



CHALMERS

Unleashing Productivity

Examensarbete inom högskoleingenjörsexamen Maskinteknik

Anton Ljungberg
Anton Martinez

Institutionen för Industri- och materialvetenskap
Avdelningen för Produktionssystem
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sweden, 2024
Examinator Björn Johansson

Förord

Vi vill rikta ett stort tack till fallföretaget som har gett oss möjligheten att utföra detta projekt. Utan er hade vår resa inte varit genomförbar. Vi vill också uttrycka vår tacksamhet till vår examiner Björn Johansson för hans vägledning. Dessutom vill vi tacka vår handledare, Hao, vars hjälp har varit avgörande för att vi skulle kunna nå våra mål. Slutligen vill vi tacka Sven Ekered för att ha gett oss tillgång till SiLab, där vi har kunnat utföra våra simuleringar. Vi vill ge ett stort tack till alla som hjälpte oss i Sii-lab med feedback och vägledning inom hela simuleringsprocessen. Er alla har varit avgörande för vårt projekt och vi är oerhört tacksamma för ert stöd och engagemang.

Sammanfattning

Fallföretaget är ett företag som specialiserar sig på dosimetri och tillverkar strålningsövervakningssystem som mäter strålning i realtid. Dessa system används av personal inom branscher där risk finns för att bli exponerad för strålning, såsom kirurger, militärer, tandläkare mm. Dessa system placeras vid kragen på tröjan och kan sedan visa strålningsnivåerna direkt på ett Human-Machine Interface (HMI) för att personalen skall aktivt kunna se och minimera sin utsättning för strålning. Företaget utför kalibrering på två typer av produkter: nyproduktion och serviceprodukter som behöver årlig kalibrering. Alla produkter måste testas och kalibreras av de fem befintliga kalibreringsmaskinerna innan de levereras till kunderna.

Under kalibreringsprocessen har fallföretaget identifierat problem med kollisioner, där operatörer behöver använda samma maskin samtidigt. Detta är ett problem eftersom det tar väldigt mycket tid att vänta på att maskinen ska kalibrera produkten klart innan nästa kan börja kalibreras. Om det istället går att använda kalibreringsmaskinerna på ett mer optimalt sätt kan detta i största mån undvikas. För att lösa detta undersöker fallföretaget möjligheten att optimera kalibreringsprocesserna för att minimera kollisioner, inklusive utvecklingen av ett schemaläggningssystem som dagligen kan planera kalibreringarna effektivt. Projektets huvudsyfte är att optimera fallföretaget kalibreringsschema för att göra processen mer kostnadseffektiv. Med hjälp av simuleringsprogrammet PlantSim planerar man att visualisera både nuvarande och framtida förbättrade produktionsflöden och skapa ett användarvänligt schemaläggningsverktyg. I projektet fokuseras det primärt på att optimera användningen av de fem äldre kalibreringsmaskinerna. Ytterligare en målsättning är att undersöka om en operatör kan hantera två kalibreringsprocesser samtidigt, om tiden tillåter efter att huvudmålet med att lösa kollisionsproblematiken har uppnåtts.

För närvarande tar det 810 minuter att kalibrera 10 produkter, med en fördelning på 70% service-produkter och 30% nya produkter. En simulering visar att detta kan minskas till 589 minuter, vilket ökar produktiviteten med 138%. Genom att följa den simulerade kalibreringsordningen kan tiden ytterligare sänkas till 340 minuter. Den optimala flödesordning kan teoretiskt skapas med simuleringsmetoder.

Med Siemens PlantSim kan en fabrikssimulering visualisera flödet och kalibreringsprocessen. För maximal effektivitet bör alla maskiner arbeta samtidigt, med en Maskin1 ledig för vissa steg. Fem olika produkter bör kalibreras samtidigt. Med en eller två operatörer bör så många maskiner som möjligt hållas igång för att optimera flödet.

Abstract

The company in question is a company specializing in dosimetry and manufactures radiation monitoring systems that measure radiation in real-time. These systems are used by personnel in industries where there is a risk of radiation exposure, such as surgeons, military personnel, dentists, etc. The systems are placed on the collar of the shirt and can display radiation levels directly on a Human-Machine Interface (HMI), enabling staff to actively see and minimize their exposure to radiation.

The company performs calibration on two types of products: new production and service products that require annual calibration. All products must be tested and calibrated using the five existing calibration machines before being delivered to customers.

During the calibration process, the company has identified problems with collisions, where operators need to use the same machine simultaneously. This is a problem because it takes a lot of time to wait for the machine to finish calibrating the product before the next one can start being calibrated. If, instead, the calibration machines can be used in a more optimal way, this can largely be avoided. To address this, the company is exploring the possibility of optimizing the calibration processes to minimize collisions, including the development of a scheduling system that can efficiently plan calibrations daily. The primary goal of the project is to optimize the company's calibration schedule to make the process more cost-effective. With the help of the simulation software PlantSim, the plan is to visualize both current and future improved production flows and create a user-friendly scheduling tool. The project primarily focuses on optimizing the use of the five older calibration machines. An additional goal is to investigate whether an operator can handle two calibration processes simultaneously if time allows after the primary goal of solving the collision issue has been achieved.

In current production it takes 810 minutes to calibrate 10 products, this with a distribution of 70% service products and 30% new products. A simulation shows that this can be reduced to 589 minutes, which increases productivity by 138%. By following the simulated calibration order, the time can be further reduced to 340 minutes. An optimal workflow can theoretically be created with simulation methods.

With Siemens PlantSim, a factory simulation can visualize the flow and calibration process. For maximum efficiency, all machines should work simultaneously, with one Maskin1 available for certain steps. Five different products should be calibrated at the same time. With one or two operators, as many machines as possible should be kept running to optimize the flow.

Innehållsförteckning

Förord	
Sammanfattning	
Abstract	
Innehållsförteckning	
Ordlista	
1. Inledning	
1.1 Bakgrund	1
1.1.1 Kalibreringsmaskiner	2
1.1.2 Kalibreringsprocessen	2
1.2 Syfte	3
1.3 Mål	3
1.4 Avgränsningar	3
1.5 Precision av frågeställningen	4
2. Teoretisk referensram	4
2.1 Banks modell	4
2.2 Industri 4.0	4
2.3 Optimeringsutmaningar	5
2.4 Plant Simulation	6
2.5 Produktionsplanering	6
2.6 Produktionsoptimering	6
2.7 Simulering	6
3. Metod	7
3.1 Projektmetodik för simulering	7
4. Resultat	9
4.1 Förberedelse	9
4.2 Modellering	9
4.3 Analys	10
4.4 Komplexitetsresultat	10
4.5 Kodningskomplexitet	11
5. Diskussion	13
5.1 Felkällor och exponeringar	14
5.2 Resultatdiskussion	15
5.3 Hållbar utveckling	15
6. Slutsatser	15
Referenser	17

Ordlista

Dosimetri - Läran om hur strålning frigör energi i vävnad eller annan materia

HMI - "Human Machine Interface" instrumentpanel som möjliggör kommunikation mellan människa och maskin

Cycle time - Tiden det tar för att slutföra en process från början till slut

MTTR - "Mean Time To Repair" ett mått på medelreparationstider

MTBF - "Mean Time Before Failures" ett mått på medeltiden mellan fel på maskinen

Set-up time - Tiden det tar för att förbereda en maskin för tänkt process

Integervariabel - Variabel som kan vara (0, 1, 2, ...)

Booleanvariabel - Variabel som är två motsatser 1 eller 0, ja eller nej o.s.v.

Metod (Plantsim) - Siemens Plantsims metoder används för att lägga till regler och kodning på maskiner m.m. som använder kodspråket "Simtalk"

Skott - I detta sammanhang en strålningsdos som skjuts igenom filter

1. Inledning

Under inledningen finns frågeställning, problemformulering samt varför just detta arbete valdes och vad som hoppas uppnås.

1.1 Bakgrund

Fallföretaget är ett företag som är specialister inom dosimetri och tillverkar strålningsmonitorerande system för personal inom branscher där de blir utsatta för strålning. Systemen eller produkterna mäter strålning i realtid och är kopplade till en HMI (Human Machine interface) och mjukvara för att skapa en direkt visualisering av uppmätt strålningsmängd.

Fallföretaget utför kalibrering på två olika produkter. Det finns både nyproduktion och service vilka är produkter som skall genomgå årlig service. Produkterna måste testas innan leverans eller service, samt genomgå kalibrering och säkerställas så att de är redo för att nå marknaden igen. Kalibreringen utförs olika beroende på om det är serviceprodukter eller nyproduktion men för att utföra kalibreringen måste produkterna, oavsett produkt, genomgå två eller flera av de ■■■ existernade kalibreringsmaskinerna.

Fallföretaget har upptäckt ett potentiellt problem under kalibreringsprocessen. Det uppstår krockar när operatörerna skall använda samma maskin samtidigt. Frågeställning löd ifall det går att optimera processerna så att så få krockar som möjligt uppstår, även ifall det finns någon form av schemaverktyg de varje morgon kan skriva vilka typer av produkter samt hur många som ska kalibreras och den optimala ordningen kommer fram.

Den huvudsakliga faktorn för att optimera produktionen är att skapa ett schema för kalibreringsordningen för att undvika krockar. Det här var avgränsning satt av utförare av examensarbetet tillsammans med fallföretaget , dock ville fallföretaget även veta om man i möjliga mån kunde använda en operatör att utföra två kalibreringsprocesser samtidigt.

1.1.1 Kalibreringsmaskiner

Maskin2, Maskin1 och Maskin3 är system som egentligen är designade mot sjukhus för mammografi för röntgning av kroppen. Men då den skjuter strålning genom olika

material kan den även användas i annat bruk. Fallföretaget användning av maskinen sker genom att strålning skjuts genom de olika materialen som beskrivs under punkt 3.3.

1.1.2 Kalibreringsprocessen

I kalibreringsprocessen finns tre huvudsteg som kallas för "Steg1", "Steg2" och "Steg3". När nya produkter ska kalibreras sker bara stegen Steg2 och Steg3 medan produkter för service måste genomgå alla tre olika steg som kan ses i *fig 1*.

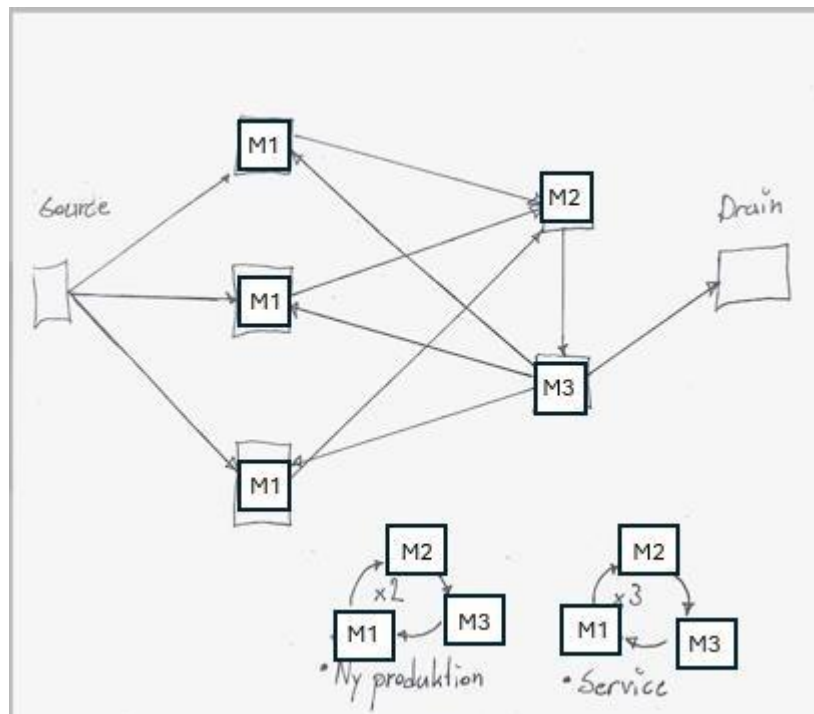


fig 1: Egen figur, flowchart

Steg1 och **Steg3** består av samma delsteg. Det sker totalt 22 exponeringar, 18 i Maskin1, 3 i Maskin2 samt 1 i Maskin3.

Steg2 består totalt av 59 exponeringar, 48 i Maskin1, 8 i Maskin2 och 3 i Maskin3.

Efter tidtagning och intervju med operatörerna på fallföretaget tar **Steg1** och **Steg3** stegen i kalibreringen 20 minuter var och **Steg2** steget tar 40 minuter. Fördelningen av andelen service-produkter och nya produkter skiljer sig från vecka till vecka men en uppskattning av fördelningen var 70% service gentemot 30% nya produkter. Snitttiden för 10 produkter blir 810 minuter.

1.2 Syfte

Syftet med projektet är att optimera fallföretagets kalibreringsschema i syftet med att nå en mer kostnadseffektiv kalibreringsprocess. Syftet är även att med hjälp av PlantSim kunna framställa fallföretagets produktion nu, i framtiden med förbättringarna samt skapa ett form av lättanvändbart ordningsprogram för kalibrering av produkterna.

1.3 Mål

Ett schemaläggningssystem ska anordnas i vilket företaget ska kunna lägga in sina ordrar och få fram en optimal ordersekvens direkt kopplad till produktionssystemet i PlantSim.

1.4 Avgränsningar

I fallföretaget kalibreringslokal finns det ■ olika kalibreringsmaskiner ■ nya och ■ lite äldre. Det anses vara de ■ äldre maskinerna som är de som är i störst behov av optimering. Därav kommer de nyare maskinerna inte vara del av examensarbetet. Det är även en maskin som är trasig vilken inte skall användas i framtiden så under hela arbetet skall bara de ■ äldre maskinerna produktionsoptimeras.

En annan avgränsning är tiden eftersom fallföretaget gav en uppgift om att optimera produktionsflödet med huvudaspekt om krockarna i kalibreringsprocessen och som sekundäruppgift se om en operatör kan kalibrera två produkter samtidigt. För att göra ett väl genomfört arbete begränsas det preliminärt till enbart huvuduppgiften och i mån av god tid kan sekundäruppgiften hanteras.

I tidsmån ska det även undersöka möjligheten för en operatör att effektivt kalibrera två produkter samtidigt. Efter att den primära uppgiften om optimering av produktionsflödet har adresserats fullständigt. Fallföretaget har specificerat att prioritet ska ges till att förbättra effektiviteten i kalibreringsprocessen genom att minimera riskerna och frekvensen av kollisioner. Genom att inledningsvis fokusera på detta kritiska område, syftar arbetet till att skapa en mer strömlinjeformad och effektiv arbetsmiljö, vilket potentiellt kan leda till högre genomströmning och förbättrad produktkvalitet i kalibreringslokalen.

Detaljerade analyser och simuleringsmodeller används för att identifiera flaskhalsar och ineffektiviteter i de nuvarande processerna. Genom att använda dessa insikter kan förändringar genomföras stegvis, med kontinuerlig övervakning och justering baserad på insamlad data och feedback från operatörer. Denna metod säkerställer att varje föreslagna lösning inte bara är teoretiskt ljudlig utan även praktiskt genomförbar och fördelaktig för produktionsflödet.

Det här projektet fokuseras enbart på simuleringsbaserad produktions-optimering. Detta innebär användande av simuleringsprogrammet PlantSim för att förbättra och effektivisera produktionsprocesserna utan att direkt ingripa i den fysiska labben. Plant Simulation (PlantSim) kommer att användas för att skapa detaljerade modeller av produktionsanläggningar. Dessa modeller används sedan för att analysera och förstå hur olika delar av produktionsprocessen påverkar varandra samt var de potentiella förbättringarna kan göras.

1.5 Precision av frågeställningen

- Kan en optimal flödesordning skapas med hjälp av simuleringsmetoder?
- Hur kan den operatörsdrivna kalibreringsprocessen på ett representativt sätt visualiseras genom PlantSim?
- Kan det vara optimalt att kalibrera flera (service och nya) produkter samtidigt?

2. Teoretisk referensram

För att bygga en djupare förståelse kring projektets centrala frågor samt frågeställning har en teoretisk förstudie gjorts. Förstudien ger en grund och förståelse kring maskiner, programval samt hur dessa speglar dagens industri förhållanden.

2.1 Banks Modell

Som beskrivits av (H.Wang, 2023) är Banks Modell en systematisk metod som används för att påbörja och analysera processer genom simulering. Modellen utvecklades till en början för användning inom processindustrin men har sedan dess utvidgats till fler områden såsom optimering av verksamheter, resursanvändande och inom ekonomisektorn för analysering av företagsspecifik internationaliseringsrisk.

Modellen beskriver hur man steg för steg skall gå tillväga i ett simuleringsprojekt för flöden i en process, detta kan ses i *fig 6*. I Banks modell finns det huvudsakligen tre övergripande steg: förberedelse, modellering och analys. Modellen inkluderar totalt 11 steg där det sista steget innefattar implementering av resultat, detta steg inkluderas inte alltid.

2.2 Industri 4.0

Industri 4.0 har sin uppkomst kring 2010 där digital teknik sammanfogar fysiska och digitala system. Industri 4.0, även känd som den fjärde industriella revolutionen, representerar den senaste omvandlingen inom tillverkning och produktionsindustrin. Den skiljer sig från tidigare revolutioner genom sin integration av fysiska och digitala system.

Enligt (O.Salunkhe, 2024) är några viktiga komponenter i Industri 4.0 är bland annat Internet of Things (IoT) vilket möjliggör att maskiner, anordningar och system att kopplas samman och utbyta data i realtid. Big Data och Analytics som kan analysera stora mängder data som genereras från uppkopplade enheter för att förbättra beslutsfattande och effektivitet.

Artificiell intelligens (AI) och maskininlärning, vilket används för att förutsäga fel, optimera processer och automatisera beslutsfattande.

Även additiv tillverkning gör det möjligt att snabbt producera prototyper och färdiga produkter på ett flexibelt sätt.

Industri 4.0 ger ökad effektivitet och produktivitet genom automatisering och optimering av produktionsprocesser. Flexibilitet i tillverkningen som möjliggör anpassning till kundspecifika behov. Samt förbättrad beslutsfattande baserat på realtidsdata och prediktiva analyser.

2.3 Optimeringsutmaningar

Som kan utläsas i artikeln *Boosting Production Line Efficiency: A Guide on Improving Production Output* är de vanligaste begränsningarna för att nå en hög effektivitet i en produktion består bland annat av resursbegränsningar. Begränsningar i utrymme eller utrustning i fabriken kan begränsa tillgänglig produktionskapacitet. Regelbundet underhåll är nödvändigt för att förebygga utrustningsfel och oväntade driftstopp. Trots detta kan oväntade maskinhaverier ändå inträffa, vilket leder till produktionsstopp och förseningar.

Störningar i leveranskedjan kan leda till en brist på material till fabriken eller produktionen. Detta kan resultera i ökade kostnader, förseningar och minskad produktivitet.

Att säkerställa produktkvalitet är en ständig utmaning. Hög felprocent och dålig kvalitet kan leda till höga returfrekvenser och skada företagets rykte.

Arbetskraften kan också vara avgörande, detta inkluderar oväntad personal frånvaro och omotiverade arbetare. Behovet av skickliga, motiverade arbetare är avgörande för att bibehålla produktionslinjens effektivitet. Oplanerade frånvaron kan störa produktionsplaneringen, medan omotiverade arbetare kan leda till minskad produktivitet och kvalitet.

Att veta korrekt efterfrågan är avgörande för att undvika överproduktion eller brist på lager. Dock kan felaktiga prognoser leda till lagerproblem och slöseri. Dessutom kan orrealistiska krav från företagsledningen sätta orimlig press på produktionsprocessen, vilket leder till kvalitetsproblem och utbrändhet hos anställda.

2.4 Plant Simulation

Plant Simulation, PlantSim, är en mjukvara utvecklad av Siemens för att simulera, modellera, analysera och visualisera produktionssystem och processer. Den används inom tillverkningsindustrin för att hjälpa till med fabrikslayout, genomströmning, resursanvändning och logistik. PlantSim kan bidra till optimering av produktionsflöden, identifiera flaskhalsar, minska lagerhållning och förbättra leveranstider, vilket leder till ökad effektivitet och minskade kostnader.

Plant Simulation skapar digitala modeller av sina produktionsfaciliteter, inklusive alla maskiner, resurser och arbetsflöden. Mjukvaran tillåter simulering av produktionsprocesser under olika förutsättningar för att identifiera de mest effektiva lösningarna. Det går att göra detaljerade analyser av allt från enskilda maskiners prestanda till hela fabriken genomströmning.

2.5 Produktionsplanering

Produktionsplanering innebär att utveckla, organisera och implementera en detaljerad produktionsstrategi för att uppnå effektivitet och kostnadsreduktion. PlantSim används för att skapa exakta och flexibla produktionsmodeller. Genom att integrera realtidsdata och historisk produktionsinformation kan simuleringarna användas för att testa effekten av olika planeringsalternativ samt olika layouts. Exempelvis kan användare simulera effekten av olika skiftscheman, introduktion av nya produkter eller ändringar i produktionsvolym. Detta ger en bra grund för att fatta beslut som att optimera användningen av både personal och maskiner, vilket kan leda till signifikanta kostnadsbesparingar och effektivitetsförbättringar.

2.6 Produktionsoptimering

Inom produktionsoptimering används tillvägagångssätt som Lean Manufacturing och Six Sigma datadrivna tekniker för att förbättra kvalitet och effektivitet. I produktionsoptimering kan PlantSim användas för att analysera detaljerade delar av produktionsprocessen. PlantSim kan användas för att optimera layouten av en fabrik genom att visualisera materialflöden och människors rörelser inom produktionsanläggningen, vilket kan leda till minskat slöseri, förbättrad arbetssäkerhet och högre effektivitet.

2.7 Simulering

Genom att använda PlantSim kan simulering av systemet under olika "vad-händerom" scenarion, såsom maskinhaverier, leveransförseningar och arbetare, vilket är avgörande för att utveckla hållbara system som kan hantera oväntade händelser utan större störningar och bibehålla en stabilitet i produktionen.

3. Metod

All optimeringstestning utförs med hjälp av produktionsplaneringsprogrammet PlantSim för att ge en så representativ illustration av kalibereringslokalerna som möjligt samt då operatördriven simulering lik den i fallföretaget ska kunna framställas. PlantSim är ett program som tidigare använts i en kurs som kan visualisera och testa fram olika lösningar. PlantSim kan bygga upp operatördrivna produktionslinor där produkterna blir burna till maskinerna vilket är optimalt för det här examensarbetet. För att använda PlantSim krävs ungefärliga tidsberäkningar, vilka olika steg de olika produkterna måste genomgå samt vilka maskiner som gör vilka steg.

PlantSim, mer korrekt känd som Tecnomatix Plant Simulation, är en programvara för simulering och optimering av produktionsprocessen och logistik. Den utvecklades av Siemens PLM Software och används för att modellera, simulera, utforska och visualisera produktionssystem och deras processer.

Med Plant Simulation kan användare skapa digitala modeller av logistiksystem (till exempel produktionsanläggningar), för att analysera och optimera genomströmning, resurseffektivitet, och logistik. Detta gör det möjligt för företag att testa produktionsscenarier och förutse systembeteenden innan fysiska förändringar genomförs, vilket kan leda till kostnadsbesparingar, ökad produktivitet, och minskad miljöpåverkan.

Med den givna informationen byggs produktionen upp och visualiseras för att se hur produktionen ser ut idag samt samla in data för tid och antal produkter som kan kalibreras i spannet av en vecka.

3.1 Projekt metodik för simulering

Under hela arbetet används en form av projektmetodik för att ha systematisk samt mental ordning på projektet. Den formen av metodik har varit del av en tidigare kurs och kallas för "simulation project methodology".

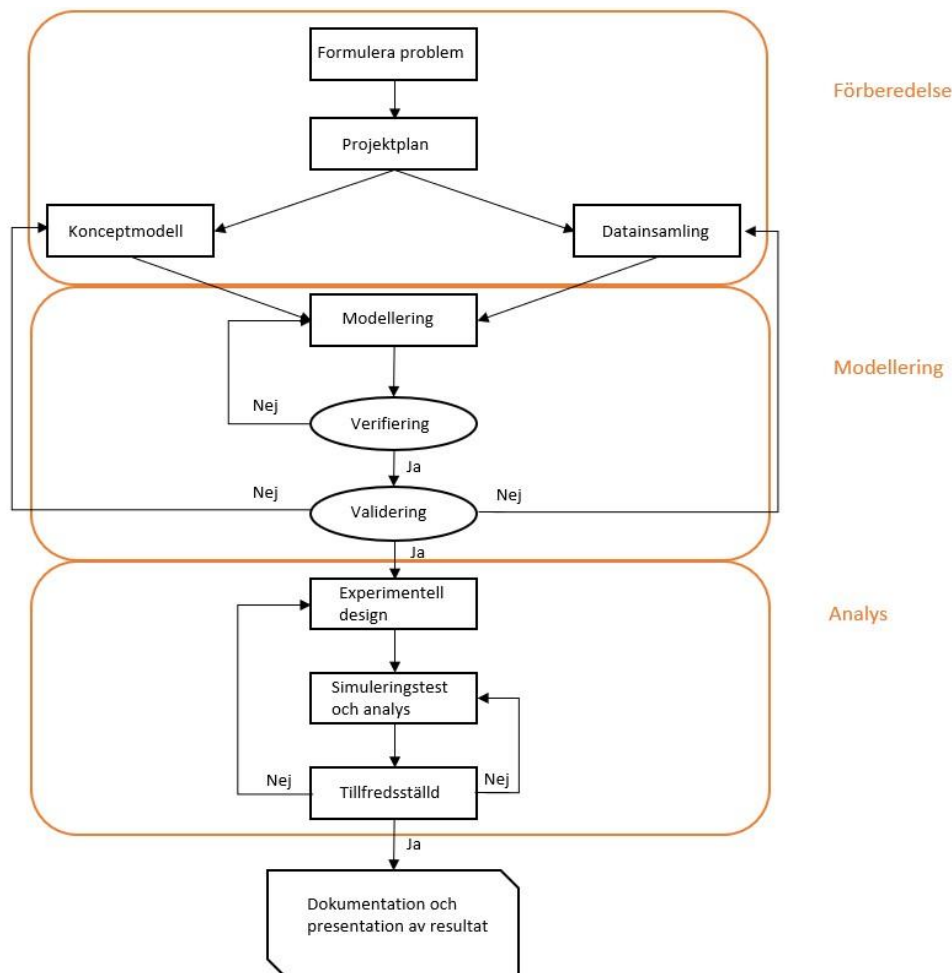


fig 2: Banks Model från *Discrete-Event System Simulation*.

Första delen i metodiken är förberedelse, det handlar om att försöka formulera och förstå problemet samt formulera en projektplan. Den här projektplanen behöver data samt någon form av konceptmodell. I det här arbetet används PlantSim för att samla- / ta fram data. Datan som används samlas in från existerande fabriker på Fallföretaget där exakta tider fås på cycle time, MTTR, MTBF, setup times, arrival frequency of raw material, production planning, shift times och environmental effects. Det skall även utföras en konceptmodell av produktionen både före och efter förbättringarna.

Nästa steg är modelleringsprocessen som huvudsakligen handlar om att verifiera den skapade kodningen och all data såsom tider, antal exponeringar samt layout över produktionsprocessen. Datan skall överses för eventuella brister samt förbättringar. Den sedan verifierade datan och kodningen valideras sedan för att säkerställa att den stämmer med den verkliga produktionen. Verifieringen och valideringen har gjorts tillsammans med en personal på fallföretaget som jobbar i labben. Personalen som har verifierat och validerat har roterat beroende på vem som jobbar den aktuella dagen. Detta har dock inte lett till några osäkra resultat då alla som jobbar i labben är utbildade kalibreringstekniker

Sedan börjar den experimentella fasen där olika teorier och forskning kring optimering av produktionen sker. Kontinuerligt under testerna sker dokumentation där nya teorier kan testas. Resultaten presenteras i form av visualiserad bild, förbättring av data samt noggrann dokumentation av förbättringarna.

Testerna skall även se till att utföres mellan 5 och 10 gånger då output är ett genomsnitt av variationen vilket leder till högre säkerhet i att testerna kan ge en så verklig bild som möjligt. Den sedan dokumenterade datan sparas och presenteras för fallföretaget där det själva skall på ett lätt och smidigt sätt kunna utföra samma tester, baserat på deras efterfrågan.

4. Resultat

Under punkt 3.4 Kalibreringsprocess tar det i dagens läge 810 minuter att tillverka 10 produkter med en uppdelning på 70% service-produkter och 30% nya produkter. Med det här som utgångspunkt i simuleringen för 10 produkter tar det cirka 589 minuter, vilket ger en ökad produktivitet med 37,5%. Om man följer metodiken för kalibreringordningen i simuleringen kan tiden för kalibrering av 10 produkter sänkas till 340 minuter. Enligt testerna tog det 20 minuter att slutföra **Steg3** och **Steg1** stegen samt 40 minuter att slutföra **Steg2** steget. För att få data som kunde användas togs ett medelvärde för hur lång tid ett skott tog och sedan multipliceras med antalet skott för den processen. Detta skilde beroende på ifall det var ett **Steg1** eller **Steg2** fall samt om produkten var ny eller service. Resultatet blev att tiden bestämdes till 0,0225 skott per sekund.

4.1 Förberedelse

Förberedelsen handlar om att formulera ett problem och skapa en form av projektplan. Problemet formulerades tillsammans med fallföretaget då efter frågan om någon form av kandidatarbete fanns sades det att det fanns ett problem med kollisioner och att det behövdes någon form av optimering för att undvika detta. Projektplanen skapades och det valdes att använda PlantSim för att hantera detta problem. PlantSim valdes bland flera olika simuleringsprogram. Det gick senare mot datainsamling där data togs från tidtagning och frågor till operatörerna på fallföretaget. Samt skapades en första skiss för en grundläggande konceptmodell.

4.2 Modellering

Modelleringssteget handlar främst om modellering, verifiering och validering. Modelleringen skapades från den grundläggande konceptmodellen även denna i PlantSim men blev som en form av första utkast. Datan som hämtades i fabriken på fallföretaget kunde på detta sätt verifieras och valideras och se om den kunde användas på något sätt i simuleringen. Datan som hämtades blev validerad och användes så den beskrivs under punkt 5.

4.3 Analys

Den experimentella simuleringen skapades i PlantSim där fabriken byggdes upp på ett sådant sätt att det var klart och tydligt hur produkten skulle förflytta sig. Det analyserades hur den förflyttade sig samt hur lång tid det tog att kalibrera 7 service- och 3 nya produkter. Denna processen upprepas flertal gånger med småjusteringar tills det bästa uppnådda resultatet hittades och valdes.

4.4 Komplexitets resultat

Först skapades en fabrik i PlantSim där det enbart fanns en "source of material" samt att alla Maskin1 mammomater kunde skicka till Maskin2 eller Maskin3 beroende på vilken som var ledig. Problemet som då uppstod var att två olika Maskin1 skickade sina produkter till både Maskin2 och Maskin3 vilket gav upphov till att de senare inte kunde skicka till varandra. Sen fyllde vi source på Maskin1 med nya produkter så att efter en cykel uppstod det även där krockar.

För att lösa detta problemet försökte vi med hjälp av kunniga inom programmeringsspråket simtalk samt handledare att lösa problemet. En komplex kod var tvungen att tilläggas på alla olika maskiner och operationer i fabriken på PlantSim. Efter lång tid med mycket problem fick vi till oss under möte med handledaren att vi skulle göra de steg vi kunde mycket enklare.

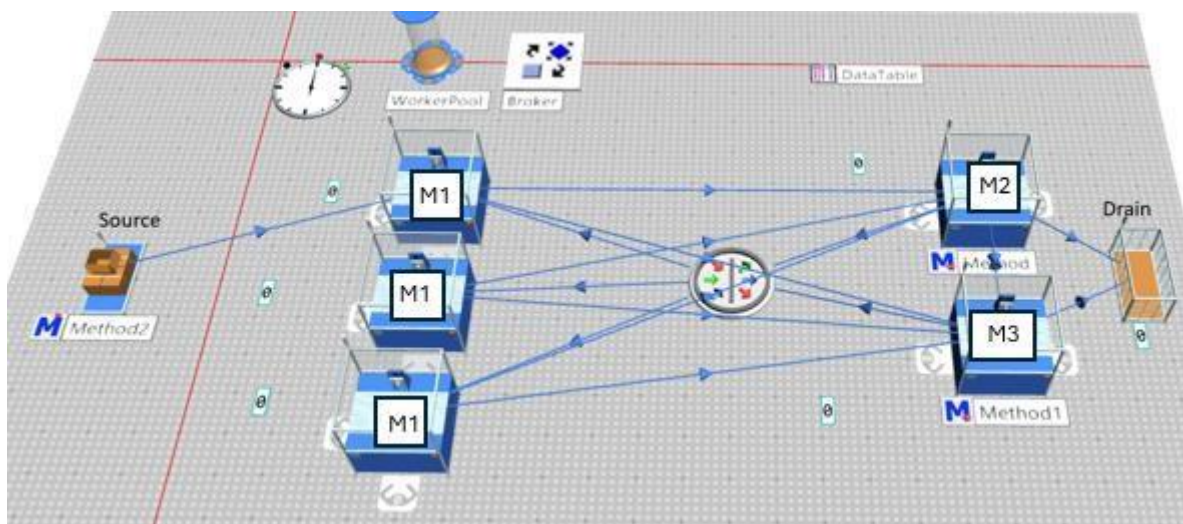


fig 3: Egen figur, första simulering i PlantSim

Den simplare modellen hade två olika "material source" som försedde produktionen med en produkt var alltså en med nya och andra med service. Det gjorde att kodningen för "source" fräntogs och alla inställningar för antal produkter och så vidare kunde skötas från "source". Sedan valdes det att göra så att två av de tre

Maskin1 kunde ta emot produkter från “source” och den tredje hanterade bara produkter som gjorde den andra eller tredje cykeln. Maskin2 skickade bara produkterna vidare till Maskin3 så fort dennes kalibrering är klar. Med den här metoden kunde enbart lättare kod användas för alla olika maskiner.

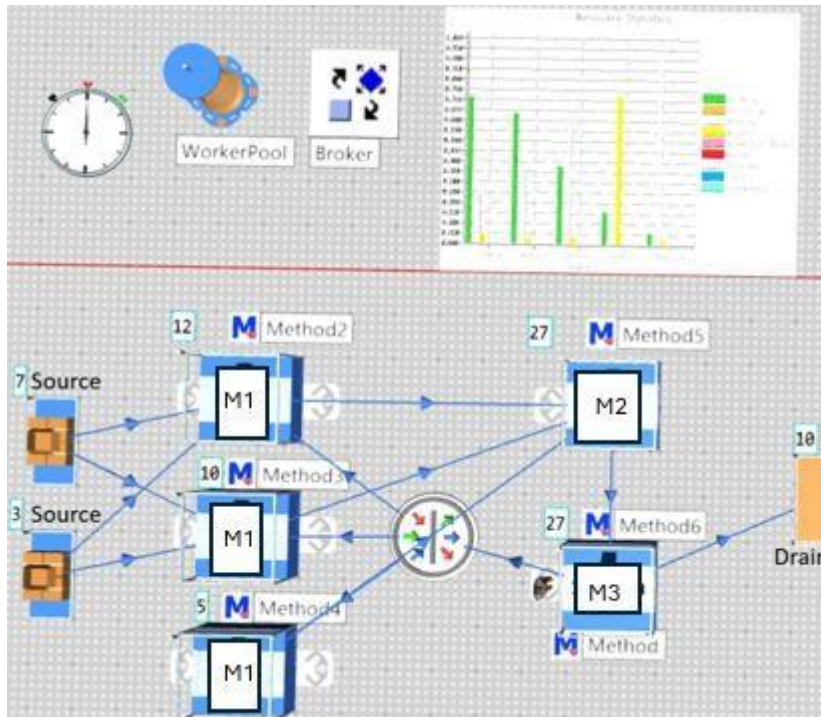


fig 4: Egen figur, slutgiltig simulering i PlantSim

4.5 Kodningskomplexitet

Den första versionen av fabriken var kodningen ytterst komplex. Försöket var att styra alla maskiner från en kod som låg som “exit” metod på Maskin3, samt en integer- och två boolean variabler liggande på parterna. Integervariabeln var menad att hantera uträkningar på hur många gånger varje produkt varit på alla maskiner och beroende på om det var en ny- eller serviceprodukt, kunna räkna hur många cykler produkten skulle gå. Det största problemet med den här metoden var att den var tvungen att vara väldigt komplex så att source inte skickade ut nya produkter till Maskin1 innan den var säker att alla produkter var klara med sina cykler och att just den inte skulle vara igång. Detta gjorde att det blev krockar och att hela produktionen stannade av.

```

@.Var2 = true

if @.Var1 = true -- Har den varit i andra stationen?
  if @.Count<1 -- Är counten lägre än målvärde?
    @.Var1 :=false
    @.Var2 :=false
    @.Count.increment -- Resetta variabler + Öka count med 1
    @.move(FlowControl) --skicka tillbaka till ledig maskin
  else -- Om counten är 7
    @.move(Drain)
  end
else
  @.move(Machine4)
end

```

fig 5: Egen figur, kod till första simulering i SimTalks

Istället valdes det att göra en mindre komplex programmering av metoderna som skulle användas. I den nya mindre komplexa metoden valdes det att enbart skapa en integervariabel som höll räkningen på hur många varv i processcykeln som slutförs istället för hur många gånger produkten har lämnat maskinen. Sedan lades en "exitmetod" på alla maskiner som var näst intill likadana. Processtiden räknades ut för tiden det tog att göra en exponering och sedan antalet exponeringar multipliceras med den beräknade tiden.

Det var med den här metoden även tvunget att programmera en "entrance-metod" till Maskin3 som hanterade ifall den skulle skicka tillbaka produkterna till Maskin1 igen eller om de hade gått igenom tillräckligt många cykler och därav skicka produkterna till drain.

Anledningen till att det är två koder i varje figur nedan är att istället för att skapa en komplex kod som styr allt valdes det att skriva en kod för nya produkter där namnet "New" anges samt för serviceprodukter där namnet "Service" anges. "FlowControl" valdes även i denna koden att skriva för att förenkla återskickandet av produkter från Maskin3 till Maskin1. På detta sätt behövdes inte någon kod som tilldelades Maskin1 produkterna när cyklerna var klara.

```

if @.Name = "New"
  if @.CountN = 1
    Station.procTime := 250*7.8
  else Station.procTime := 250*2.9
  end
end

if @.Name = "Service"
  if @.CountS = 2
    Station.procTime := 250*7.8
  else Station.procTime := 250*2.9
  end
end

if @.Name = "New"
  if @.CountN < 2
    @.CountN.increment
    @.move(FlowControl)
  else
    @.move(Drain)
  end
end

if @.Name = "Service"
  if @.CountS < 3
    @.CountS.increment
    @.move(FlowControl)
  else
    @.move(Drain)
  end
end

```

fig 6 och 7:
Egen figur, kod till slutgiltig simulering i SimTalks

5. Diskussion

Denna sektion av arbetet ämnar att utforska och reflektera över utmaningar och svårigheter som uppkommit under forskningsprocessen. Vägen genom detta projekt har inneburit en rad hinder, vilka har erbjudit värdefulla insikter om studiens natur samt forskningsprocessen i helhet. Genom att noggrant analysera dessa utmaningar är avsikten att inte bara tillhandahålla en djupare förståelse för arbetet utan även att bidra med kunskap till framtida forskning inom området.

En av de mest genomgående svårigheterna var relaterad till programmeringen i Siemens kodningsspråk, SimTalk. Komplexiteten i detta språk samt hur språket skall användas presenterade initiala hinder i utformningen och implementeringen av projektets simulering och visualisering av fabriken.

Projektet stötte initialt på en betydande utmaning relaterad till den ursprungliga komplexiteten i fabriksstrukturen. En överambitiös initial design ledde till en situation där en omstart av visualiseringsprocessen blev nödvändig. Denna omstart var främst drivet av behovet att förenkla den modellerade processen så att den bättre reflekterade de verkliga produktionsstegen.

Under 2.5 hittas precision av frågeställning, där ställs frågor som ska försöka besvaras med hjälp av den optimeringen av kalibreringsprocessen vi kommer fram till. Frågorna som skulle besvaras var ifall en optimal flödesordning kan skapas med hjälp av simuleringsmetoder. Simuleringsmetoden vi valde att använda var PlantSim, vilken har en del fördelar. Vi har i en kurs redan använt den här mjukvaran vilket är en stor fördel samt att man kan bygga upp en produktion som efterliknar den fysiska produktionen på ett någorlunda representativt sätt. Dock finns det andra simuleringsmjukvaror vi skulle kunna använda som inte är lika komplexa som skulle kunna passa just denna formen av produktion.

Eftersom att det inte fanns tid för att både försöka skapa en optimal flödesordning med flera olika mjukvaror kan det inte besvaras ifall den vi valde just var den bästa och ifall man med någon annan mjukvara skulle kunna få en "mer optimal" flödesordning. En annan aspekt till just den här mjukvaran är ifall det skulle kunna elimineras en del felkällor eller om nya (eller fler) felkällor hade dykt upp.

När man just använder den simuleringsmjukvaran som användes genom hela arbetet finns möjligheten att den operatörsdrivna kalibreringsprocessen representativt visualiseras genom PlantSim. Detta är en av PlantSims framträdande egenskaper och fördelar då en exakt visualisering kan skapa åsidosatt felkällor som den oundvikliga felkällan "den mänskliga faktorn".

Det testades i simuleringen ifall det kunde vara optimalt att kalibrera flera produkter samtidigt (service och nya) samt ifall det var "mer optimalt" med två operatörer som arbetade parallellt. Vi anser att på detta sätt kan man få en mycket högre produktionshastighet. Praktiskt sätt anser vi att det blir svårare för operatörerna att kunna operera flera maskiner samtidigt men en betydande produktionshastighet skulle framkommit.

Arbetsprocessen har fortlöpt enligt plan, trots vissa utmaningar. En av dessa utmaningar var att få tillgång till PlantSim, vilket var en tidskrävande process. För att hantera detta problem började vi författa de delar av arbetet som inte krävde tillgång till PlantSim, istället för att avvakta. Dessutom utgjorde kodningen en betydande utmaning, vilket ledde till beslutet att omarbete simuleringen. Dessa aspekter beskrivs närmare under avsnitten 5.1 och 5.2.

5.1 Felkällor och exponeringar

Den tidtagning som tagits på plats i fabriken samt den tid som blivit tillgiven av operatörerna kan i viss mån skilja sig lite från hur lång tid det tar i verkligheten då samma process kan ta olika lång tid beroende på vem som opererar maskinen. Även om det här inte stämmer helt överens med verkligheten blir den procentuella skillnaden mellan så fabriken fungerar nu och den simulerade förbättringen korrekt. Detta eftersom maskinerna arbetar lika snabbt i båda fallen och en form av medelvärde används.

Det kan även leda till att den beräknade tiden för en exponering som användes i simuleringen inte stämmer helt överens med verkligheten. Men likt fallet ovan blir fortfarande den procentuella förbättringen korrekt.

För att vi skulle kunna göra en representativ bild av produktionsprocessen i fallföretagets fabrik var vi tvungna att veta på ett ungefär hur många av de produkter

som kalibreras är inne för service och hur många som är nya. Detta kunde inte besvaras då det skilde sig väldigt mycket från vecka till vecka. Vi gjorde där av en skattning av att cirka 70% av produkterna kalibrerades för service medan resterande var nya. Detta skiljer sig inte långt från sanningen om man ser kalibreringen under ett år.

I simuleringen märktes det att man inte kan ha fler än 4 produkter i omlopp samtidigt då fler produkter ger upphov till krockar och produktionen stannar av. Tre av dessa produkter fick där av kalibreras för service medan det enbart var en ny. Detta representerar inte verkligheten alltid men ger någon form av representation av den snittliga produktionen.

5.2 Resultatdiskussion

Den största anledningen till varför vårt resultat fick en ökad produktivitet på 138% var att så fort en maskin blev ledig fördes nya produkter till den lediga maskinen. Fyra av maskinerna var alltid igång och en av Maskin1 var tillgänglig efter att Maskin3 hade kalibrerat klart för att undvika krockar. I dagens produktion kalibreras bara en eller två produkter samtidigt, vilket leder till högre produktivitet. Själva kalibreringstiden kan med maskinerna som används i experimentet inte ändras något så de tiderna som framtogs av oss samt tillsammans med operatörerna kunde inte optimeras något.

5.3 Hållbar utveckling

Att minska kollisioner och effektivisera produktionssystemet leder till att fler produkter kan kalibreras per dag och i sin tur kunna ha större kvantité på transporter som skickas till sjukhus, veterinärer med fler. Denna större kvantité kan leda till att färre transporter behöver köras. Genom att optimera kalibreringsprocesserna med hjälp av PlantSim minimeras resursslöseri samt ökar effektiviteten. Detta i sin tur leder till mindre energiförbrukning och därmed lägre miljöpåverkan.

6. Slutsatser

En optimal flödesordning kan i teorin skapas med hjälp av simuleringsmetoder den blir så effektiv den kan vara med de förutsättningar och avgränsningar som finns under punkt 2.4. Felkällor som hittas under punkt 7.1 har en stor påverkan på ifall flödet verkligen kan anges som optimalt, det kan dock påpekas att felkällorna är i viss mån en nödvändighet för att framställa ett optimalt flöde i praktiken.

Att använda simuleringsmjukvaran PlantSim skapad av Siemens kan det skapas en hel representativ fabrik som visualiserar och illustrerar flödet i en fabrik. Det går även att simulera en representativ kalibreringsprocess med den här mjukvaran.

Det kom fram till att för att få en så optimal process som möjligt ska i mån av arbetskraft alla maskiner försöka göra var sin process samtidigt med en Maskin1 vara ledig för den andra och i vissa fall första steget i den andra samt tredje cykeln. Då ska helst fem olika produkter kalibreras samtidigt. I praktiken kan detta vara svårt med enbart en eller två operatörer vilket innebär att försöka ha så många maskiner som kalibrerar igång med kalibreringsprocessen samtidigt ger så optimalt flöde och effektivitet som möjligt.

Referenser

Visual Components (2024, March 27). *Boosting Production Line Efficiency: A Guide on Improving Production Output*. Retrieved April 15, 2024, from https://www.visualcomponents.com/resources/blog/boosting-production-line-efficiency-aguide-on-improving-production-output/?utm_medium=email&hsenc=p2ANqtz-8MwMfZuAtA-tf_P0gQe9uLtj9BS5Yu-hiVunS-bjwmDPVrZpMboQyytyeF16HcHqf6wr37uD-rblqx6Qe-Dt1korgNg&hsmi=302210183&utm_content=302210181&utm_source=hs_email

Banks, Jerry. "Introduction to Simulation." *Proceedings of the 31st Conference on Winter Simulation Simulation---a Bridge to the Future - WSC '99*, vol. 1, 1 Jan. 1999, <https://doi.org/10.1145/324138.324142>.

Siemens Industry Software, Inc. "SimTalk Reference." *Tecnomatix Plant Simulation Help*, 1 Jan. 2019, docs.plm.automation.siemens.com/content/plant_sim_help/15/plant_sim_all_in_one_html/en_US/tecnomatix_plant_simulation_help/simtalk_reference/simtalk_reference_1/simtalk_reference.html. Accessed 24 May 2024.

Siemens Industry Software, Inc. "Keywords." *Tecnomatix Plant Simulation Help*, Siemens Industry Software, Inc., 1 Jan. 2019, docs.plm.automation.siemens.com/content/plant_sim_help/15/plant_sim_all_in_one_html/en_US/tecnomatix_plant_simulation_help/simtalk_reference/simtalk_reference_1/names/keywords.html. Accessed 24 May 2024.

(2023, September 4). *Virtual Factory and Simulation [Lecture]*. Hao Wang. [230904 Virtual Factory and Simulation.pdf: IMS020 Simulation and visualisation of production systems \(instructure.com\)](#)

Marr, Bernard. "What Is Industry 4.0? Here's a Super Easy Explanation for Anyone." *Forbes*, 2 Sept. 2018, www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/09/02/what-is-industry-4-0-heres-a-super-easy-explanation-for-anyone/?sh=3260e6739788. Accessed 24 May 2024.

Salunkhe, O. (februari, 2024). *Automation in Production Systems*. https://chalmers.instructure.com/courses/28034/files/3321902?module_item_id=450385

Wang, H. (september, 2023). *Virtual Factory and Simulation* https://chalmers.instructure.com/courses/25443/files/2861963?module_item_id=396868