



CHALMERS

Balansering, simulering och layoutanalys av ett parallellt monteringsflöde till en produktionslinje

Lösningsskoncept för separat monteringsflöde för hyttörrar

Examensarbete inom högskoleingenjörspogrammet Maskinteknik

Emelie Bengtsson
Dilara Dinç

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2025
www.chalmers.se

Förord

Detta examensarbete har genomförts som en avslutande del i utbildningen inom maskinteknik med inriktning mot produktion. Arbetet har utförts tillsammans med Volvo Trucks på Tuvefabriken under våren 2025.

Vi vill tacka vår handledare på Volvo, Niclas Lidgren, för värdefull vägledning, engagemang och intressanta diskussioner som hjälpt oss framåt i projektet. Ett tack även till vår examinator Peter Hammersberg på Chalmers för ett engagerat stöd och för att ha gett oss möjligheten att utvecklas.

Tack också till Viktor Bengtsson och övriga medarbetare på Volvo som tagit sig tid att svara på våra frågor och dela med sig av sin kunskap och sina erfarenheter. Er hjälp har varit avgörande för att kunna genomföra arbetet.

Göteborg, juni 2025

Emelie Bengtsson och Dilara Dinç

Sammanfattning

Denna studie undersöker hur en separat dörrmonteringslinje kan utformas och balanseras i en befintlig produktionsmiljö på Volvo Trucks i Tuve. Syftet är att ta fram ett konceptförslag som undersöker möjliga lösningar för en alternativ dörrlinje, baserat på produktionsdata, balanseringsanalys och simuleringar.

För att besvara frågor kring placeringsyta, monteringssekvens, kapacitet samt hur produktionen påverkas av störningar har både ett simuleringsprogram och ett balanseringsprogram använts. Studien tar hänsyn till befintlig logistik, arbetsmoment kopplade till dörrmontering, samt ytbegränsningar i fabriken.

I studien samlades data in och användes för att ta fram en balansering av en möjlig dörrlinje. En simuleringsmodell, bestående av stationer och buffertar, byggdes upp och analyserades. Studien har också inkluderat en jämförelse mellan två möjliga ytor för dörrlinjens placering, med hänsyn till fabriken layout, flöde och logistiska förutsättningar.

Resultatet ger ett beslutsunderlag med ett balanseringsförslag för sju monteringsstationer samt en simuleringsmodell som kan användas som verktyg för att testa produktionsförändringar och genomföra scenarioanalyser, exempelvis vid variationer av taktid eller störningar. Målet har varit att skapa en effektiv och kompakt dörrlinje som kan samspela med nuvarande produktionslinje.

Summary

This study examines how a separate door assembly line can be designed and balanced within an existing production environment at Volvo Trucks in Tuve. The aim is to develop a concept proposal that explores possible solutions for an alternative door line, based on production data, line balancing analysis, and simulations.

To address questions regarding placement area, assembly sequence, capacity, and how production is affected by disruptions, both a simulation program and a balancing tool have been used. The study takes into account existing logistics, tasks related to door assembly, and space limitations within the factory.

Data was collected and used to develop a line balancing proposal for a potential door line. A simulation model, consisting of stations and buffers, was built and analyzed. The study also includes a comparison between two possible areas for placing the door line, considering the factory's layout, flow, and logistical conditions.

The result provides a decision-making basis including a balancing proposal for seven assembly stations and a simulation model that can be used as a tool to test production changes and carry out scenario analyses, for example when varying takt times or dealing with disturbances. The goal has been to design an efficient and compact door line concept that can interact smoothly with the existing production line.

Ordlista

AGV - Automated guided vehicle, självgående transport.

Kitting - Område med artiklar. En kitting innebär också att artiklar plockas ihop för specifik hytt.

Buffert - Antal artiklar före en process, används även som lager i detta projekt.

Docking - När en komponent monteras på en annan komponent.

CMS kamera - Kamera som ersätter backspeglar.

CI-nummer - Arbetsmoment med sammanlagda tider av flera arbetsuppgifter.

Hyttvariant - Variant betyder en specifik sammansättning av artiklar som kunden bestämt till sin hytt.

X - Vad Volvos maximala produktion kan producera.

Y - En lägre produktionstakt än max.

Innehållsförteckning

Förord	i
Sammanfattning	ii
Summary	iii
Ordlista	iv
1. Introduktion	3
1.1 Bakgrund	3
1.2 Problembeskrivning	3
1.3 Mål och syfte	4
1.4 Avgränsningar	4
1.5 Kravspecifikation	5
1.6 Rapportens struktur	6
2. Teoretisk bakgrund	7
2.1 Produktionsstyrning och tidsparametrar	7
2.1.1 Takttid.....	7
2.1.2 Taktad linje	7
2.1.3 Byggtid.....	7
2.1.4 Över- och underbalansering	8
2.1.5 Tillgänglighetstid.....	8
2.1.6 Stopptid	8
2.2 Simulering	8
2.2.1 Discrete Event Simulation	9
2.3 Negative exponentiell kurva	9
2.4 Data	10
2.4.1 Sprint.....	10
2.4.2 AviX.....	10
2.4.3 Prodifly.....	11
3. Nulägesbeskrivning	12
3.1 Hur dörrarnas monteringsprocess ser ut idag	12
3.2 Tid och bemanning	12
3.3 Identifierade problem	13
4. Metod	14
4.1 Datainsamling	14

4.1.1 Insamlingstekniker	14
4.1.2 Filtrering av stopptider för dörrmontering	14
4.2 Balanseringsmodell i AviX	15
4.3 Jämförelse av placeringsalternativ för dörrlinjen	16
4.4 Linjelayout och simuleringsmodell.....	17
4.4.1 Modelluppbyggnad	17
4.4.2 Simuleringsprogrammets byggstenar.....	18
4.4.3 Scenarioanalys	19
4.5 AI assistans.....	20
5. Resultat	21
5.1 Resultat av datainsamling.....	21
5.1.1 Insamlad information från personal.....	21
5.1.2 Stopptider för dörrmontering	22
5.2 Balanseringsresultat.....	22
5.3 Analys av placeringsalternativ för dörrlinjen.....	25
5.3.1 Beskrivning yta A.....	26
5.3.2 Beskrivning yta B.....	27
5.4 Resultat av simulering	28
5.4.1 Föreslagen utformning av dörrflödet i verkligheten	28
5.4.2 Så genomfördes simuleringen i Plant Simulation.....	29
5.4.3 Buffertkapaciteten	30
5.4.4 Haveri- och störningsprövningar	32
6. Diskussion och slutsats.....	35
6.1 Trovärdighet av insamlad data och balanseringens konsekvenser	35
6.2 Betydelsen av balanseringsresultatet i AviX	36
6.3 Jämförelse av dörrflödes placering	37
6.4 Simuleringens trovärdighet.....	39
6.5 Rekommendationer och vart fortsatt utveckling bör göras.....	39
Litteraturlista och referenser:.....	43

1. Introduktion

Kapitlet beskriver vad rapporten handlar om och vad den kommer besvara i bakgrunden. Arbetets syfte beskrivs och följs upp av en beskrivning av avgränsningarna samt en beskrivning om hur arbetet gick till i metoden.

1.1 Bakgrund

Volvo Group Truck Operation (GTO) är ett svenskt tillverkningsbolag som producerar lastbilar i flera olika varianter [1]. Vid Volvo Trucks Tuve fabriken sker majoriteten av monteringen manuellt av operatörer på en taktad produktionslinje, men vissa moment utförs även i robotceller.

Den nuvarande hyttlinjen består av 56 stationer där hytten steg för steg byggs ihop till en färdig produkt. Linjen är tekniskt anpassad för att kunna köra en maxtakt av X hytter per dag. Linjen är utformad efter dagens hyttmått och inkluderar dörrmontering på baksidan av hytten. Dörrarna levereras förmonterade på hytten, plockas av vid station 1 och hängs upp på en fixtur där montering av dörrarna sker under hyttens gång längs linjen.

Volvo har sett att dagens hyttlinje inte klarar av att göra längre hytter än de som finns idag om dörrmonteringen ska fortsätta ske på baksidan av hytten. Skulle längre hytter produceras på Tuve fabriken kommer det inte finnas plats på dagens hyttlinje. Lösningen är att göra som Volvos huvudkontor i Saint-Priest, Frankrike, som har ett separat dörrflöde i en liknande produktion som Tuve. Erfarenheter därifrån visar att de fungerar men även vilka utmaningar som kan uppstå. Däremot är fabrikernas utformning olik varandra, och Tuves fabrik har ett begränsat utrymme. Detta innebär att en utvecklingen av ett separat dörrflöde kommer att se olika.

1.2 Problembeskrivning

Om Volvo vill producera längre hytter än dagens modeller, kommer dörrmontering på den nuvarande hyttlinjen inte vara möjlig på grund av platsbrist. För att kunna behålla dagens hyttlinje krävs det därför att dörrmonteringen flyttas till ett separat förarbete. Detta skulle betyda att en analys för vart en dörrlinje skulle placeras i fabriken behöver göras, hur en balansering av denna skulle kunna se ut samt att undersöka så att ett dörrflöde inte påverkar övrig produktion negativt.

Det är viktigt att rätt dörrpar monteras tillbaka på rätt hytt efter monteringen, detta kan undersökas med hjälp av simulering baserat på data från dagens produktion.

Det är ännu oklart hur ett dörrflöde bäst kan lösas på Tuves fabrik, något som det här arbetet ska undersöka. Om det inte går att lösa ett separat dörrflöde behöver Volvo Tuve hitta en annan lösning.

1.3 Mål och syfte

Syftet med examensarbetet är att analysera dagens produktion för att utforma ett dörrflöde och balansera en dörrlinje. Detta görs för att kunna fortsätta använda den nuvarande hyttlinjen även vid tillverkning av längre hytter. Det ska ge ett förslag till hur en dörrlinje kan balanseras, hur monteringssekvensen kan se ut samt för och nackdelar om vart linjen kan placeras. Hyttlinjen är byggd för att kunna producera i X takt, därför krävs det att en dörrlinjen ska kunna möta detta för att inte sakta ner hyttlinjens kapacitet.

Målet är att ge Volvo data och information för hur en dörrlinje kan balanseras och i vilken sekvens dörren kan monteras. Det ska också diskuteras var de kan placera linjen i fabriken för att få ett optimalt flöde. Förslagen ska vara baserade på insamlad data och dem produktionskapaciteter som finns idag. På grund av det begränsade utrymmet som finns krävs det att linjen är i ett kompakt utförande, de vill säga ska så få stationer som möjligt tillämpas, samtidigt ska alla arbetsmoment av dörrarna inkluderas.

1.4 Avgränsningar

Examensarbetet motsvarar 15 högskolepoäng med en tidsram på 20 veckor. Arbetet startade vecka 3, år 2025 den 13 januari och avslutades vecka 23 den 15 juni 2025.

Examensarbetet är en detaljerad studie på processer kopplade till dörrarna och inte efterföljande processer på hyttlinjen. Simuleringsmodellen har en obegränsad efterfrågan av hytter och obegränsat inflöde av material till produktionen.

Det finns två potentiella areor där linjen skulle kunna placeras. Balanseringen av dörrlinjen kommer innehålla samma monteringsuppgifter som de som finns på hyttlinjen idag relaterat till dörrarna.

1.5 Kravspecifikation

Examensarbetet ska ta hänsyn till Volvos kriterier. Dessa krav används för att avgöra om simuleringar och balanseringar av produktionen anses vara godkända samt om placeringen av ett dörrflöde är möjlig.

Tabell 1: Volvos krav för examensarbetet

Krav	Beskrivning
1. Möta hytt	Dörrlinjen ska kunna leverera rätt dörrpar i tid till hyttlinjen för docking.
2. Dagens taktid - X taktid	Dörrlinjen ska kunna produceras från dagens takt till X takt.
3. Kompakt dörrflöde	Dörrlinjen ska innehålla så lågt antal stationer som möjligt.
4. Buffertkapaciteter	Bestämma buffertkapaciteter.
5. Justeringsmöjlighet	Möjliggör justeringar vid monteringsfel i slutet av dörrlinjen.
6. Yta A vs Yta B	Jämför yta A med yta B för vart dörrflödet bör placeras
7. Elektricitet	Inkludera testning av dörrarnas elektricitet och styrenhet i dörrflödet.

1.6 Rapportens struktur

Kapitel 1: Introduktion

Kapitel 2: Teoretisk bakgrund

Kapitel 3: Nulägesbeskrivning

Kapitel 4: Metod

Kapitel 5: Resultat

Kapitel 6: Diskussion och slutsats

2. Teoretisk bakgrund

Kapitlet beskriver den teoretiska bakgrunden som står för grund till arbetet. Den teoretiska bakgrunden introducerar den information som behövs för en djupare förståelse kring arbetet. Det ger en grund till att följa med i metoden, resultatet och diskussionen.

2.1 Produktionsstyrning och tidsparametrar

Avsnittet förklarar de tidsparametrar som används i rapporten som underlättar förståelsen för simulering och linjebalansering.

2.1.1 Takttid

Takttid är den tid varje station får ta för att produktionen ska hinna möta kundens efterfrågan. Den räknas ut genom att dela den tillgängliga produktionstiden med hur många enheter kunden efterfrågar under samma period. Resultatet visar i vilken takt, de vill säga tempo, produktionen behöver jobba för att varken producera för mycket eller för lite.

För att kunna hantera eventuella störningar i produktionen är det vanligt att företag planerar med en något högre takttid än vad beräkningen visar [2]. Takttid anges ofta i centiminuter per enhet [CMIN/enhet], där 1 minut motsvarar 100 CMIN och 30 sekunder motsvarar 50 CMIN.

2.1.2 Taktad linje

En taktad linje betyder att alla stationer i produktionsflödet är synkade med varandra. De arbetar i samma takt och rör sig framåt samtidigt. Om en station stannar på grund av ett fel, stannar hela linjen tills problemet är löst. Det gör att flödet blir jämnt, men också känsligt för störningar [2].

2.1.3 Byggtid

Byggtiden är den totala sammanlagda tiden det tar att montera en färdig produkt (V. Bengtsson, personlig kommunikation, 5 maj).

2.1.4 Över- och underbalansering

När processtiden på en station är längre än takttiden blir konsekvensen att arbetet inte blir klart i tid och linjen stannar. Detta blir då en flaskhals. När processtiden på en station är kortare än takttiden blir konsekvensen att arbetet är klart före takttiden, då får stationen outnyttjad tid och får vänta innan nästkommande produkt anländer (V. Bengtsson, personlig kommunikation, 5 maj).

2.1.5 Tillgänglighetstid

Det är tiden då en station faktiskt kan producera, när den är i drift eller är redo att användas. Den mäts ofta i procent. Tillgänglighetstid = Total arbetstid - Oplanerade stopp. Stopp är när produktionen står still på grund av fel, haveri eller problem (V. Bengtsson, personlig kommunikation, 5 maj).

2.1.6 Stopptid

Stopptider är de tider produktionen står till på grund av fel såsom haverier och störningar. Det vill säga oplanerade stopp där planerade stopp som raster och skiftbyten inte räknas med (V. Bengtsson, personlig kommunikation, 5 maj).

2.2 Simulering

Simulering är en metod som är användbart för analys inom tillverkningsindustrin och produktion. Simulering används för att förutsäga framtiden innan det implementeras genom att avbilda en digital modell som utsätts för prövningar och produktionsförändringar för att förbättra prestandan [3]. För att simuleringen ska bli verklighetstrogen används data och statistik från en befintlig produktion som underlag. Simulering kan användas för att optimera produktionsprocessen genom att upptäcka obalans och fel innan det tillämpas i produktion. Det är ett verktyg för att kostnadseffektivisera och spara tid för produktionsutveckling samt ur ett hållbarhetsperspektiv eftersom resurser kan testas utan att fysiska prototyper behöver byggas. Genom simulering kan olika scenarier testas, vilket ger möjlighet att fatta välgrundade beslut innan förändringar genomförs i verkligheten [4, 5].

2.2.1 Discrete Event Simulation

Discrete event simulation förkortas DES och är en typ av simulering där diskreta händelser sker. Det är en metod som används för att simulera hur en process eller system presterar, betar sig samt förändras över tid genom att följa en serie av händelser. Programvaran Plant Simulation av Siemens bygger på DES och är det simuleringsprogram som används i denna rapport [6].

I simuleringen finns en intern tidräknare som visar vilken tid i processen systemet befinner sig i. Tiden rör sig inte fram i jämn takt som i verkligheten, utan simuleringsmodellen hoppar direkt fram till nästa händelse. Exempel på händelser kan vara när en dörr anländer eller att ett monteringsarbete börjar [7, s. 13–14 Punkt].

Plant simulation använder en metod som kallas “three-phase simulation approach” som består av 3 steg.

1. Tiden flyttas fram till nästa händelse.
2. Händelsen utförs, det som är planerat att hända den tidpunkten sker just då.
3. Systemet kontrolleras vad som kan triggas vid tidpunkten, till exempel en produkt har blivit klar och stationen är ledig. Detta leder till att simuleringen är snabb och effektiv eftersom endast det viktigaste visas [7, s. 13–14].

2.3 Negative exponentiell kurva

Negativ exponentiell fördelning är en sannolikhetsfördelning av positiva reella tal som är användbar i simuleringsmodeller för att beskriva tiden mellan slumpmässiga händelser. Ett vanligt användningsområde för fördelningen är i simuleringar där haverier i en verklig produktionslinje ska ske slumpmässigt. Data från historiska haverihändelser används, inklusive den vanligaste, den längsta och kortaste tiden mellan haverier. Dessa tidsintervall används för att avgöra hur ofta haverier ska hända i simuleringen. Detsamma gäller för hur länge ett haveri ska pågå. Fördelningen är särskilt relevant vid köbeteenden [7, s. 293].

2.4 Data

Datainsamlingen är kritisk för simuleringsprocessen. Principen GIGO (Garbage In, Garbage Out) innebär att resultat och noggrannhet i en simuleringsmodell inte blir bättre än kvaliteten på den datan som matas in. Det innebär att även en välstrukturerad simuleringsmodell kan ge missvisande resultat om indatan är opålitlig eller felaktig [8].

Även om korrekt data från dagens fabrik används vid analysering för ett nytt flöde i produktionen innebär det inte att resultatet är realistiskt eller användbart. Produktionen kan få en ny uppbyggnad som gör att datan inte överensstämmer med verkligheten. Resultatet påverkas även mycket av om antaganden som används stämmer överens med verkligheten och om modellen är logiskt och realistiskt uppbyggd [8].

2.4.1 Sprint

Sprint är en programvara framtagen av Volvo där de loggar in data från produktionen. Sprint dokumenterar tidsstudier av arbetsuppgifter, deras delmoment och monteringsprocessens steg. Dessa namnges och ett nummer tilldelas, detta underlättar arbetet när uppgiften ska hittas i programmet. Datan som sparas i programmet används för att balansera linjer i produktionen. Sker det förändringar i fabriken kan vissa uppgifter i tidsstudien behöva korrigeras för att stämma med verkligheten. Antalet steg en anställd ska ta för en viss arbetsprocess, eller antalet skruv som ska dras åt med ett förbestämt antal newton är exempel på dokumenterad data på Sprint (V. Bengtsson, personlig kommunikation, 3 maj, 2025).

2.4.2 AviX

Om en produktionslinje byter takttid behöver arbetsmomenten balanseras om så att arbetsuppgifterna fördelas jämnt mellan stationerna för den nya takttiden. Takttiden sätts som målet för hur arbetsuppgifterna i stationerna ska fördelas.

AviX är en programvara som balanserar produktionslinjer och där insamlad data som tidsstudier används. Tidstudierna kan användas för att balansera flödesprocesser, strukturera ordningen i arbetsprocesser samt ge beslutsunderlag. Programmet möjliggör visualisering som hjälp för att ta beslut hur arbetet ska struktureras samt hur många operatörer som behövs [9,10].

2.4.3 Prodify

Prodify är en hemsida där Volvo internt dokumenterar stopp i produktionen i realtid. Stoppen som dokumenteras är oplanerade stopp, de vill säga kommer inte raster och skiftbyten vara sparade. Alarmen dokumenteras automatiskt och den ansvariga för området beskriver vad orsaken var. Dokumentet samlar in data på följande: Området, områdesansvarig, stopptyp, kostadsförlust, förlusttid och produktvariant (V. Bengtsson, personlig kommunikation, 3 maj, 2025).

3. Nulägesbeskrivning

Volvo har idag en hyttlinje där all montering av hytterna sker. Det finns även förarbete parallellt med linjen som gör mindre arbeten som exempelvis frontpanelen där montering och programmering av styrenheter utförs på panelen innan den monteras i hytten. Detta gör monteringen mer effektiv och minskar på fel samt att det kräver mindre utrymme på hyttlinjen.

Skulle längre hytter produceras kan inte dörrarna längre monteras på baksida hytt. Därför kan en potentiell parallell dörrmontering utvecklas för att lösa monteringen. Detta parallella arbetet skulle medföra flera utmaningar för att få monteringsflödena att gå ihop. Bland annat krävs det att dörrmonteringen tar upp så lite plats som möjligt i fabriken då det redan idag är begränsat utrymme.

3.1 Hur dörrarnas monteringsprocess ser ut idag

Det finns idag intag, ergo, balkongen och hyttlinjen. Intaget är där hytterna kommer in i fabriken för fortsatt tillverkning, ergo är första steget följt av balkongen, där förarbete sker av hytten. Efter detta kommer hyttlinjen som består av stationerna 1-56. Hyttlinjen är uppdelad i två segment. Första segmentet är station 1-27 och det andra är 28-56, dem ligger parallellt med varandra och hytten kommer ut färdigmonterad i samma ände som den gick in på hyttlinjen. Dörrmonteringen sker på ett flertal av dessa stationer. På station 1 lyfts dörrarna av från lastbilens sidor och trycks in i en listpress som klistrar på gummilister runt dörren. Efter detta placeras dörrarna på en fixtur bakom hytten. Nästa steg är monteringen av dörrlås, dörrhandtag och kablage. När dessa moment är färdiga går hytten vidare till segment två där majoriteten av dörrmonteringen sker. Här monteras fönster, fönsterhiss, högtalare, styrenhet, gummilister och dörrpaneler. På station 46 återmonteras dörren på hytten innan backspeglar/CMS kameror installeras. På stationerna 50-52 testas elektroniken och styrenheterna i hytten för att kontrollera att allt fungerar. Om något inte fungerar går hytten vidare till en justeringsposition efter hyttlinjen.

3.2 Tid och bemanning

Den totala byggtiden för dörrmonteringen är idag beräknad till 27 minuter idag. I denna tiden är inte backspeglarna/CMS kamerornas installation medräknad. Arbetet utförs av 12-14 anställda

beroende på aktuell taktid. De flesta stopp på stationerna där dörrmontering utförs är saknad av kvittering. Kvitteringen godkänner att arbetet är klart och hytten kan fortsätta vidare till nästa station. Blir kvitteringen sen, de vill säga utanför taktiden stannar segmentet. Hyttlinjen är taktad vilket innebär att hela segmentet kommer stanna upp när en station på segmentet stannar.

3.3 Identifierade problem

Analysen av nuläget har identifierat problemområden enligt följande:

1. Hög byggtid: Dörrmonteringen tar 27 minuter utan montering av backspeglar/CMS kameror. Kontroll av elektronik och styrenhet av dörren är inte heller medräknade i denna tid.
2. Högt personalbehov: Idag krävs 12-14 personer i arbetet som tar 27 minuter för ett dörrpar att monteras. Detta behöver minskas eller att mer arbetsuppgifter utförs av samma personal. Frigörs personal kan denna flyttas till andra delar av fabriken.
3. Onödiga stopp på grund av sen kvittering: Ett problem som är återkommande över hela hyttlinjen och som blir en större utmaning är sen kvittering. Operatören kan glömma av att kvittera hytten innan förberedelse inför nästkommande hytt vilket får segmentet att stanna och tappa tid.
4. Justeringar efter linje: Idag upptäcks elektriska fel på hytten först efter att hela hytten är färdigmonterad. Detta innebär att justeringar kräver demontering som blir ett merarbete.

4. Metod

Metoden nämner hur arbetet har angripits. I avsnittet beskrivs tillvägagångssättet av arbetet samt genomförandet.

4.1 Datainsamling

Data samlades in genom att nuläget analyserades, dagens montering observerades samt att kommunikation och möten med handledare på Volvo hölls. Syftet var att skapa en förståelse av produktionens flöde och få en djupare inblick av dagens monteringslinje för att kunna balansera en dörrlinje. För att säkerställa att resultatet blev tillförlitligt kombinerades flera källor såsom observationer i produktionen, kommunikation med personal och nuvarande produktionsdata. På så sätt kunde både simuleringen och balanseringen använda verkliga förutsättningar från dagens produktion.

4.1.1 Insamlingstekniker

Operatörer ansvariga för stationer där dörrmontering skedde följdes efter och dialoger hölls. Syftet med dialogerna var att få en förstahandsinformation om hur monteringssekvensen ser ut och för att höra deras åsikter om vad som är bra idag och vad som kan förbättras. Informationen från dialogerna användes för att få en överblick av arbetet som utförs samt identifiera vilka monteringsarbeten som behöver plockas ut från hyttlinjen till en dörrlinje [11].

Data i form av tidsstudier hämtades från Sprint. Denna data användes för att balansera en dörrlinje i programvaran AviX. Den maximala möjliga taktid en dörrlinje skulle behöva klara av analyserades i AviX. Ett internt dokument från Volvo med beräknade parametrar anpassade för Volvos egna fabrik användes för att analysera vilken taktid linjen minst behöver uppnå för att möta kraven av hur många dörrpar produktionen ska kunna bygga per dag.

4.1.2 Filtrering av stopptider för dörrmontering

För att skapa en realistisk simulering av dörrlinjen analyserades ett års dokumenterade stopptider från dagens produktion i Prodifly. Syftet var att identifiera hur ofta dörr relaterade stationer stoppar produktionen, anledningen till stoppen och hur långa de är.

Datan togs från Prodifly som dokumenteras i realtid. För att isolera relevant information filtrerades stationer och stopp bort som inte hade koppling till dörrmonteringen. Syftet var att enbart visa avvikelser och stopp relaterade till dörrmonteringen.

4.2 Balanseringsmodell i AviX

Den data som fanns i Sprint användes i balanseringsprogrammet AviX för att kunna använda de tider som gällde för dörrmonteringsmomenten i dagens produktion. CI-nummer med olika arbetsmoment fanns i Sprint och kopplades automatiskt till hyttens montering beroende på variant. Dörrarbeten kunde enkelt flyttas över från hyttlinjens balansering in till dörrlinjens. För de tider som inte var rimliga för ett separat dörrflöde användes i stället antaganden som togs fram tillsammans med tekniker på Volvo.

Beroende på vilken variant som monterades var det möjligt att se hur arbetsbelastningen vid stationerna på dörrlinjen påverkades [6]. Takttiden som balanseringen utgick från var samma som hyttlinjens max på X hytter om dagen. Takttiden X sattes som målet att balansera arbetsuppgifterna upp till per station. Denna taktid blir i AviX $X/0,6$ [CMIN/enhet] vilket representerar X takt. Ställs hyttlinjen in på denna takt kan den i verkligheten tillverka några få fler än vad takten säger. Men eftersom linjen inte har 100% tillgänglighet har Volvo sett att i verkligheten blir det X hytter på grund av störningar. Detta gör tillgängligheten för linjen till 98%.

I AviX sattes en övre och under procentandel utav taktmålet, detta var dem gränser balanseringen inte fick hamna utanför. Taktmålet på Volvo var satts som 100%, minimum var 80% och maximum var 114%. Alla dörrrens monteringsstider summerades och dividerades med den högsta önskade takttiden, $X/0,6$ [CMIN/enhet], vilket motsvarade produktion i X takt. Kvoten visade det minsta teoretiska bemanningsbehovet, det vill säga hur många operatörer som krävdes för att hinna montera ett dörrpar för önskad taktid (se formel 1) [12].

$$\text{Minsta teoretiska bemanning} = \frac{\text{Totala monteringsstiden}}{\text{Takttiden}}$$

Formel 1: Minsta teoretiska bemanning

Eftersom arbetsmomenten både innefattar arbete för vänster och höger dörr, fördelades operatörerna så att en arbetade med vänster dörr och en annan med höger. Därmed kunde antalet stationer bli hälften så många som det totala operatörsbehovet, då arbetar operatörerna parallellt med varandra på en station.

Vid balanseringen i AviX togs det hänsyn till flera begränsningar. Vissa arbetsmoment var sekvensberoende och behövde därför utföras i en viss ordning, medan andra var stationsbundna till specifika stationer, som till exempel en tiltstation. Tiltstationen användes för moment där dörren behövde vinklas, vilket gav bättre ergonomi för operatören.

Att använda Sprint och AviX gör resultatet mer realistiskt och anpassat till verklig produktion. Balanseringen ansågs klar när alla monteringsmoment var inkluderade och när det var balanserat inom taktidens övre- och undre gränser.

4.3 Jämförelse av placeringsalternativ för dörrlinjen

För att ta fram ett beslutsunderlag kring var ett dörrflöde bör placeras i produktionen fördes en dialog med handledare och tekniker på Volvo. Två möjliga ytor identifierades för implementering av ett dörrflöde. För att jämföra dessa och besvara sjätte kravet i *Tabell 1: Volvos krav för examensarbetet*, som rör vilken yta som är mest lämplig, genomfördes en analys utifrån layout, logistik, påverkan på övrig produktion samt ekonomiska aspekter.

De två alternativa ytorna:

- Yta A: Används idag som förarbete till frontluckan.
- Yta B: Kallas idag för S-arean, där specialhytter byggs och justeringar av hytter med avvikelser hanteras.

Under analysen av ytorna beaktades deras placering i förhållande till hyttlinjen, vilka förändringar som krävdes i fabriken samt hur dörrlinjens placering skulle påverka produktionen. Bedömningen inkluderade både tekniska och praktiska faktorer, såsom behovet av buffertar, utrymmeskrav och påverkan på materialflöde och fabrikslogistik. Underlaget togs fram genom observationer i fabriken samt genom dialog med handledare, tekniker och operatörer.

4.4 Linjelayout och simuleringsmodell

Programvaran Siemens Plant Simulation användes för att skapa en simulering av en produktionslinje för dörrarna. Den gjordes för att visualisera och testa det potentiella dörrflödet med olika scenarion. Det som testades var hur mycket buffert dörrflödet behöver och var den ska placeras i förhållande till hyttlinjen, samt olika scenarion där modellen utsätts för störningar och haverier. Simuleringen byggdes upp på den insamlade datan för att representera hur verkligheten kan se ut.

4.4.1 Modelluppbyggnad

Simuleringen gjordes i två delar, dörrflödet och dagens hyttlinje. Hyttlinjen behölls som i dagens produktion, och modellen användes för att synkronisera rätt dörrpar med rätt hytt. Simuleringen byggdes upp utifrån fabriken nuvarande layout, men med ett dörrflöde integrerat. Dörrlinjens sista station placerades nära station 46 för att minimera transportsträckor och därmed undvika att störa trucktrafiken.

Under utvecklingen utgick arbetet från ett antal utgångspunkter som Volvo tagit fram. Bland annat skulle dörrarna transporteras med AGV:er på de taktade delarna av linjen. När dörrmonteringen var färdig transporterades dörrparet vidare med AGV till hyttlinjen för att monteras på rätt hytt. Transporten korsade en mindre trafikerad truckväg. Efter att dörrarna levererats återvände AGV:n till börjans av den taktade dörrlinjen för att hämta nästa dörrpar. De två första stationerna skulle vara stationära stationer, dörrlist station och tiltstation. Det innebär att de inte framförs framåt som en taktad linje utan dörren hanteras på en stillastående fixtur. De ska hantera arbetsmoment i dörrmonteringen som kräver att dörren sitter fast. Eftersom dörrarna måste korsa en truckväg, krävdes två buffertar, en före truckvägen vid intaget och en precis innan dörrlinjestarten. Elektriciteten och styrenheten i dörrarna testades i flödet och en justeringsmöjlighet innan dockning lades till.

Delar som bestämdes av simuleringen var antal buffertar, bufferkapaciteten och placeringen av dessa i flödet. Antalet stationer i modellen gavs av balanseringsresultatet och antal buffertar och deras kapacitet bestämdes under simuleringen men även av kommunikation med Volvos tekniker.

4.4.2 Simuleringsprogrammets byggstenar

Modellen byggdes upp av objekt från programvaran Siemens Plant Simulation. Objekten är kopplade mellan varandra med “connectors” som tillåter parterna i simuleringen att gå vidare till nästa objekt.

Objekt använda i modellen:

1. Connectors: Ger möjlighet för materialflöde mellan två objekt.
2. Source: Förser modellen med material.
3. Drain: Samlar in färdiga parter och tömmer modellen.
4. Station: Objekt som processar parten, kan vara flera olika maskiner.
5. Buffer: En plats som kan tillhandahålla produkter temporärt under en simulering, sätts till specifik kapacitet. Används ofta innan nästkommande station som en kö för parter.
6. AssemblyStation: Monterar eller samlar ihop två parter till en huvudpart.
7. PickAndPlace: Plockar upp part för att rotera och placera part nästkommande objekt. Kräver programmering i SimTalk. *
8. Track: Ett transportband där automatiska transportörer följer.
9. Transporter: Automatiska transportörer, en mobil enhet, exempelvis AGV.
10. Worker: Operatörer som arbetar i fabriken. Exempelvis stå vid en station för att utföra arbete.
11. ShiftCalender: Används för att kontrollera när modellen ska arbeta. Exempelvis att den ska bara vara aktiv under arbetstimmar.
12. LockoutZone: Grupperar objekt. När en station havererar stannar de sammankopplade stationerna till den också.
13. EventController: Följer en tidslinje, utför händelserna i rätt ordning och vilket driver materialflödet framåt. Bestämmer slumpmässiga haverier i simuleringen.
14. Display: En räknare som kan kopplas till objekt för att visa det aktuella värdet, exempelvis hur många produkter som passerat genom eller aktivt är i ett objekt [13].

*SimTalk är programmets egna programmeringsspråk

4.4.3 Scenarioanalys

Scenarioanalyser genomfördes för att undersöka hur olika förutsättningar påverkar dörrflödet och för att identifiera vilka lösningar som fungerar bäst. Simuleringen testade två olika delar:

- Antalet buffertar i flödet samt deras placering och kapacitet
- Slumpmässiga haveriscenarier

Volvos krav på att det skulle finnas möjlighet att justera dörrpar efter monteringen låg till grund för att testa olika buffertlösningar i slutet av dörrlinjen. Genom att variera antalet platser i bufferten kunde det beräknas hur mycket tid som fanns för att genomföra justeringar vid eventuella fel. För varje buffertplats gavs en justeringstid motsvarande en taktid på linjen.

Utöver detta undersöktes hur buffertplaceringen påverkade samspelet med hyttlinjen, eftersom dörrflödet inte fick dra ner hyttlinjens kapacitet. Simuleringen testades därför med en buffert placerad vid station 46 för att säkerställa att färdiga dörrpar fanns tillgängliga för dockning. Det undersöktes även om en buffert skulle placeras i mitten av linjen som en säkerhetsbuffert beroende på vilka arbeten som skulle göras på de tidigare stationerna. De två största buffertarna lades i början av dörrflödet, den första vid intaget och den andra strax innan dörrlinjens start.

Antalet dörrpar på hela flödet räknades ut då dörrarna möter sin hytt på station 46 igen. Detta betydde att dem 46 första hyttstationerna plus stationerna på ergo och balkongen summerades, summan blev hur många dörrpar som krävdes i dörrflödet. För att bestämma hur mycket kapacitet varje buffert i flödet behövde togs antalet stationer i åtanke då även dessa har ett dörrpar per station.

Olika haveriscenarier, med data från Prodifly, prövades i simuleringen för att se hur ett verkligt dörrflöde kan bete sig. För att testa systemets tålighet prövades även något längre haverier än vad som normalt förekommer. Syftet var att undersöka var gränsen går för hur mycket dörrflödet kan störas och ändå hinna leverera dörrar i tid till hyttlinjen.

Simuleringen ansågs färdig när dörrflödet kunde leverera dörrar till hyttlinjen utan att påverka hyttlinjens kapacitet negativt även under realistiska och förvärrade haverier. Av att pröva olika scenarier bevisades lösningen vara robust och tillräckligt flexibel för att hantera olika varianter av

hytter. Även när buffertstorlekarna var satta för att rätt antal dörrpar fick plats på linjen och att det fanns möjlighet för justeringar på linjen.

4.5 AI assistans

Meningsuppbyggnaden i texten korrigerades med assistans av ChatGPT för förbättrad grammatik, tydlighet och läsbarhet.

5. Resultat

Detta kapitel presenterar resultatet av arbetet. Här presenteras insikter från samtal med personal, analys av produktionsdata, balansering i AviX och simulering i Siemens Plant Simulation. Resultaten visar hur ett dörrflöde kan utformas, balanseras och placeras. Fokus ligger på arbetsmoment, stationsbalans, buffertkapacitet, layoutval och dörrflödets förmåga att hantera störningar utan att påverka hyttlinjens produktionstakt.

5.1 Resultat av datainsamling

Detta avsnitt redovisar den information som samlades in genom samtal med operatörer samt analys av produktionsdata från systemet Prodifly. Syftet var att få en bättre förståelse för dagens arbetssätt, identifiera utmaningar i monteringen och analysera stoppsaker vid dörrmontering. Dessa insikter låg till grund för balanseringen och uppbyggnaden av simuleringsmodellen.

5.1.1 Insamlad information från personal

Genom samtal med operatörer ansvariga för monteringen framkom att de föredrar att arbeta i en taktad monteringslina, där de aktivt följer med monteringen i takt med linjens rörelse. Detta arbetssätt upplevdes som mindre enformigt och gav en ökad känsla av ansvar, eftersom varje operatör ansvarar för sin egen monteringssträcka.

Artiklarna till varje hytt föredrogs vara nära till hands, som med en kittingvagn efter hytten. När artiklarna var utplockade i förväg minskades antalet steg och arbetet effektiviserades.

Monteringen av en list som styr fönsterrutan, även kallad styrlist, upplevdes som oergonomisk. Listen monteras manuellt genom att placeras i dörren och slås fast med en hammare över axelhöjd. Även om dörren kan höjas och sänkas med ett verktyg är justeringsmöjligheten inte tillräcklig för alla operatörer. Teamledaren på stationen där backspeglar monteras önskade få bort denna montering för att öppna upp mer tid på stationen för annat arbete av hytt.

5.1.2 Stopptider för dörrmontering

Analysen visar att majoriteten av stoppen i dörrmonteringen var kortvariga och i huvudsak orsakades av sen kvittering. Detta innebär att operatören missat att skanna och bekräfta att monteringsmomentet var slutfört innan hytten gick vidare till nästa station.

De flesta stopp varade omkring 10 sekunder. Utöver dessa förekom även mycket korta stopp på omkring 1 sekund, samt ett fåtal längre avbrott som varade upp till 30 minuter. Dörrelaterade stopp inträffade som mest varannan timme, ibland med så kort mellanrum som 30 minuter. Samtidigt noterades att vissa arbetsdagar inte innehöll några stopp alls.

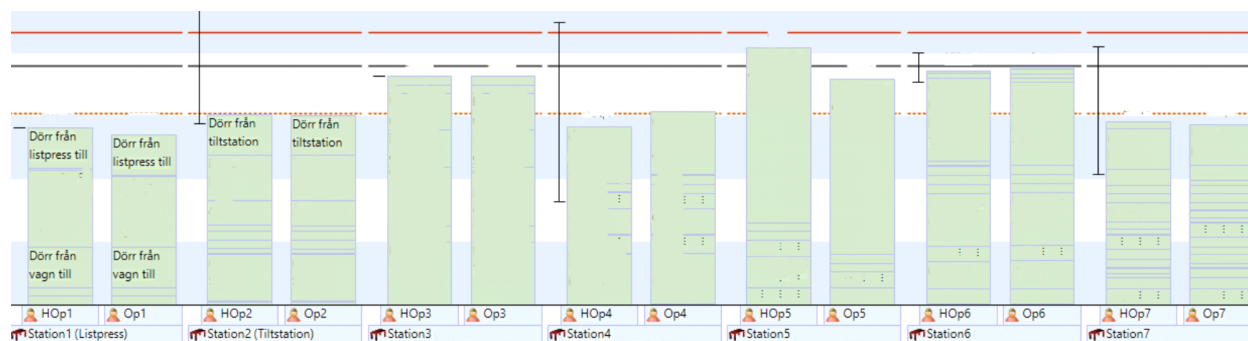
Denna datan från Prodifly används senare som ett underlag för att skapa en realistisk simulering, där sannolikheten och längden för dörrelaterade haverier speglar den faktiska produktionen.

5.2 Balanseringsresultat

Det första arbetet som utfördes för att balansera dörrlinjen var att se över hur monteringssekvensen skulle se ut. Det finns idag flera moment som är sekvensbundna. Alla delar som ska vara inuti dörren såsom en inbyggd fönsterhiss, kablage och styrenhet behövdes placeras innan yttre panelen sattes på. Detta gör att sekvensen är noga uppbyggd för att rätt arbete ska ske i rätt ordning. Det finns andra delar i monteringen som inte är lika viktiga när de monteras. Dessa moment var reflexdekal, pluggar och vissa skruvar. Dessa användes i balanseringen för att uppnå rätt balans upp till den bestämda takttiden.

Med all information om monteringssekvensen kunde balanseringen byggas. Balanseringen genomfördes i AviX med takttiden $X/0,6$ [CMIN/enhet], vilket motsvarar en produktionstakt om X hytter om dagen. Utifrån beräkningen för minsta teoretiska bemanning visade resultatet att 14 operatörer krävdes för monteringen. Detta halverades för att få ut antalet stationer, då två operatörer ska vara på varje station, en för höger och en för vänster dörr. Antalet stationer blev då 7, vilket uppfyller tredje kravet i *Tabell 1: Volvos krav för examensarbetet* om ett kompakt dörrflöde.

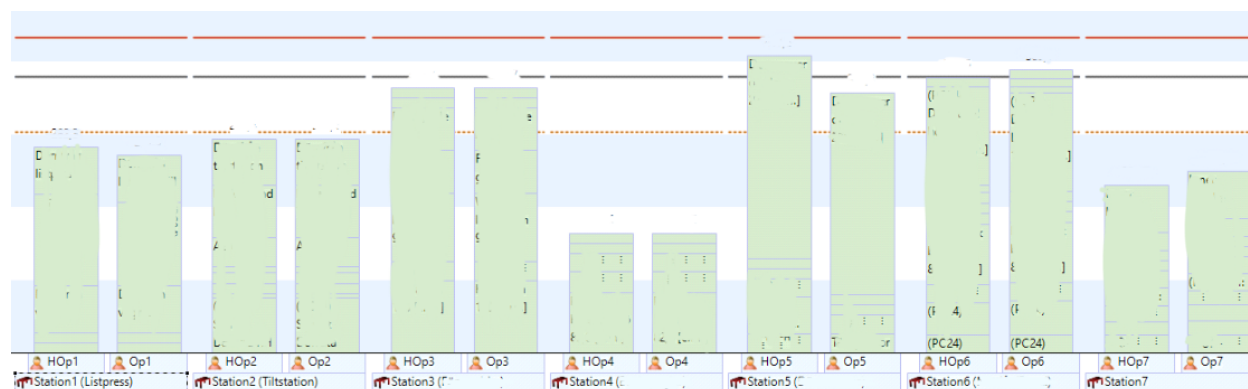
Resultatet från AviX, se figur 1. Resultatet visar snittbalansen för linjen. De arbetsmoment som lades till i AviX är enbart moment relaterade till dörrarna. AviX beräknade snittet genom att använda kundbeställning från ett halvår tillbaka. Varje kund har en hyttvariant där AviX räknar bort de arbetsmoment som dörrparet inte ska genomgå och räknar ut medelvärdet för varje station. Ett arbetsmoment som lades till var kontroll och testning av elektriciteten och styrenheten på station 5, vilket motsvarade det sjunde kravet i *Tabell 1: Volvos krav för examensarbetet*.



Figur 1: Snittbalansen för X takt

Efter balanseringen i AviX visade det sig att station 1, 2, 4 och 7 var underbalanserade i genomsnitt. Detta berodde på att dessa stationer innehöll arbetsmoment som endast gjordes när kunden valde specifika tillval i sin beställning. Konsekvensen blir en outnyttjad kapacitet av stationen och en variation av arbetsbelastningen för operatören.

Variationerna i arbetsbelastningen kopplades främst till tre tillval: Bakspeglar eller CMS-kameror och påklustrade fönsterdekal. Bakspeglar monterades på station 4 och dess kåpor på station 7, men om fordonet hade CMS-kameror istället för fysiska speglar uteblev momentet helt, vilket skapade underbalans (se figur 2).



Figur 2: Exempel på balansering med hytt CMS kamera

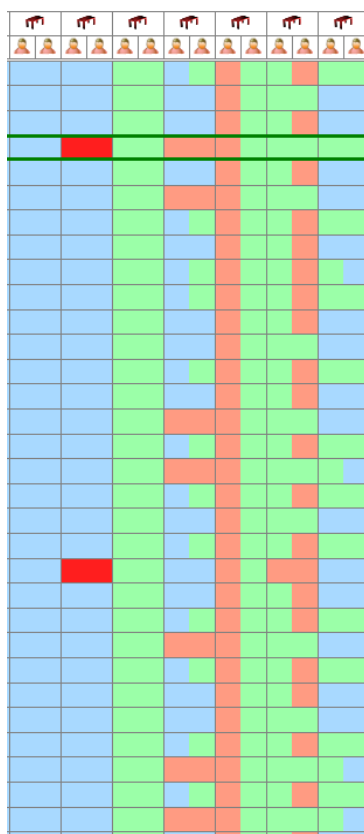
Tiltstationen, station 2, blev den station som visade störst variation och begränsade balanseringen mest (se figur 3). Detta berodde på att flera tidskrävande moment var kopplade till ergonomiska krav och behövde utföras med dörren i tiltat läge. Fönsterdekaler var ett tillval som påverkade arbetsbelastningen, monteringen krävde mycket tid men detta tillval förekom däremot endast i cirka 5 % av alla hytter. Detta skapade en tillfällig överbalansering. Tiltstationen låg däremot under taktmålet i de ordar som inte har fönsterdekaler vilket gav den möjlighet för återhämtning efter varje hytt med fönsterdekaler. Efter tiltstationen, före den taktade linjen fanns en buffert. Den fungerade som säkerhetsmarginal och minskade risken för störningar vid en sådan överbelastning och säkerställer att den taktade dörrlinjen inte påverkades negativt av fönsterdekaler.



Figur 3: Exempel på balansering med fönsterdekaler

Trots dessa variationer låg den genomsnittliga arbetsbelastningen överlag inom taktmålet på 80%-114 %. Däremot är några av stationerna under lägsta balansering men genom kommunikation med Volvo såg dem till sin fördel att vara underbalanserade heller än över takttiden för att möjliggöra addering av nya arbeten i framtiden.

Färgkodningen i figur 4 visar stationernas balansering beroende på kundbeställning. Färgerna har olika betydelser, grön är inom 80%-100% av taktmålet, ljusrött är 100%-114%, blått är under 80% och rött är över 114%.



Figur 4: Exempel på hur kundbeställningar påverkar balansen på respektive stationer på dörrlinjen. Kolumnerna är stationer med tillhörande höger- och en vänsteroperatör. Raderna är kundbeställningarna.

5.3 Analys av placeringsalternativ för dörrlinjen

Om ett dörrflöde implementeras i framtiden ser Volvo en möjlighet att flytta på S-arean, där yta B ligger, till en utbyggnad av fabriken. Detta innebär att yta B kommer att vara tillgänglig för nytt arbete. Oavsett vilken yta som väljs kommer dörrarna plockas av vid intaget och båda ytorna har nära till station 46 för att dockas tillbaka på sin hytt. Tabell 2 visar en sammanställning av ytorna.

Figuren nedan visar ytorna i förhållande till varandra och hyttlinjen där den övre ytan är yta A och nedre ytan är yta B. Bärande pelare i fabriken tecknas som lila rutor.



Figur 5: Övre rutan, yta A och nedre rutan, yta B i förhållande till varandra i produktionen

5.3.1 Beskrivning yta A

Yta A är placerad mellan de två segmenten av hyttlinjen, framför intaget. Platsen används idag för montering av frontluckan och det finns även en kittningsektion för hyttlinjens artiklar här.

Frontluckan plockas i nuläget av den nakna (inwhite) hytten vid intaget och placeras på en buffert som automatiskt transporterar frontluckan över truckvägen fram till monteringen. Blir valet yta A kommer den nuvarande bufferten för frontluckorna återanvändas till dörrparen, eftersom bredden av två dörrar är densamma som en frontlucka. Då återanvändning av frontluckebufferten skulle det innebära att de två första buffertarna i dörrflödet redan har en integrerad truckvägskorsning. Detta innebär att ingen ny buffert eller transport mellan buffertarna behöver införskaffas.

Om dörrflödet placeras på yta A behöver frontluckemonteringen flyttas till yta B, och kittningen på ytan måste justeras. Bufferten för frontluckorna som finns på ytan idag beskrivs som för avancerad, vilket innebär att flytten inte blir lika kostsam som om dörrflödet skulle placeras på yta B.

Det finns även en truckväg som passerar genom ytan som behöver flyttas cirka 20 meter för att ge plats åt ett dörrflöde. Ytan innehåller även bärande pelare som inte kan tas bort (se figur 5, lila rutor). Dessa pelare påverkar layouten, eftersom en dörrlinje här skulle behövas göras bredare än

nödvändigt. Den extra bredden kan däremot utnyttjas genom att placera gemensamma artiklar direkt längs linjen, alltså artiklar som används för alla dörrpar, vilket kan effektivisera processen.

5.3.2 Beskrivning yta B

Yta B är placerad vid sidan av segment två av hyttlinjen och används idag för justering av specialhytter (S-arean). Eftersom Volvo ser möjlighet att flytta det arbete som sker där idag, påverkas inga andra processer såsom yta A där frontluckans montering behöver flyttas.

Yta B är större än yta A vilket gör att layouten för linje och kitting får en större frihet. Det finns tillräckligt med plats att placera kitting och dörrlinje bredvid varandra, vilket möjliggör ett effektivare och lättillgängligt materialflöde.

Eftersom dörrarna plockas av vid intaget innebär det att en ny transport från intagen till yta B krävs. Det innebär att en korsning över truckvägen behöver planeras och integreras med den befintliga trucklogistiken. Transporten ska då ske med automatiserade AGV:er som hämtar upp nio dörrpar åt gången, placerade på fixturer. Dessa transporteras från intaget till en buffert precis före station 1 i dörrlinjen. Den befintliga bufferten för frontluckor kan inte återanvändas eftersom den är platsbyggd på yta A. Därför behöver en ny buffert konstrueras för att hantera dörrparen innan montering. Bufferten vid intaget, alltså buffert ett, representeras här av fixturerna som AGV:erna transporterar till dörrlinjen.

Tabell 2: Sammanställning av ytorna

Alternativ	Fördelar	Nackdelar
Yta A (framför intaget, nuvarande frontluckemontering)	<ul style="list-style-type: none"> - Nära hyttintaget - Befintlig buffert för frontluckor kan återanvändas för dörrtransport fram till dörrlinjen. - Mindre påverkan på trucktrafik 	<ul style="list-style-type: none"> - Bärande pelare i vägen - Flytta på monteringen för frontluckan - Begränsat utrymme som innebär att delar av kitting flyttas till lager

Yta B (nuvarande justeringsområde/S-area)	<ul style="list-style-type: none"> - Mer utrymme - Kitting och dörrlinje kommer vara bredvid varandra vilket underlättar materialflödet 	<ul style="list-style-type: none"> - Längre transport från intag till dörrlinje - En ny buffert krävs samt AGV som transportör mellan intag och dörrlinje - Risk att störa trucklogistiken
---	---	---

5.4 Resultat av simulering

Avsnitt 5.4 presenterar resultatet från simuleringen i Siemens Plant Simulation, där flödet av dörrmonteringen testats under olika scenarier. Resultatet inkluderar utformningen av dörrflödet, placering och kapacitet för buffertar samt dörrlinjens robusthet vid haverier. Simuleringen visar också att första kravet i *Tabell 1: Volvos krav för examensarbetet* uppfylls: dörrlinjen kan leverera rätt dörrpar till hyttlinjens station 46 för dockning, i rätt takt och utan att störa hyttflödet. Fokus i detta kapitel ligger på att visa hur det föreslagna flödet presterar under realistiska förhållanden baserat på data från dagens produktion och balanseringsresultaten från AviX.

5.4.1 Föreslagen utformning av dörrflödet i verkligheten

Det förslag på layout av dörrflödet är uppbyggt med sju stationer, baserat på balanseringsresultaten från AviX.

Flödet börjar vid intaget där dörrarna planeras plockas bort från hytterna och placeras på en fixtur som rymmer tre dörrpar. När fixturen är full, placeras den i den första bufferten. För att minska störningar i trucktrafiken planeras två buffertar finnas i början av flödet, en vid intaget och en precis före första stationen. Eftersom dörrarna måste passera en truckväg kommer två buffertar bidra till att varje dörrpar inte korsar truckvägen individuellt. Istället samlas minst tre dörrpar åt gången och transporteras över, vilket minskar påverkan på truckflödet och förbättrar effektiviteten i hela produktionen.

De två första stationerna i dörrflödet är stationära och utgörs av liststationen och tiltstationen. Eftersom dessa stationer kräver att dörrarna sitter fast på fixturer på stationen används inga AGV:er här för att undvika onödiga lyft, istället används ett lyftverktyg som redan finns i produktionen. Detta gör det enkelt för operatören att flytta dörren mellan de två stationerna på ett ergonomiskt sätt.

Efter tiltstationen kör AGV:erna in för att plocka upp ett dörrpar. Dörrparets placeras på en fixtur fastsatt på AGV:en, fixturen ska ha möjlighet att höja och sänka dörren till önskad ergonomisk höjd beroende på operatörens längd. AGV:en ställer sig på en buffertplats mellan tiltstationen och station 3. Denna bufferten är en säkerhetsbuffert för att inte de nästkommande taktade stationerna ska behöva vänta på grund av störningar i de första två stationerna. Efter bufferten transporterar AGV:n dörrparet genom de fem taktade stationerna. När monteringen är slutförd förs dörrarna vidare till en justeringsbuffert i slutet av linjen. Där kan eventuella fel från monteringsmomenten eller elektricitet- och styrenhetstestet åtgärdas innan dörrarna dockas till sina respektive hytter.

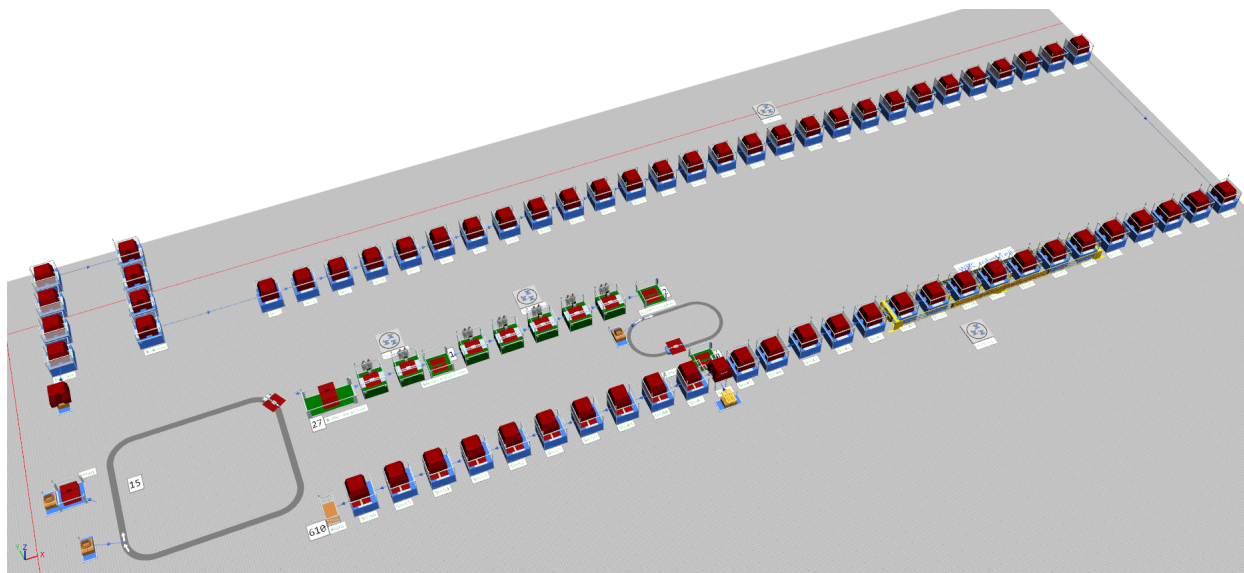
Slutligen transporteras dörrarna över den mindre truckvägen till station 46 på hyttlinjen, där de monteras tillbaka på hytten. Två dörrpar skulle få plats att stå i kö vid stationen, detta utnyttjas och ser till att dörrparet står redo för dockning till rätt hytt. Efter avlastning återvänder AGV:n till justeringsområdet och flödet upprepas.

5.4.2 Så genomfördes simuleringen i Plant Simulation

Simuleringen av dörrflödet genomfördes i Siemens Plant Simulation och byggdes upp utifrån de byggstenar som tidigare beskrivits i metoden. Flödet startade med ett *Source* objekt, som representerade intaget där hytten anländer. Dörrparet transporterades med *Connectors* vidare till första bufferten. Från bufferten placerades dem på en AGV som tillhandahåller tre dörrpar i taget som transporterar dörrarna vidare till buffert två innan stationerna. AGV:n är vad som korsar truckvägen och möjliggör att flera dörrar passerade samtidigt.

Dörrlinjen modellerades därefter med sju stationer (se figur 6), där de två första stationerna representerade list- och tiltstationerna, kallad segment 1. Dessa lades in som *Station* objekt och försågs inte med AGV-logik i modellen, eftersom lyftverktyg används i verkligheten. I simuleringen användes *Connectors* för att sammankoppla dessa. De fem efterföljande stationerna

modellerades som taktade enheter kopplade med *Connectors* mellan sig, segment 2. Istället för att simulera att AGV:er förde dörrparen framåt genom de tänkta stationerna valdes objektet *Station* med connectors för att hantera monteringsprocessen. Detta gjordes då objektet *Station* kan hantera och ge stationen störningar och haveri data vilket inte AGV objektet klarar av. Mellan segmentet lades en buffert, denna säkerställde att inte segment 2 gick utan dörrpar någon takt. Båda segmenten fick varsina *LockOutZone* för att koppla samman deras störningar och därmed spegla beteendet i en verklig taktad linje. När en station i segment 1 havererade stannade hela segmentet, samma sak i segment 2.



Figur 6: Överblick över hela hytt- och dörrflödena integrerade. Gröna stationer, dörrlinje

När monteringen var färdig på alla stationer placerades dörrparet i justeringsbufferten innan AGV hämtade upp dörrparet för att transportera till hyttlinjens station 46, mellan linjerna korsar AGV:en en mindre trafikerad väg. Bredvid station 46 kunde två dörrpar stå i kö innan dockning. När dockningen var klar körde AGV:n tillbaka till justeringsområdet för att hämta nästa. Alla färdiga hytter hamnade i objektet *Drain*, sista delen av hyttlinjen, där antalet färdiga hytter visualiserades i ett *Display* kopplat till *Drain*:en.

5.4.3 Buffertkapaciteten

Under 5.4.1 Bufferkapacitetetn besvaras fjärde kravet i *Tabell 1: Volvos krav för examensarbetet* om vilket bufferkapacitet de olika bufferna utdelades. Simuleringen visade att det krävdes totalt

53 dörrpar i omlopp. Denna siffra beräknades utifrån hur många hytter som befann sig i produktion fram till station 46: 45 stationer på hyttlinjen, samt ytterligare 4 platser på ergo och 4 på balkongen. Dessa summerades till att 53 dörrpar skulle få plats i dörrflödet.

5.4.3.1 Buffert mellan tiltstationen och taktad linje

En buffert med kapacitet för ett dörrpar placerades mellan tiltstationen och den taktade delen av dörrlinjen. Den placerades där för att hantera sällsynta monteringsarbeten, exempelvis fönsterdekaler, som tillfälligt ökade arbetsbelastningen på tiltstationen. Vid en takttid på $X/0,6[\text{CMIN/enhet}]$ innebar detta att operatörerna fick exakt denna tid att utföra momentet utan att påverka produktionsflödet. Eftersom dessa moment inträffade sällan och kunde genomföras inom takttiden, räckte en plats i bufferten.

5.4.3.2 Justeringsbuffertens kapacitet:

Justeringsbufferten tilldelades kapacitet för 2 dörrpar. Utöver detta kan även de två som står i kö vid hyttlinjen utnyttjas vid akuta behov. Justeringsbufferten fungerar både som en säkerhet att hinna lösa avvikelser men också som en säkerhetsbuffert inför dockning. Tillsammans ger detta dörrlinjen upp till fyra taktider ($\approx 4 * X$) att hantera ett fel utan att påverka hyttlinjens flöde. Detta uppfyllde femte kravet från *Tabell 1: Volvos krav för examensarbetet*.

5.4.3.3 Stora buffertar vid intaget och före dörrlinjen

Resterande dörrpar i flödet fördelades över två större buffertar: en vid intaget och en före dörrlinjens start. Hur buffertarna behövde konstrueras berodde på vilken yta i fabriken som skulle användas vid ett möjligt dörrflöde.

Vid yta B skulle 9 dörrpar transporteras på 3 fixturer (med 3 dörrpar per fixtur) från intaget till dörrlinjen med AGV. Dessa skulle lämnas av vid en buffert framför dörrlinjen. Eftersom 7 dörrpar skulle befinna sig i stationerna, 1 i tiltstationens buffert, 2 i justeringsbufferten och 2 i bufferten framför hyttlinjen, skulle kapacitetsbehovet i bufferten framför linjen bli:

$$53 - 9(3 * 3 \text{ fixturer}) - 7(\text{stationer}) - 1(\text{efter tilt}) - 2(\text{justering}) - 2(\text{framför hyttlinjen}) = 32 \text{ dörrpar}$$

Det skulle innebära att en ny buffert med plats för 32 dörrpar behövde byggas.

Vid yta A skulle befintlig frontluckebuffert komma då återanvändas. Bufferten vid intaget skulle då rymma 15 dörrpar fördelade på fem fixturer (tre dörrpar per fixtur). Transporten mellan buffertarna skulle rymma en fixtur, den andra bufferten kapacitet beräknas ut enligt följande:

$$53 - 15(3 * 5 \text{fixturer}) - 7(\text{stationer}) - 1(\text{efter tiltstationen}) - 2(\text{justering}) - 1(\text{framför hyttlinjen}) \\ = 27 \text{ dörrpar}$$

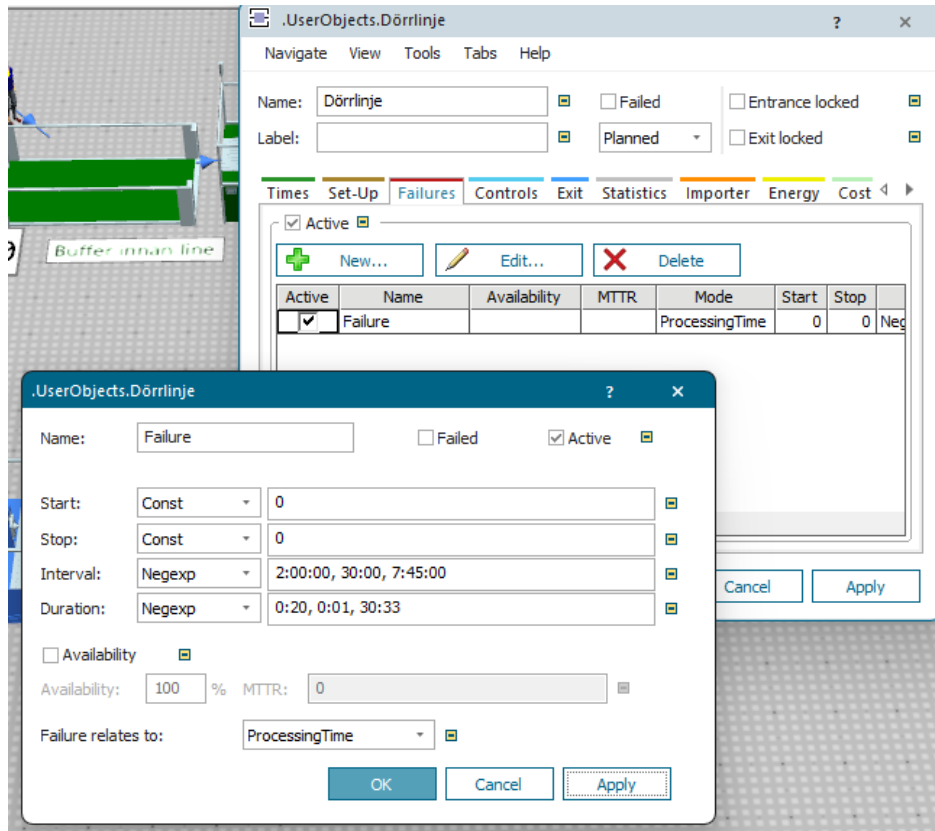
Dessa 27 dörrpar skulle då placeras i den andra bufferten, vilket innebär att ingen ny buffert skulle behöva byggas vid yta A.

Denna lösning visade att yta A kunde återanvända den befintliga bufferten, vilket förenklar en implementering. Yta B krävde däremot nybyggnation av buffertar och en mer omfattande logistisk planering, särskilt med tanke på att AGV flödet inte fick påverka truckvägen negativt. Simuleringen visade därmed tydligt hur valet av yta påverkade buffertarnas placering, kapacitet och krav på fabriken fysiska layout och logistik.

5.4.4 Haveri- och störningsprövningar

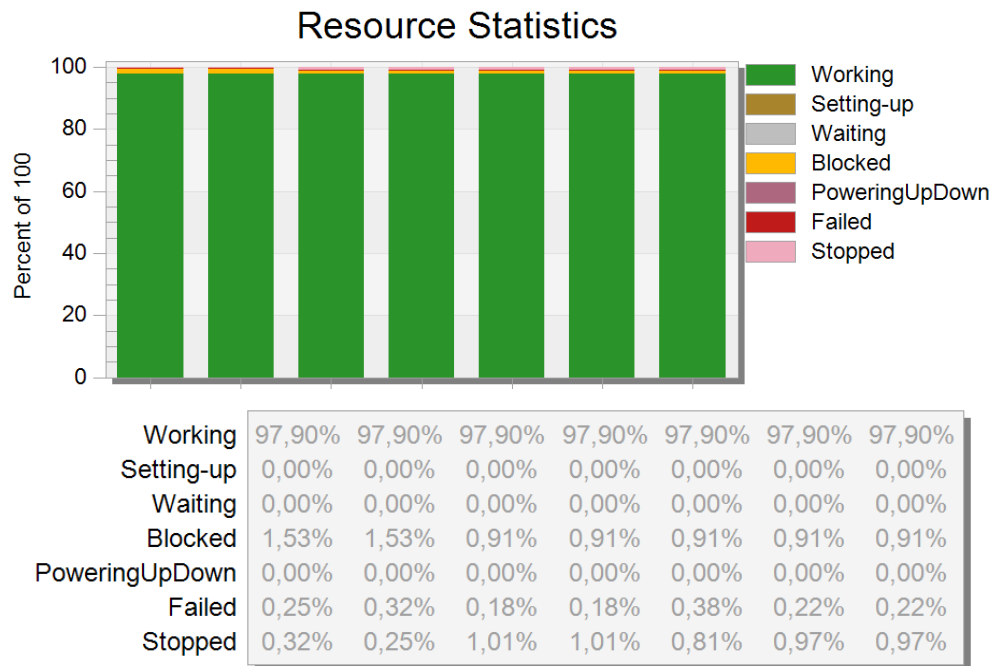
Dörrflödet utsattes för prövningar. I dörrstationerna adderades två negativa exponentiella fördelningar, en för hur ofta haverier och störningar uppkom och en för hur länge haverier och störningar varar. Datan som stationerna fick var de tider från Prodifly som sammanfattades i resultatet under *5.1.2 Stopptider för dörrmontering*. Detta gjorde att dörrflödets störningar agerade likt de dörrmoment som sker idag på linjen. Resultatet av detta gav inga problem för ett separat integrerat dörrflöde.

För att testa dörrlinjens begränsningar lades felhändelsen in som den mest förekommande varaktigheten på 20 sekunder (se figur 7) istället för de idag mest förekommande på 10 sekunder. Detta var längre än de vanligaste stoppen, som oftast berodde på sen kvittering. Eftersom dörrrelaterade fel enligt analysen uppstod ungefär varannan timme, användes detta intervall som grund när haverier prövades i simuleringen.



Figur 7: Dörrstationernas haveri- och störningsdata

Efter prövningarna visade simuleringen att dörrflödet kan ha den mest förekommande störningen på 20 sekunder för att fortfarande klara av att möta hyttlinjen som går sin normala tillgänglighet på 98%. Detta bekräftades simuleringen genom ett *Display*-objekt som visade antalet färdiga hytter. Simuleringen visade att dörrlinjen behöll en tillgänglighet på 98 procent, där både väntetid, oplanerade stopp och slumpmässiga fel räknades in, se figur 8.



Figur 8: Dörrlinjens tillgänglighetsdiagram

6. Diskussion och slutsats

Här diskuteras studiens resultat och vad de innebär för en möjlig dörmlinje. Vi lyfter osäkerheter i datan, vad simuleringen visar och hur placeringen påverkar produktionen. Avslutningsvis ges slutsatser och rekommendationer för framtida arbete.

6.1 Trovärdighet av insamlad data och balanseringens konsekvenser

I AviX-balanseringen använde vi tider direkt hämtade från den nuvarande produktionen. Data som inte ansågs vara rimliga för ett separat flöde gjordes tidsuppskattningar tillsammans med tekniker på Volvo. Men efter att vi varit ute i produktionen och sett hur arbetsuppgifterna utförs, tycker vi att flera av tiderna från dagens produktion skulle kunna effektiviseras i en separat dörmlinje.

Även om dessa uppskattningar är välgrundade, går det inte att veta exakt hur det skulle fungera i verkligheten. Om ett separat dörrflöde skulle införas i framtiden kan fabriken ha förändrats, till exempel i fabrikslayout eller arbetssätt, vilket kan göra att tidsdatan inte längre stämmer. Det är också möjligt att monteringen av dörrarna kommer att se annorlunda ut, med andra artiklar eller nya arbetsuppgifter. I så fall skulle den balansering vi gjort behöva anpassas eller göras om helt. Den balansering vi gjort för en takt på X har däremot tidsmässigt marginal. Men eftersom många arbetsmoment är beroende av sekvens eller specifika situationer, begränsas möjligheterna att omfördela arbetsuppgifter fritt mellan stationerna.

Vid samtal med både operatörer och tekniker framkom det att de föredrar att ha artiklarna kittade inför monteringen. En lösning som diskuterats med vår handledare är att placera en kittingvagn bakom AGV:n såsom hyttlinjen har på vissa delar i produktionen. Det är något som måste undersökas vidare om ett dörrflöde ska implementeras. Lösning skulle minska antalet steg i arbetsuppgiften, vilket i sin tur skulle kunna korta ner arbetsuppgifternas tid. Flera av dagens arbeten innehåller tidskrävande steg som skulle kunna försvinna med närmare och bättre materialförsörjning.

6.2 Betydelsen av balanseringsresultatet i AviX

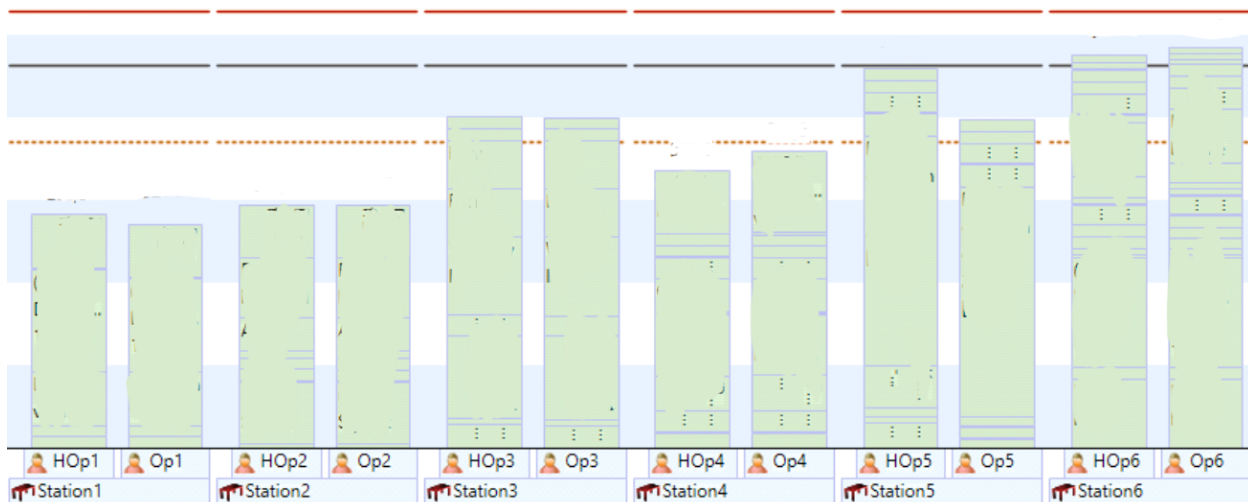
Balanseringsresultatet från AviX är en central del i detta arbete och visar hur arbetsmomenten på dörrlinjen kan fördelas för att möta Volvos krav på en taktid om X. Resultaten visar att linjen fungerar effektivt inom de definierade gränserna 80–114 %, trots variationer beroende på kundspecifika tillval.

Ett exempel på sådan variation uppstår vid tiltstationen (station 2), där montering av fönsterdekaler skapar en tillfällig överbalans. Eftersom dessa endast förekommer i cirka 5 % av hytterna, skapas ojämn belastning över tiden. Om Volvo vill behålla detta moment på tiltstationen krävs bufferten mellan station 2 och den taktade linjen för att hantera variationen. Ett alternativ är att flytta monteringen av fönsterdekaler till intaget, där dörrarna tas emot, vilket skulle ge en jämnare belastning i linjen.

Vissa stationer (framför allt station 1, 2, 4 och 7) uppvisar underbalans i vissa hyttvarianter. Detta beror dels på att vissa moment uteblir vid val av CMS-kameror istället för backspeglar, dels på att flera arbetsmoment är sekvens- eller stationsbundna. Trots detta ses underbalanseringen som en fördel av Volvo, då det skapar utrymme för framtida arbetsmoment att läggas till utan ombyggnad. Det skapar en flexibel lösning som kan anpassas över tid. Det öppnar upp dörrlinjen att bli mer flexibel till mer kommande arbeten.

Balanseringen visar att linjen klarar maxtakten X, men om produktionen ska arbeta i en lägre takt kan antalet stationer minskas. Med en takt Y kan en station tas bort och linjen balanseras om utan att arbetsbelastningen överskrider 114%. Det innebär att linjen då består av sex stationer istället för sju, vilket minskar bemanningen med två operatörer. Denna förändring kan möjliggöras eftersom dörrlinjen är uppbyggd med AGV:er och därmed har en flexibel layout.

Om backspeglar fortsatt monteras på hyttlinjen som idag och att fönsterdekaler hanteras vid intaget istället, visar balanseringsresultatet att belastningen fördelas jämnt även vid Y takt, se figur 9. Det bör dock beaktas att arbetsbelastningen per station ökar något vid borttagning av en station, vilket ökar arbetsmängden för varje operatör, däremot ges mer tid per station.



Figur 9: Snittbalansen för Y takt

Ett alternativt upplägg där parallellarbete undviks, t.ex. genom att ha en operatör per dörrpar istället för två operatörer, höger-vänster-uppdelning, skulle det kräva upp till 14 stationer. Detta bryter dock mot examensarbetets krav på ett kompakt flöde då det innebär ett betydligt större ytbehov men också en högre byggkostnad.

En ytterligare fördel med att flytta dörrarbetet från hyttlinjen till en separat dörrlinje är att det möjliggör tidigare testning av dörrarnas elektronik och styrenheter. I dagens upplägg sker dessa tester först på station 50–52, vilket innebär att dörren redan är dockad på hytten. Vid fel krävs att dörrrens artiklar demonteras. Genom att göra dörrrens prover tidigare i en dörrlinje kan fel upptäckas och justeras innan dörren monteras klart, vilket sparar både tid och resurser.

6.3 Jämförelse av dörrflödes placering

Båda de analyserade alternativen, yta A och yta B, har sina för- och nackdelar. Valet av placering för ett dörrflöde beror därför till stor del på vilka kompromisser Volvo är villiga att göra i andra delar av produktionen samt vad deras ekonomiska begränsningar skulle vara.

Yta A är placerad nära både intaget och station 46, vilket innebär korta transportsträckor för dörrarna. Den större fördelen är att den nuvarande bufferten för frontluckorna kan återanvändas för dörrparen. Eftersom två dörrar tillsammans har samma bredd som en frontlucka, kan bufferten

användas utan förändringar mer än en ny fixtur som håller dörrar istället för frontluckan. Denna lösning tar bort behovet av att investera i en ny buffert. Återanvändningen av bufferten kommer inte bara ge en buffert utan den täcker buffert ett, två och transporten där emellan. Utöver de praktiska fördelarna att inte behöva bygga en ny lösning innebär detta även en miljömässig vinst genom återbruket av den befintliga utrustningen.

Samtidigt innebär en placering på yta A att frontluckemonteringen behöver flyttas till yta B och kittningen på yta A som sker idag behöver hitta en ny placering. Ytan innehåller bärande pelare som inte kan tas bort, vilket begränsar layoutmöjligheterna. Linjen behöver göras bredare än nödvändigt på grund av att pelarna står placerade olämpligt, samtidigt kan den extra bredden utnyttjas till att placera gemensamma artiklar direkt längs linjen, vilket minskar behovet av att kitta dessa separat.

Dock får inte all kitting till dörrarna plats inom ytan. Det behöver dock inte ses som en nackdel. En separat kitting utanför linjen kan säkerställa att artiklar som är unika för varje dörrpar packas rätt redan innan monteringen och levereras till dörrlinjen på exempelvis en kittvagn. Det avlastar för monteringsoperatören som slipper hålla reda på vilka artiklar som hör till vilken dörr och minskar risken för stress eller fel under pressade taktider.

Yta B har däremot större yta och påverkar inte andra processer. Den större ytan ger en större frihet vid layoutplanering och möjlighet att ha kitting till dörrarna och dörrlinje intill varandra, materialflödet blir då effektivare och lättillgängligt. Den påverkar inga andra processer som yta A gör, arbetet på yta B som görs idag flyttas till ett annat område. Nackdelen med ytan är att dörrarna måste transporteras längre från intaget, vilket kräver att en ny körled måste planeras in i trucklogistiken och AGV:er måste investeras. Det krävs också att en helt ny buffert för dörrparen behöver konstrueras och köpas in. Det innebär större investeringar i både transportlösningar och buffertsystem. Samtidigt är lösningen mer framtidssäker då inga andra processer påverkas negativt av ett dörrflöde på denna yta och det finns utrymme att anpassa layouten efter förändringar i monteringen eller fabriken.

Kortfattat så innebär Yta A korta transportsträckor och möjliggör återbruk av befintlig buffert, vilket sparar kostnader. Nackdelen är att befintliga processer måste flyttas och layouten begränsas

av pelare. All kitting får inte plats, vilket påverkar logistiken men kan också minska operatörens arbetsbelastning.

Yta B kräver större investeringar i buffert och transportlösningar men påverkar inga befintliga processer. Den större ytan ger flexibel layout och effektivt materialflöde. Lösningen är mer flexibel för förändringar fram till en implementering.

6.4 Simuleringens trovärdighet

Simuleringen av dörrflödet i Siemens Plant Simulation ger en god bild av hur ett dörrflöde kan fungera i praktiken. Den är uppbyggd med verkliga data från dagens produktion, balanseringsresultat från AviX samt faktiska förutsättningar i fabriken, vilket stärker dess trovärdighet. Bland annat användes information om dagens haveridata och en uträknad bufferkapacitet.

Samtidigt finns vissa begränsningar som påverkar hur trovärdig simuleringen är för ett dörrflöde. Eftersom layouten och dörrlinjen ännu inte existerar, baseras flera delar av simuleringen på antaganden, exempelvis om vart den ligger i förhållande till hyttlinjen och att haveridatan ska stämma in när dörrmonteringen sker separat. Det är också svårt att förutse exakt hur monteringen av dörrar kan se ut i ett framtida dörrflöde. Artiklar och arbetsmoment kan förändras, vilket påverkar både monteringssekvens och antalet stationer.

Dessutom används förenklade objekt i simuleringen, till exempel valdes *Station*-objekt istället för att modellera AGV:ns rörelser genom alla stationer. Detta för att kunna simulera störningar och haverier, men innebär samtidigt att AGV:ernas verkliga beteende inte är simulerat.

Trots dessa begränsningar visar simuleringen att det föreslagna dörrflödet är robust nog att hantera värre störningar men ändå leverera rätt dörrar i rätt tid till hyttlinjen. Det stärker resultatet men om tiderna i haveri och störningar inte överensstämmer med vad ett verkligt dörrflöde får så behöver ny data användas i simuleringen.

6.5 Rekommendationer och vart fortsatt utveckling bör göras

Arbete och resultat är inte endast relevant för Volvo vid längre hytter. Resultatet kan också vara användbart vid förändringar i fabriken, till exempel om flera monteringsmoment skulle tillkomma. Ett separat dörrflöde skulle då kunna avlasta hyttlinjen, vilket skapar mer utrymme och flexibilitet i produktionen. En annan fördel är att elektricitet och styrenheterna i dörrarna kan testas tidigare, så att eventuella fel upptäcks innan dörren monteras klart och dockas på hytten igen. Det kan minska behovet av justeringar senare i processen där demontering skulle vara nödvändigt. En rekommendation är att Volvo ser över de lösningar som presenteras i denna rapport om liknande behov eller nya arbetsmoment skulle tillkomma i framtiden.

Rekommendationerna kring var ett dörrflöde bör placeras beror på vilket mål Volvo prioriterar vid implementeringen. Antingen en snabb, kostnadseffektiv och miljövänlig uppstart, eller ett mer kompakt materialflöde. Yta A möjliggör fortsatt användning av den befintliga buffertlösningen från frontluckemonteringen. Genom att återanvända befintlig utrustning undviks behovet av nya investeringar och byggnation, vilket sparar både tid och resurser. Återanvändningen gör även implementeringen både ekonomiskt och miljömässigt försvarbar. Flödet blir relativt kompakt, med undantag för att vissa delar av kittingen som inte får plats flyttas till ett lager. I övrigt kan många av dörrartiklarna placeras direkt på linjen för att utnyttja ytan. I detta arbete har yta A visualiserats i simuleringen, då den bedömdes vara mest relevant för en snabb och kostnadseffektiv implementering. Simuleringsresultaten gäller dock båda ytorna i övrigt, eftersom flödets logik är densamma oavsett placering, men den är anpassad för dagens övriga faktorer.

Yta B möjliggör för ett integrerat materialflöde, eftersom både dörrlinjen och dess tillhörande kitting kan placeras inom samma yta. Detta skapar goda förutsättningar för optimerad logistik mellan kitting och dörrlinje samt minskar transportbehovet. Ytan möjliggör även större flexibilitet i utformningen av buffertar. Exempelvis kan Volvo välja vart den större bufferten ska ligga eller om de vill göra två mellanstora buffertar på linjen, en före station 1 på linjen och en efter hela linjen, de vill säga förstora justeringsbufferten. Detta skulle öka systemets tolerans vid fel och minska tidspress vid justeringar.

Om Volvo vill implementera ett dörrflöde inom en snar framtid rekommenderas yta A, då den möjliggör en snabbare och mer kostnadseffektiv uppstart. Skulle implementationen däremot

skjutas upp flera år framåt, är yta B ett mer lämpligt alternativ, eftersom layouten är bättre anpassad för förändringar i fabriken och möjliggör ett mer integrerat materialflöde.

Volvo kommer att få tillgång till både de balanseringar och simulering som tagits fram för ett integrerat dörrflöde i dagens hyttlinje.

Balanseringen visar att alla monteringar som behövs göras för dörrarna kan balanseras på sju stationer och möta hyttlinjen i maxtakt. Volvo kan själva justera balanseringen i AviX för att lägga till eller ta bort arbetsmoment om detta implementeras. Balanseringen fungerar som ett verktyg för Volvo att se hur och i vilken monteringssekvens monteringen kan göras. Ett dörrflöde hade även gjort förändringar i den nuvarande hyttlinjens balans som får färre arbetsuppgifter att hantera.

Simuleringsprogrammet som skapades har flera användbara egenskaper. Den är byggd så att Volvo själva kan byta haveridata beroende på vad ett dörrflöde skulle generera för störningar vid implementering. All denna data går att räkna ut med Prodifly och kan enkelt läggas in i simuleringen som berättar vad resultatet blir. Den kan också ge möjligt att se vart flaskhalsar lägger sig i produktionen och på så sätt vet Volvo vart en förbättring måste ske. Antingen med ett nytt hjälpmedel eller balansera om stationen.

Det viktigaste för att få dessa programverktyg att fungera på ett trovärdigt sätt och att spegla verkligheten är genom att använda rätt data. Som vi nämnde i rapporten, garbage in garbage out. Resultaten blir inte bättre än den information som läggs in. Det här arbetet visar hur ett framtida dörrflöde kan se ut, men baseras på antaganden eftersom exakta tider och detaljer ännu inte finns.

Om Volvo väljer att gå vidare med en dörrlinje, rekommenderar vi att börja med en noggrann tidsstudie av de moment som ingår i dörrmonteringen. Även om liknande moment redan finns på hyttlinjen kan tidsåtgången variera när de flyttas till en separat linje, på grund av exempelvis ändrad kittning eller antalet steg för en arbetsuppgift. Att uppdatera balanseringen med dessa tider skulle ge en ännu mer realistisk bild. Vi valde därför att balansera med viss marginal, så att flödet inte riskerade att bli överbelastat och att det inte skulle krävas fler än sju stationer.

För ett smidigt införande av ett nytt dörrflöde rekommenderar vi också ett pilotprojekt. Det gör det möjligt att testa dörrflödet i praktiken och låter operatörerna vänja sig vid ett nytt arbetssätt. Volvo skulle även kunna lära sig av erfarenheterna från fabriken i Saint-Priest i Frankrike, där ett liknande dörrflöde med AGV:er redan används.

Litteraturförteckning och referenser:

- [1] Volvo AB, “This is Volvo”, [Online]. Available: <https://www.volvogroup.com/en/about-us/organization.html>. [Accessed: 26-Apr-2025].
- [2] Binar Solutions, “Vad betyder det att ‘takta produktion?’”, [Online]. Available: <https://www.binarsolutions.com/our-solutions/lean-production/takt/>. [Accessed: 6-May-2025].
- [3]1E. Williams, *How simulation gains acceptance as a manufacturing productivity improvement tool*. Michigan, 1997, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/259178744_How_Simulation_Gains_Acceptance_as_a_Manufacturing_Productivity_Improvement_Tool. [Accessed: 10-Jun-2025].
- [4] Siemens, “Digitalization in industry: Twins with potential”, [Online]. Available: <https://www.siemens.com/global/en/company/stories/industry/the-digital-twin.html>. [Accessed: 2-May-2025].
- [5] M. Amjath, L. Kerbache, J. M. Smith, and A. Elomri, “Optimisation of buffer allocations in manufacturing systems: A study on intra and outbound logistics systems using finite queueing networks,” *Applied Sciences*, vol. 13, no. 17, p. 9525, 2025.
- [6] J. Allen *et al.*, “Chapter 5: What is discrete event simulation, and why use it?,” in *Right cot, right place, right time: Improving the design and organisation of neonatal care networks – a computer simulation study*, Southampton: NIHR Journals Library, 2015, [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK293948/>. [Accessed: 10-Jun-2025].
- [7] S. Robinson, *Simulation: The practice of model development and use*. Chichester, Storbritannien: Wiley, 2004.
- [8] D. Robertson and S. Perera, “Automated data collection for simulation?,” *Simulation Practice and Theory*, vol. 9, no. 6–8, pp. 349–364, 2002, [Online]. Available:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0928486901000556>. [Accessed: 10-Jun-2025].

[9] AviX Suite, *Method and time study*, [Online]. Available: <https://www.avix.eu/avix-suite/time-study-software/>. [Accessed: 6-Jun-2025].

[10] AviX Suite, *Line balancing software*, [Online]. Available: [Line balancing software • Automatic balancing in manufacturing](#)[Accessed: 10-Jun-2025].

[11] J. Dovelius, *Att samla in och bearbeta data*, [Online]. Stockholm: Liber distribution, 2000. Available: [Spelar Att samla in och bearbeta data | Legimus webbspelare](#) [Accessed: 10-Jun-2025].

[12] Hash Management Services LLP, *5 important steps to calculate number of operators required for a cell*, 2023, [Online]. Available: <https://www.hashllp.com/steps-to-calculate-operators-required/> [Accessed: 10-Jun-2025].

[13] Siemens, *Plant Simulation Help – Getting Started*, [Online]. Available: https://docs.sw.siemens.com/en-US/doc/297028302/PL20230512872025076.PlantSimulation/Help_Start_Page. [Accessed: 10-Jun-2025].



CHALMERS