprocessen ställdes in med motsvarande tider som tagits fram utifrån datainsamlingen:

Processtid: 2 partier/4,6 sekunder

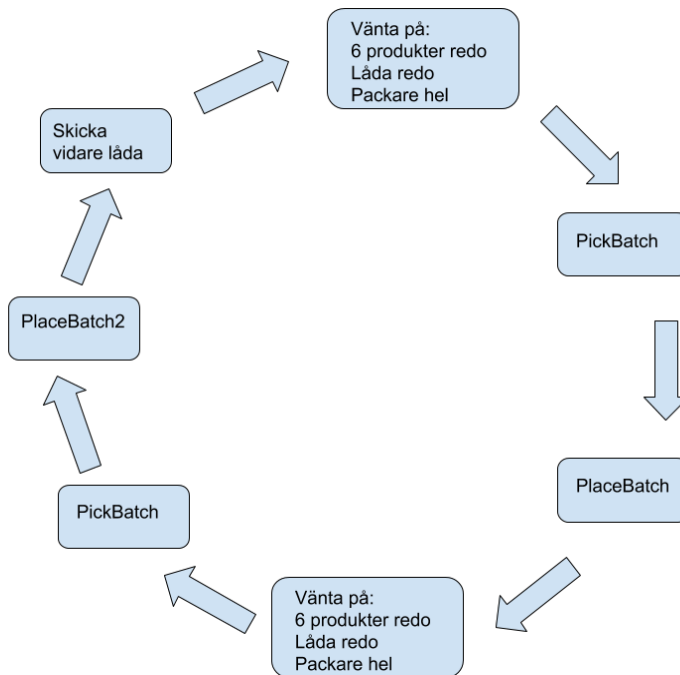
MTBF: 500 sekunder

MTTR: 71 sekunder

MTBF och MTTR ställdes in med tider från filmningen av produktionen se bilaga B. Från början baserades MTBF och MTTR på stopptider som samlades in av packaren en tidig jämförelse mellan simuleringsmodellen och verkligheten visade att antal producerade enheter/maskintimme då skiljer sig drastiskt. Därför undersöktes packaren stopptider genom att filma produktionen. Utifrån datan som samlades in från packaren i verkligheten så var MTBF: 852 sekunder och MTTR: 52 sekunder se bilaga C. Medans utifrån filmningen som gjordes gav MTBF: 500 sekunder och MTTR: 71 sekunder. Filmningen av produktionen ansågs som en mer tillförlitlig metod att uppskatta MTBF och MTTR då det inte förlitade sig på maskinens egen logg.

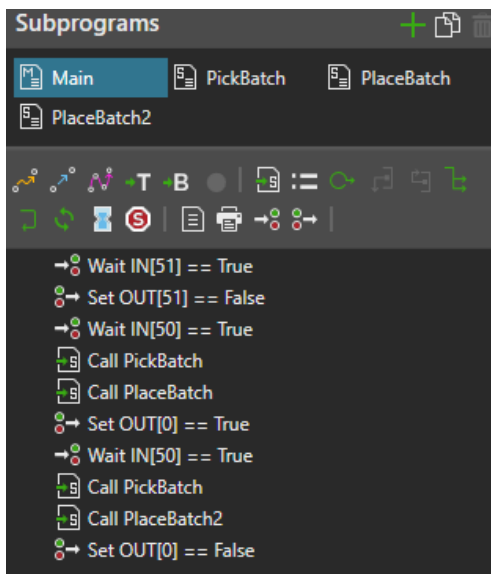
4.2.3.1 Packarens arbetsprocess

Roboten sköter förflyttningen av produkterna från uppdelningen via transportbandet till kartongen enligt figur 4.4. Roboten väntar tills det finns en låda att placera produkterna i, det finns sex produkter redo att plockas och att packaren inte ligger nere. När alla dessa krav uppfylls plockar den först ett parti och sedan en till innan lådan skickas vidare på transportbandet.



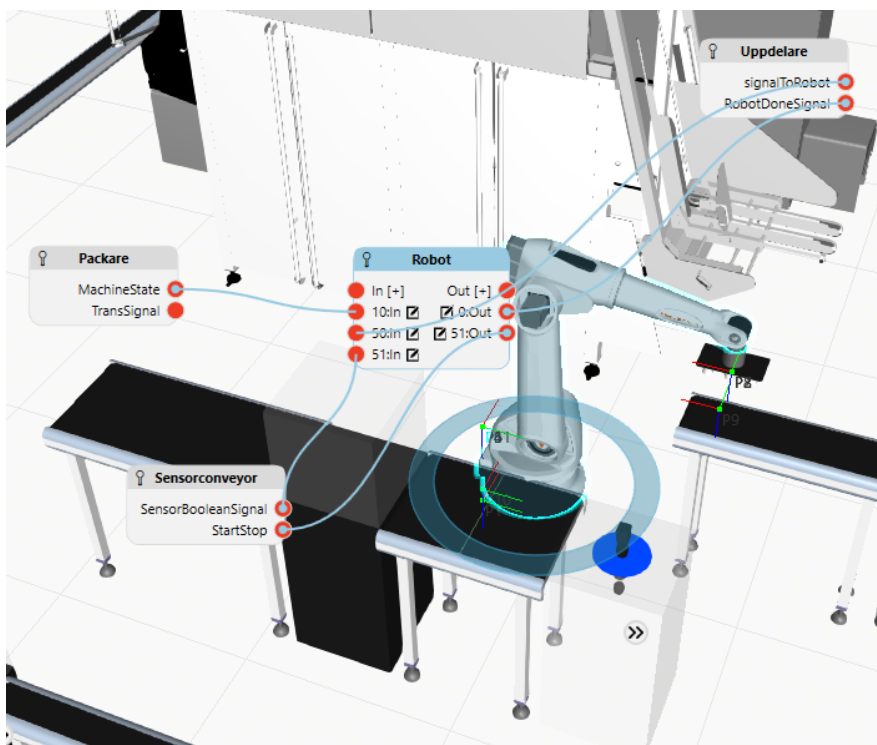
Figur 4.4 Packarens arbetsgång

Programkoden i simuleringsmodellen består av ett huvudprogram “Main” och tre subprogram “PickBatch”, “PlaceBatch” och “PlaceBatch2”. Sub-programmen kan anropas i huvudprogrammet. Figur 4.5 på huvudprogrammet.



Figur 4.5 Robotens huvudprogram.

Eftersom roboten, packaren, transportbandet och uppdelaren i slutet av transportbandet behöver kommunicera med signaler kopplades de enligt figur 4.6.



Figur 4.6 Robotens kopplingar.

4.2.4 Transportband

Transportbanden binder samman alla processerna i produktionslinan och transporterar produkterna med en hastighet på 275 millimeter/sekund som uppmättes på fabriken. Transportbandet fungerar också som en buffert för produktionslinan med en total kapacitet på ungefär 500 produkter mellan fyllaren och packaren.

En av transportbandets speciella funktioner var att, innan packaren, dela upp flödet av produkter i två rader. Detta för att roboten ska kunna plocka partier om sex produkter och ställa i kartonger.

4.2.5 CAD filer

Av visuella skäl användes CAD-filer som stöd i visualiseringen av modellen. Modellerna för de båda maskinerna på linjen, fyllaren och packare fanns att få från företagen som tillverkat respektive maskin. Burken som används som produkt ritades i CATIA för att sedan sparas som .stp fil och användas i Visual Components.

5. Resultat

Följande avsnitt avser visa de resultat som projektet tagit fram.

5.1 Validering av simuleringsmodell

Simuleringsmodellen speglar verkligheten väl utifrån när man jämför den med verkligheten både visuellt och funktionellt. Statistiskt sett stämmer simuleringsmodellen sämre överens med verkligheten då den producerade ca 60% mer än verkligheten. Följande avsnitt avser visa de olika delarna i resultatet från valideringen av simuleringsmodellen.

5.1.1 Animation validation

Modellens visuella egenskaper visade sig vara mycket goda utifrån de anställda som intervjuades. De kunde snabbt identifiera vilken produktionslinje på fabriken som simulerades med hjälp av videon och bild. Se tabell 1. Flödet från början till slut kändes verklighetstroget enligt de anställda. Vidare fanns det kritik kring att maskinstoppen inte fanns med i videoklipppet.

Tabell 1. Resultat visuell validering.

Yrkesroll	Ser produkterna i modellen ut som burkarna ni producerar?	Liknar processerna och transportbanan i modellen processerna och transportbanan i verkligheten?	Liknar flödet av produkter i modellen flödet av produkter i verkligheten?	Tycker du simuleringsmodellen är visuellt verklighetstroget?
Tekniker	Ja	Ja	Ja	Ja
Tekniker	Ja	Ja	Ja	Ja
Tekniker	Ja	Ja	Ja	Ja
Operatör	Ja	Ja	Ja	Ja
Operatör	Ja	Ja	Ja	Ja, men skulle vilja se när stopp sker i videon

5.1.2 Face Validity

Utvärderingen visar på att funktionsmässigt så uppfyller modellen frågeställningen "speglar simuleringsmodellen verkligheten funktionsmässigt?". Vid jämförelsen gavs bedömningen att flödet kändes lika jämnt i verkligheten som i simuleringsmodellen. Fyllaren håller rätt produktionstakt. Simuleringsmodellen följer processen väl för hur burkarna förflyttas och hanteras. Produkterna kommer i två rader om tre produkter per rad till packaren. Roboten plockar sex produkter per omgång och placerar två omgångar per låda som i verkligheten. När det sker stopp hos packaren så stannar både roboten och processen som i verkligheten. Packaren håller rätt produktionstakt.

5.1.3 Historical data validation

Processtiderna hos processerna, packaren och fyllaren stämmer väl överens med verkligheten. Eftersom stopptiderna MTBF och MTTR i simuleringsmodellen baseras på tider uppmätta från verkligheten så anses de vara tillförlitliga. Transportbandens hastigheter stämmer då de har mätts med tidtagning från verkligheten.

I tabell 2 så visas data tagen från 4 veckors produktion. Antal timmar per vecka har minskats ner med 12 timmar. Detta är en uppskattning på tid varje vecka som inte är aktiv produktion utifrån filmningen av produktionen. Detta inkluderar även uppstart på morgonen och avstängning på kvällen. Aktiv produktion är tid då produktionen är igång. Alla timmar i simuleringsmodellen är aktiv produktion men i verkligheten är inte alla arbetstimmar aktiv produktion. Vilket är bakgrunden till denna anpassning.

Tabell 2. Sammanställd data för 4 veckors produktion

Vecka	Antal enheter (st)	Timmar (h)	Enheter/timme (st/h)
10	210 720	80	2634
11	331 806	90	3687
12	257 706	76	3391
13	295 020	83	3554
Medelvärde			
Medel	273 813	82,25	3329

Tabell 2 visar att i medel produceras 273 813 enheter per vecka vilket motsvarar en produktion på 3329 produkter/timme

Tabell 3. Jämförelse av data

Jämförelse av medelvärde mot simuleringsmodell			
Enheter/timme		Enheter/vecka	
Verkligheten	Simuleringsmodell	Verkligheten	Simuleringsmodell
3329	5360	273 813	440 860
Skillnad mellan simuleringsmodell och verklighet			
Enheter/timme		Enheter/vecka	
2031		167 047	
Procentuellt			
Procentuell skillnad mellan simuleringsmodell och verklighet			
Enheter/timme		Enheter/vecka	
61,01%		61,01%	

I tabell 3 visar statistiken för producerade enheter/timme att simuleringsmodellen producerar ca 61% mer i producerade enheter/timme än verkligheten vilket då motsvarar 2031 fler

enheter/maskintimme. För producerade enheter/vecka så producerade modellen också 61 % mer vilket motsvarar ungefär 167 047 enheter mer per vecka.

5.2 Påverkan i produktionen

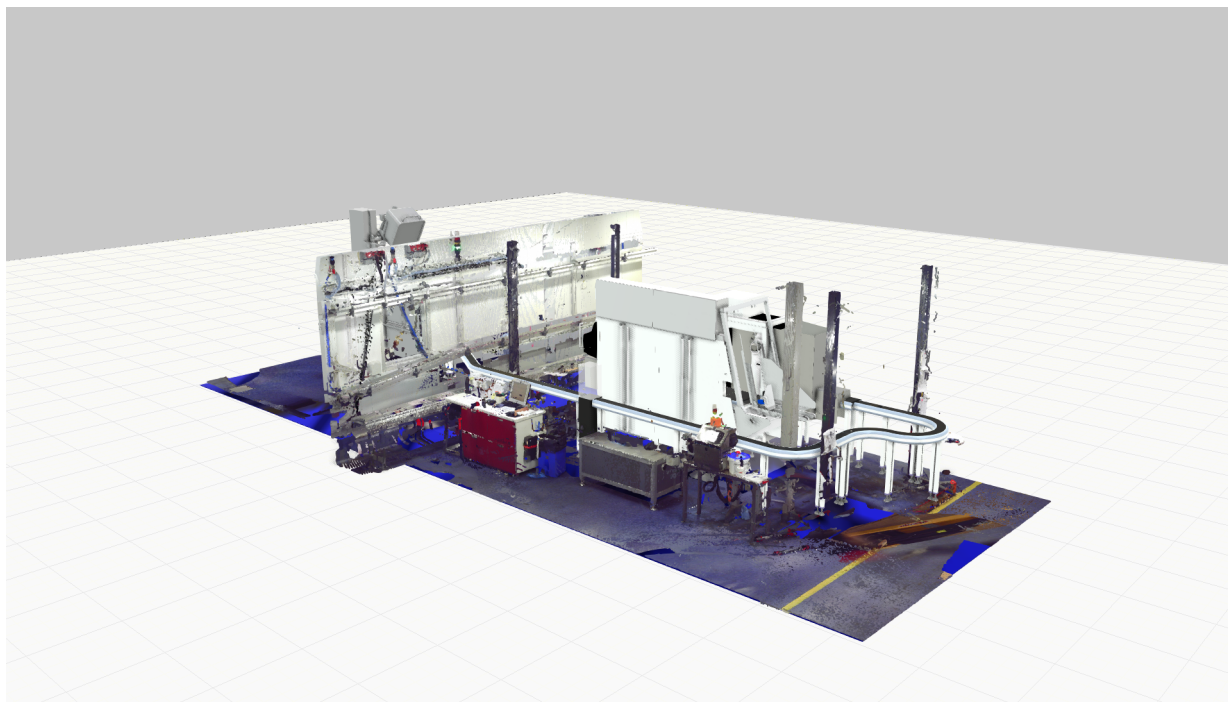
Försöken visar att antalet producerade enheter/timme inte påverkas drastiskt av en minskning av kapaciteten mellan fyllaren och packaren. Längden på transportbandet och därmed arean minskar däremot drastiskt precis som genomloppstiden se tabell 4. Notera däremot att transportbanden till de olika linorna i den nuvarande produktionen är staplade på höjden vissa sträckor så det är inte rimligt att säga att $\sim 5 \text{ m}^2$ brukbar fabriksyta frigörs genom att gå från den nuvarande layouten till koncept 5.

Tabell 4. Resultat av försöken

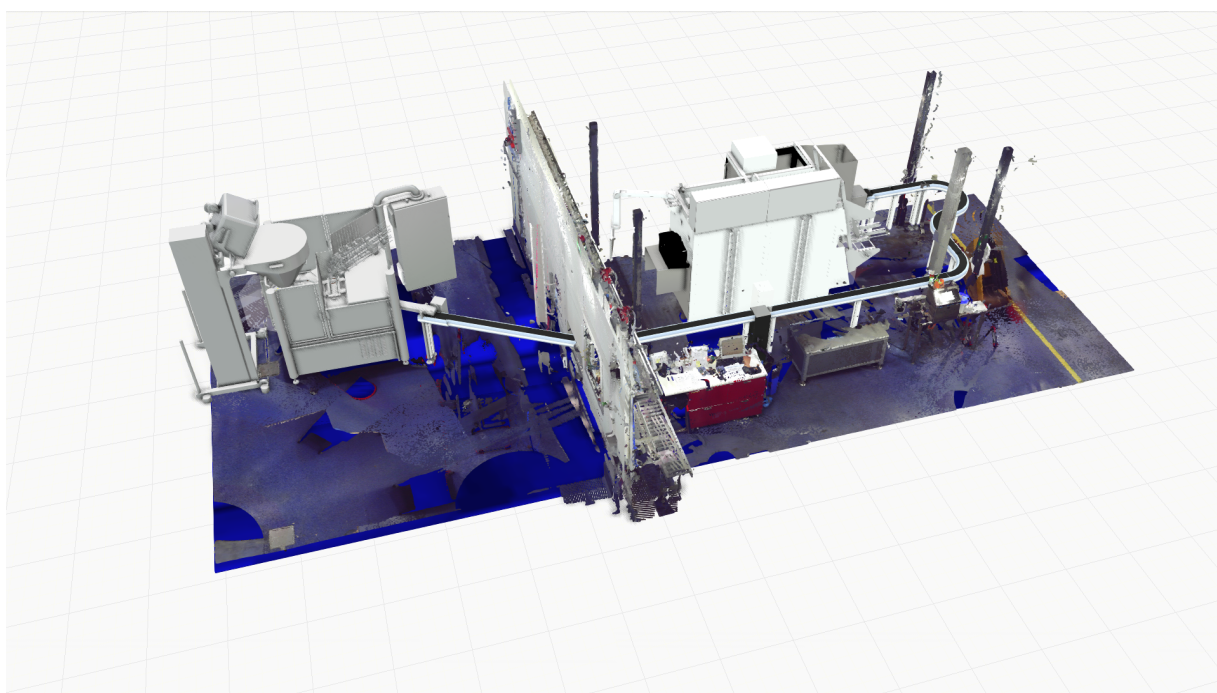
	Genomloppstid transportband (min:sek)	Genomloppstid 1 låda (min:sek)	Producerade enheter/timme (st burkar)	Längd (m)	Area transportband (m ²)	Teoretisk buffertkapacitet (st)
Nuvarande	3:03	3:15	5360	48,88	6,8	531
Koncept 1	2:36	2:47	5354	40,88	5,7	444
Koncept 2	2:08	2:19	5348	32,88	4,6	357
Koncept 3	1:39	1:50	5360	24,88	3,5	270
Koncept 4	1:09	1:21	5388	16,88	2,4	183
Koncept 5	0:49	1:00	5406	10,7	1,5	116

5.3 Slutgiltig modell

3D skanningen utfördes för att ge visuellt stöd till lösningsförslaget på den framtida layouten. Skanningen gjordes med hjälp av en FARO Focus 3D skanner. Sju skanningar gjordes för att samla punktmolnsdata kring maskinerna och på väggen. Punktmolnsdatan sammanställdes i programvaran Recap Pro. Därefter kombinerades punktmolnsdatan med produktionslayouten för att användas i renderingarna i figur 5.1 och figur 5.2.



Figur 5.1 Illustration av slutgiltigt layoutförslag. Vy från packaren.



Figur 5.2 Illustration av slutgiltigt layoutförslag. Vy över fyllaren och packaren.

6. Diskussion

Följande avsnitt avser diskutera datainsamlingen, simuleringsmodellen och utvärderingen.

6.1 Datainsamling

Något som hade kunnat göras bättre var datainsamlingen. Vid insamlingen av datan så borde stoppen dokumenterats mer noggrant. Om datan från packaren hade dokumenterats mer noggrant så hade en statistisk fördelningsmetod kunnat användas för att beskriva till exempel MTTR och MTBF. Detta i sin tur skulle skapa mer variation i hur ofta ett fel inträffar och hur lång tid det tar för att åtgärda felet istället för att det alltid sker ett fel med jämna mellanrum och alltid tar lika lång tid att åtgärda vilket inte är lika realistiskt.

Förbättringen hade varit att istället för att lita på tiderna som maskinerna loggar, använda sensorer för att mer få exakt data för hela produktionsflödet. Alltså mäta exakt hur många produkter som kommer in och ut vid packaren och när. Packarens MTBF och MTTR hade då kunnat beskrivas mer verklighetstroget med statistiska fördelningar. Denna data hade sedan kunnat användas för att anpassa simuleringsmodellen ytterligare. Nackdelen är såklart att stora mängder data krävs för en bra beskrivning och mätningen behöver därför idealt ske över långa perioder.

Datan som togs fram var till stor del tillförlitlig förutom när det kommer till datan för MTTR och MTBF för packaren. Detta uppenbarades för oss då modellen började skapa data för hur många enheter modellen producerade vilket var alldeles för högt jämfört mot verkligheten. Då simuleringsmodellen bestod av enbart de två processer, fyllaren och packaren, varav packaren hade kunde uteslutas då den var mycket tillförlitlig. Därav antogs datan för själva packaren vara bristfällig. När vi pratade med ett företag som jobbar med layoutlösningar angående detta så rekommenderade de starkt att inte titta på datan som samlades in av maskinerna i en produktion. Då det är oklart hur denna datan som samlas in hos maskinerna. Därför är datan inte tillförlitlig att användas.

6.2 Simuleringsmodellen

Simuleringsmodellen kunde utvecklats på flera olika sätt för att bli mer tillförlitlig. En bristande del i simuleringsmodellen var att inte implementera byten hos packaren som då var ett stopp på 10 minuter istället för 35 minuter som för ett städ. Anledningen till detta vara okunskap kring hur man på bästa sätt skulle implementera detta i programvaran samt att städningar hände mycket oftare.

Vi tror också det finns saker som vi inte tagit hänsyn till eller tänkt på i verkligheten som skulle behöva implementeras i simuleringsmodellen. Till exempel risken att det blir haveri eller att maskinerna hela tiden körs under antalet maskintimmar.

Fördelningsmetoder hade också kunnat användas för att få modellen att bete sig mer verklighetstroget. Ett sätt att tillämpa fördelningsmetoder hade kunnat vara att samla bättre

data och matcha till exempel MTBF för packaren med en statistisk fördelning som speglar verkligheten mycket bättre än att räkna ut medelvärden. Detta resulterar i att stopptider, tid mellan stopp, partistorlekar och så vidare varierar mer slumpartat precis som i verkligheten.

En statistisk fördelning som hade kunnat användas är en triangelfördelning. Där uppskattas fördelningen med hjälp av underhållspersonalen på produktionslinjen. Denna typ av datainsamling innebär att personalen får uppskatta tiden för ett kort stopp, ett långt stopp, medeltiden för ett stopp osv. Triangelfördelningen ger därmed möjligheten att slumpmässigt generera stopptider mellan det uppskattade intervallet.

6.3 Validering av simuleringsmodell

Följande avsnitt avser att diskutera saker inom de olika delarna för valideringen av simuleringsmodellen.

6.3.1 Animation validation

Vid utvärderingen av de visuella aspekterna hos modellen så togs ingen hänsyn till hur länge personerna hade jobbat på fabriken. Hur länge personer egentligen hade jobbat på företaget hade kunnat påverka resultatet av den visuella utvärderingen. Vidare skulle man kunna utveckla utvärderingen genom att fråga fler personer inom företaget.

6.3.2 Face Validity

På grund av sekretess hos företaget så kan inte videojämförelsen mellan verkligheten och simuleringsmodellen visas upp. Vidare hade man kunnat utveckla denna delen genom att filma fler och större delar av produktionen för att ytterligare kunna utvärdera simuleringsmodellen mot verkligheten. Till exempel för att jämföra flödet av produkter och stopptider med verkligheten.

6.3.3 Historical data validation

Den statistiska valideringens resultat kunde förbättrats och gjorts mer tillförlitlig. Det finns två huvudområden som påverkar det statistiska resultatet från simuleringsmodellen. Det är antal aktiva produktionstimmar som en arbetsvecka egentligen består. Det andra problemet är saker som inte har implementerats i simuleringsmodellen som tex haveri. Detta då det varit svårt att implementera vissa saker i simuleringsprogramvaran. Dessa två problem hade kunnat lösas med mer noggrann och tillförlitlig data kring tiderna. Det hade kunnat medföra att simuleringsmodellen speglade verkligheten bättre statistiskt.

6.4 Förändringsförutsättningar

Följande faktorer är förändringsförutsättningar som bör tas hänsyn till för att möjliggöra förändringen i produktionslayouten: kondensen som bildas på burkarna, kommunikationen mellan personalen på de två sidorna av väggen och balanseringen av maskinerna.

Eftersom transportsträckan i förändringsförslaget är mycket kortare bör hänsyn tas till kondensen som uppstår på burkarna som tidigare varit ett problem vid appliceringen av etiketterna. En kortare transportsträcka skulle innebära mindre tid för kondens att försvinna från utsidan av burkarna. Kommunikationen mellan personalen som jobbar med packaren och fyllaren på linjen är viktig för att personalen ska kunna sköta linjen behagligt och effektivt.

Då transportsträckan minskar så minskar även linjens buffert. En buffert tenderar till att gömma problem hos produktionslinjer till exempel balansen mellan maskiner. Balanseringen av maskinerna på linjen är därför något som måste anpassas efter den här förändringen så att anledningen till stoppen kan klargöras och hanteras. (Waters, 2002)

6.5 Miljö

Att använda sig av diskret händelsesimulering kan ha synnerligen positiva effekter på miljön. Allra helst genom att undersöka exempelvis energiförbrukning och materialåtgång i tillverkande företag i ett försök att minska utsläpp och slöserier. Analytiska metoder av flöden kan också ge möjligheter att korta ner transportsträckor för att effektivisera och bättre anpassa arbetsplatsen. Diskret händelsesimulering tillsammans med punktmolnsdata ger möjligheten att helt visualisera och simulera en produktion. Dessa fördelar ger möjlighet till bättre planering, resurshantering, mindre slöserier och därmed högre effektivitet.

Ur ett miljöperspektiv är i vårt fall energiförbrukningen mest relevant om man kan anta att kortning av transportsträckan resulterar i mindre energiåtgång. Relevant data för transportbanden och maskinernas energiförbrukning hade varit fördelaktigt att använda i simuleringsmodellen.

6.6 Etik

De två relevanta etiska aspekterna att ta hänsyn till under projektet är huruvida det är etiskt rätt att under produktion, filma och 3D skanna fabriken när personalen arbetar på produktionslinjen.

Användningen av 3D-skanningsinstrumentet och filmkameran inkräktar båda på personalens integritet eftersom personalen kan synas i punktmolnet respektive videoklippet. 3D-skanningsinstrumentet utsatte dessutom personalen för ringa fara eftersom att instrumentet användes när personalen jobbade. Detta försvarades med att personalen informerades och varnades från att titta på 3D-skanningsinstrumentet när det användes. Dessutom ska fabrikschefen ha varit informerad om användningen av utrustningen.

Personalen som intervjuades valdes slumpmässigt. Personal som syns i punktmolnet har redigerats bort och kan därmed inte synas på de renderingar som gjordes av det slutgiltiga layoutförslaget. Samtliga videoklipp som filmats i fabriken raderades i slutet av projektet.

7. Slutsats

Hur påverkas antal producerade enheter vid en minskning av transportsträckan?

Vid en minskning av transportsträckan så påverkas antal producerade enheter minimalt enligt undersökningen som gjordes i Visual Components.

Vad kan företaget tjäna på att förändra layouten?

Det företaget kan tjäna på layoutförändringen är främst den kortade genomloppstiden och mer fri yta som annars tas upp av det långa transportbandet. Se tabell 4.

Vad skulle behövas för att möjliggöra en kortare transportsträcka?

Det som krävs för att möjliggöra en layoutförändring är att fyllaren kan styras bättre. Detta genom ett pålitligt start-stoppsystem eller möjligtvis av personalen. Notera att om personalen skall sköta fyllaren med ett kortare transportband krävs bättre kommunikationsmöjligheter mellan de två produktionszonerna. Dessutom behöver företaget ta hänsyn till den eventuella kondenseringen som kan bildas på burkarna.

Hur väl speglar simuleringsmodellen verkligheten?

Simuleringsmodellen är visuellt och funktionellt verklighetstrogen. Modellen producerar däremot snabbare än den verkliga produktionslinjen. Detta kan bland annat bero på att hänsyn inte tas till: svinn, olika partistorlekar, haveri hos fyllaren eller transportbanden.

Källförteckning

- Hågeryd, L., Björklund, S., & Lenner, M. (2005). *Modern produktionsteknik. D. 2*. Stockholm: Liber.
- Nåfors, D., Barring, M., Estienne, M., Johansson, B., & Wahlström, M. (2018). Supporting Discrete Event Simulation with 3D Laser Scanning and Value Stream Mapping: Benefits and Drawbacks. *Procedia CIRP*, 72, 1536–1541. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2018.03.217>
- Rosen, R., von Wichert, G., Lo, G., & Bettenhausen, K. D. (2015). About The Importance of Autonomy and Digital Twins for the Future of Manufacturing. *IFAC-PapersOnLine*, 48(3), 567–572. <https://doi.org/10.1016/J.IFACOL.2015.06.141>
- Sargent Robert G. (1999). VALIDATION AND VERIFICATION OF SIMULATION MODELS. *Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference*.
- Visual Components Premium. (U.D). Hämtat från <https://www.visualcomponents.com/products/visual-components-4-0/premium/>
- Waters, C. D. J. (2002). *Operations management : producing goods and services*. Financial Times Prentice Hall.

Bilagor

Vecka	Antal enheter	Städningar	Byten	Timmar
39	228 306	27	9	85
40	150 170	30	1	81
41	217 458	31	5	83
42	204 312	31	8	82
43	188 460	50	5	71,5
44	209 946	31	7	70
45	216 828	42	10	73
46	246 198	52	8	88
47	231 558	50	3	73
48	233 736	54	9	72
49	243 228	54	7	71,5
50	362 889	40	7	88
51	336 654	72	24	116
52	91 362	17	10	45
1	55 650	14	0	25
2	195 814	45	8	78
3	173 604	60	7	80
4	179 404	24	10	60
5	201 272	32	19	71
6	171 055	41	20	71
7	222 048	33	13	75,5
8	304 500	52	6	92
9	229 224	39	9	72
	antal enheter	städningar	byten	aktiva timmar
medel	212 769	40,04	8,91	64,9
	antal enheter/timme	3277		

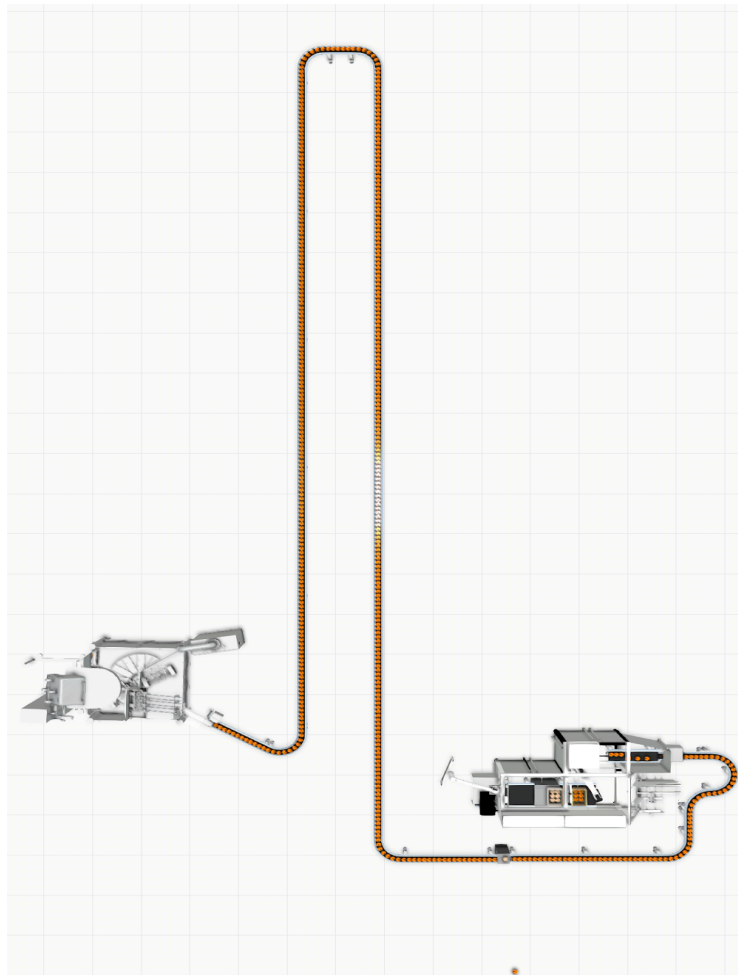
Bilaga A. Statistik från fabriken.

Stopp hos packaren från filmning		
Antal stopp (st)	Tid nere (min:sek)	Total tid (min:sek)
18	21:17	150:0

Bilaga B. Stopp och tid nere från filmning av produktionen.

Stoptider packare				
Period för datainsamling		Antal stopp	Tid (min)	Veckor
2019-02-07	2019-02-14	243	227	1
2019-02-14	2019-02-28	517	432	2
		Totalt antal stopp	Total tid (min)	Totalt antal veckor
		760	659	3

Bilaga C. Stoptider från packaren.



<https://youtu.be/gwTlbsYCfjE>

Bilaga D. Visuellt bild och länk till videoklipp över simuleringsmodell.