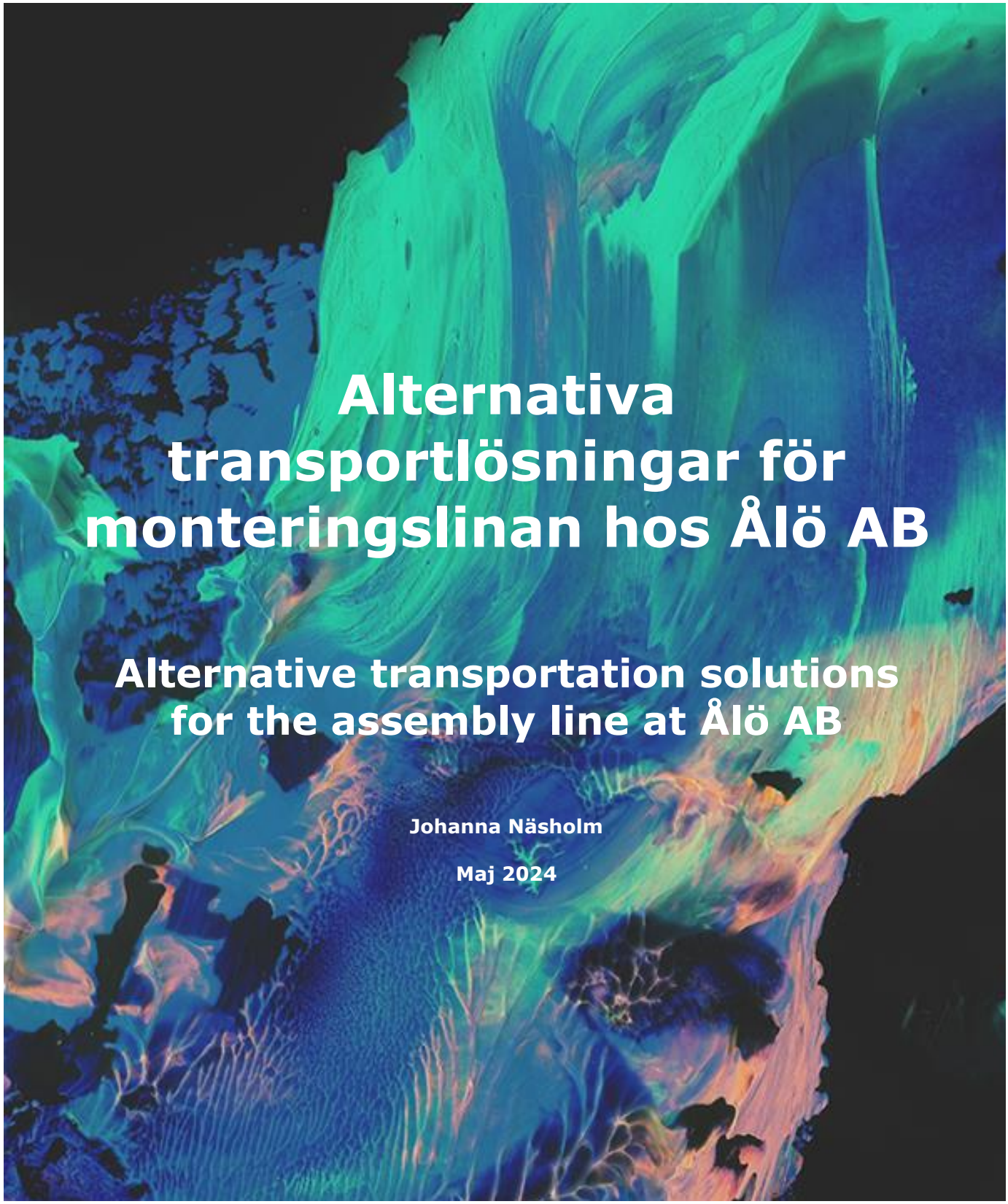
UMEÅ UNIVERSITET



Alternativa transportlösningar för monteringslinan hos Ålö AB

Alternative transportation solutions for the assembly line at Ålö AB

Johanna Näsholm

Maj 2024

Förord

Detta examensarbete har utförts på Umeå universitet som ett sista steg för att slutföra min utbildning som högskoleingenjör i maskinteknik. Arbetet har utförts på Ålö AB och har pågått i 10 veckor.

Jag vill rikta ett stort tack till Ålö för att jag fått möjligheten att vara där och vara en del av gänget. Jag vill också tacka min handledare Theo Fortuin för all hjälp och stöd som jag har fått under arbetets gång, alla produktionstekniker som har bidragit med kloka insikter, och Johan Örmin, teknikchef, som gav mig möjligheten att utföra projektet på Ålö.

Ett stort tack vill jag även rikta till Davood Khodadad, min handledare från universitetet, som har hjälpt mig med rapporten under arbetets gång.

Johanna Näsholm
Umeå, Maj 2024

Sammanfattning

Ålö AB är ett världsledande företag inom jordbruksredskap. De säljer och tillverkar frontlastare och redskapslösningar till traktorer. Transportlösningen som används på monteringen idag är gammal och måste bytas ut inom en snar framtid. Syftet med projektet var att genomföra en förundersökning som kan bidra med ökade kunskaper inför kommande beslut om implementering av ett nytt transportsystem. Genomförandet av undersökningen bygger på en litteraturstudie och observation av befintligt transportsystem. Även en marknadsundersökning över transportsystem har gjorts. Arbetet utgår från teorier som 5s och Toyota Production system. Fem olika transportlösningar, exempelvis monorail, drag chain conveyor och Automated Guided Vehicles, jämförs med varandra och diskuteras utifrån aspekter som tagits fram under genomförandet. Exempel på aspekterna är utbyggnadsmöjligheter, säkerhet och ergonomi. Aspekterna poängsattes på en skala 1–5. De två system som ansågs mest lämpade valdes ut för en vidare jämförelse. Projektet avgränsades till att endast behandla själva transportsystemet, inte layoutförslag eller logistik. Resultatet visar att ett Automated Guided Vehicle system är det mest optimala transportsystemet för monteringslinan. Fortsatt arbete med projektet borde inkludera en jämförelse av kostnaderna för de olika transportlösningarna. Samt en djupare analys av deras integrering med befintliga system.

Abstract

Ålö AB is a world-leading company in agricultural equipment. They sell and manufacture front loaders and implement solutions for tractors. The transport solution currently used in assembly is outdated and must be replaced in the near future.
The purpose of the project was to carry out a preliminary investigation to provide increased knowledge for future decisions regarding the implementation of a new transport system. The investigation was conducted through a literature review and observation of the existing transport system. Additionally, a market survey of the transport systems has also been performed. The study is based on theories such as 5s and the Toyota Production system (TPS). In this report, five different transport solutions such as monorail, drag chain conveyor, and Automated Guided Vehicles, are compared with each other based on various aspects identified during the implementation process. Examples of these aspects include expansion possibilities, safety, and ergonomics. Each transport system was evaluated and compared in a table, scored on a scale of 1-5 based on these aspects. The two systems that were considered most suitable were selected for further comparison. The project was limited to addressing only the transport system itself, excluding layout proposals or logistics. The result indicate that an Automated Guided Vehicle system is the most optimal transport solution for the assembly line. Further work on the project should include a cost comparison of the different transport solutions, as well as a deeper analysis of their integration with existing systems.

Beteckningar

AGV- Automated Guided Vehicle

AMR- Autonomous Mobile Robot

IoT- Fysiska enheter som ansluts till internet för att samla och dela data

CPS- System för fysiska och digitala komponenter Cyber-Physical Systems

TPS- Toyota Production System

AI- Artificiell intelligens

PLC- Programmable Logic Controller

LCD- Load carrying device

Innehållsförteckning

Förord i
Sammanfattning ii
Abstract iii
Beteckningar iv
1. Inledning 2
1.1 Företagspresentation 2
1.2 Bakgrund 2
1.3 Syfte 3
1.4 Övergripande mål 3
1.5 Avgränsningar 3
1.6 Samhällsenliga och etiska aspekter 4
1.7 Påverkan på de globala målen 4
2. Teori 6
2.1 Löpande band produktion 6
2.2 Industriell intern transport 6
2.3 Takttiden 10
2.4 Effektivitetsgrad 10
2.5 Toyota Production Systems 10
2.6 Andra viktiga metoder för effektivisering i tillverkningsindustrin 10
2.7 Industry 3.0 och 4.0 11
2.8 Ergonomi 12
3. Genomförande 13
3.1 Metodbeskrivning 13
3.2 Nulägesanalys 13
3.3 Krav 18
3.4 Urval av undersökta transportsystem 18
4. Resultat 20
4.1 Urval 1 20
4.2 Urval 2 23
5.Diskussion 25
5.1 Motivering av resultatet 25
5.2 Allmän diskussion 25
5.3 Avgränsningar och framtida undersökningar 26
5.4 Slutsats 27
Referenser 28

1. Inledning

Här presenteras företaget och projektet i sin helhet. Även en beskrivning av projektets etiska och samhälleliga aspekter, samt påverkan på de globala målen diskuteras.

1.1 Företagspresentation

Ålö AB är ett världsledande företag inom jordbruksredskap. De säljer och tillverkar frontlastare och redskapslösningar till traktorer. Ålö AB grundades år 1949 av entreprenören Karl-Ragnar Åström i Brännland, Umeå, med målet att effektivisera jordbruket. Detta ledde i sin tur till födelsen av varumärket Quicke, vilket var världens första körbara frontlastare [1].

Ålö AB har sin bas kvar i Brännland, men med åren har företaget växt globalt och har nu fabriker i Kina (Ningbo), USA (Greenville) och Frankrike (Matha). Den 31 januari 2020 köptes Ålö AB upp av JOST koncernen [2]. År 2022 hade Ålö AB en omsättning på 3 064 296 tkr och har ca 150 anställda i Umeå [3].

1.2 Bakgrund

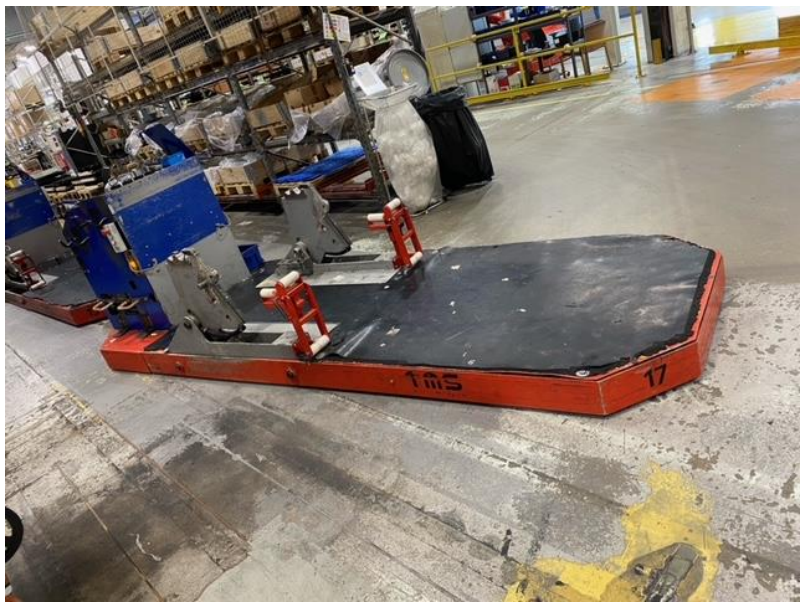
En frontlastare är en anordning monterad framtill på en traktor. På den monteras olika redskap för att underlätta olika typer av lastnings och hanteringsuppgifter.

På fabriken i Brännland tillverkas frontlastarna från hopsvetsning av ramen, till kvalitetstestning, innan de transporteras vidare till återförsäljarna. Fabriken arbetar med *make to stock* system, vilket innebär att varje frontlastare tillverkas efter kundens specifika önskemål. Slutprodukten kan därför variera.

Tillverkningsprocessen börjar med att de olika delarna till ramen plockas ihop och hängs upp på ett rack, som är en upphängningsanordning där de delar som ska svetsas ihop hängs upp. Racket med delarna matas in på svetslinjen där delarna sedan svetsas ihop med hjälp av helautomatiserade robotar. Den färdigsvetsade ramen fortsätter sedan vidare till måleriet, innan den kommer fram till monteringen. Under monteringsfasen monteras diverse komponenter, exempelvis slangar, cylindrar, hydraulsystem och fästen. Den sista delen av processen är slutprovningen. Där testas de olika funktionerna hos frontlastaren och säkerställer att det inte finns några läckage.

1.2.1 Monteringslinjen

Monteringen sker i dagsläget manuellt**.** Ramen de olika komponenterna monteras på, transporteras genom linjen med hjälp av *Automated Guided Vehicels* (*AGVs)*, vilket är ett mobilt transportsystem. De kommer att redogöras för i sektion 2.2.1 senare i rapporten. Figur 1 visar vagnarna som används i dagsläget. Monteringen sker stationsvis där komponenterna för de olika momenten finns att tillgå vid varje station. Varje lastare kan ha olika komponenter och varianter av en komponent. Montören har en plocklista, som visar aktuella komponenter för monteringen. Plocklistan är analog och består av A4 ark. I slutet av monteringslinan kontrolleras att alla komponenter är korrekt monterade, innan frontlastaren lyfts av AGVn och transporteras vidare till sluttestningen.



Figur 1. De nuvarande vagnarna på monteringslinan.

1.2.2 Problembeskrivning

I den nuvarande transportlösningen används AGVs som är 20 år gamla. Dessa börjar bli slitna och är så pass gamla att reservdelar inte längre finns att tillgå. När en AGV idag är i behov av en större reparation så kan den inte genomföras och AGVn måste skrotas. Därför måste situationen ses över och en undersökning av nya lösningar genomföras.

1.3 Syfte

Syftet med projektet är att genomföra en förundersökning som kan bidra med ökade kunskaper inför kommande beslut om implementering av ett nytt transportsystem.

1.4 Övergripande mål

Målet med projektet är att ta fram förslag på alternativa transportlösningar till monteringslinan. Förslagen kan sedan användas som underlag för vidare bearbetning, för att förbättra effektiviteten, minska kostnaderna och öka flexibiliteten i processen.

1.4.1 Delmål

- Identifiera problem och förbättringspotential i nuvarande monteringslina.
- Identifiera 5 alternativa transportlösningar.
- Besluta vilka 2 av de 5 alternativen som ska undersökas närmare.
- Besluta om det mest lämpade alternativet.

1.5 Avgränsningar

Projektet omfattar endast monteringslinan. Integrering mellan måleri och sluttestning kommer inte att undersökas närmare. Projekten kommer lägga störst vikt vid transporten av godset, andra aspekter som logistik kring lagerhållning och layout av monteringslinan kommer tas i beaktning men det kommer inte att vara den huvudsakliga uppgiften.

1.6 Samhällsenliga och etiska aspekter

I detta projekt är det ingen ny produkt som ska skapas. Utan det är en undersökning över befintliga produkter på marknaden som skulle kunna användas till att förbättra den nuvarande lösningen. För att kunna identifiera samhälleliga och etiska aspekter måste projektets påverkan på de som kommer arbeta nära monteringslinan undersökas, samt vart de komponenter som transportlösningen kommer bestå av, kommer ifrån.

Projektet är tänkt att eventuellt kunna generera minskad personalkostnad då vissa moment som nu utförs manuellt kan bli överflödiga. Att ha en stabil inkomst och säker anställning är för de flesta en stor trygghet. Om projektet skulle utmynna i att personal kan behövas sägas upp kan delar av personalen förlora denna trygghet. Ur ett etiskt perspektiv så kan man argumentera för allas rätt till arbete, men då företaget måste kunna uppdatera sina processer för att fortsatt vara konkurrenskraftiga så kan detta inte vara ett argument för att avbryta projektet. Dock är det viktigt att ta detta i beaktning.

Ett motargument till ovanstående kan vara att en effektivare monteringslina kan bidra till att förbättra arbetsförhållandena för montörerna. Eftersom slitsamma och monotona arbetsuppgifter kan automatiseras eller elimineras.

Själva utförandet i detta projekt kommer mestadels bestå av observation samt en marknadsundersökning som metod. Detta innebär att ingen inom organisationen eller utomstående kommer att direkt påverkas av projektet, då eventuella intervjuresultat kommer vara anonyma och ingen personlig information kommer avslöjas. Därför kan slutsatsen att det inte finns några negativa samhälleliga eller etiska aspekter kopplat till genomförandet dras.

1.7 Bidrag till de globala målen

Nedan presenteras hur projektet kan bidra till de globala målen. Projektet anses kan kopplas till mål 8 (anständiga arbetsvillkor och ekonomisk tillväxt) och 9 (hållbar industri, innovationer och infrastruktur) [4]. Det leder i sin tur till att 3 delmål från mål 8 och 9 har valts ut för en vidare motivering. Delmålen presenteras nedan, sedan motivering om hur projekten kan bidra till det delmålet.

UN SGD 9.4 - UPPGRADERA ALL INDUSTRI OCH INFRASTRUKTUR FÖR ÖKAD HÅLLBARHET

Motivering: Genom att uppgradera monteringslinan kan materialet och tekniken anpassas för att följa de krav som ställs på ökad hållbarhet. För att kunna anpassa detta projekt för att bidra mer till det globala delmålet kan exempelvis en leverantör som finns lokalt/inom landet gränser väljas för att minska långa transporter och på så sätt minska utsläppen för dessa.

UN SDG 8.8- SKYDDA ARBETSTAGARES RÄTTIGHETER OCH FRÄMJA TRYGG OCH SÄKER ARBETSMILJÖ FÖR ALLA

Motivering: En uppdaterad monteringslina kan eliminera många moment som kan orsaka fysiskt obehag för arbetstagaren i längden. Det kan också eliminera eventuella risker som kan uppstå vid monteringsmomentet, vilket främjar en trygg och säker arbetsmiljö.

UN SDG 8.2- FRÄMJA EKONOMISK PRODUKTIVITET GENOM DIVERSIFIERING, TEKNISK INNOVATION OCH UPPGRADERING

Motivering: Projektet skulle kunna utmynna i en teknisk uppgradering av monteringslinan som kan medföra en ökad ekonomisk produktivitet. Bland annat på grund av att en minskad mängd bemanning skulle behövas för att kunna utföra samma mängd arbete. Den tekniska uppgraderingen skulle även kunna leda till en effektivare process vilket då skulle kunna resultera i en ökad ekonomisk produktivitet.

2. Teori

I detta kapitel presenteras olika områden och teorier som kan vara till hjälp för att förstå kommande delar av rapporten.

2.1 Löpande band produktion

Löpandebandproduktion är en typ av tillverkningsprocess där material och komponenter monteras en efter en på en enhet. De olika momenten sker på ett sekventiellt sätt av en serie arbetare, som tillsammans skapar en färdig produkt. Produktionsmetoden har visat sig vara mycket effektiv jämfört med om samma mängd arbetare tillverkar hela produkten en i taget [5].

2.1.1 Make to stock

Make to stock inträffar när mer än en modell befinner sig på samma monteringslinje. Det vill säga att det är samma produkt som ska monteras men de finns variationer hos de olika komponenterna för de olika modellerna. De huvudsakliga uppgifterna för denna typ av monteringslinje är sekvensering och linjebalansering. Linjebalansering innebär att fördela arbetsmomenten på de olika monteringsstationerna så att varje operatörs arbetsbelastning över skiftet är så jämn som möjligt [5].

Ett logistiskt problem som uppkommer vid denna typ av produktionssystem är att en stor mängd unika komponenter som måste finnas tillhands vid monteringslinan, som dessutom endast ska användas för endast en modell. Detta kräver en noggrann planering av de olika monteringsmomenten för att kunna placera ut komponenterna logiskt utmed linjen.

2.2 Industriell intern transport

Industriell intern transport är viktigt i tillverkningsindustrin. För att sekventiellt flytta materiel mellan olika moment, eller delar av fabriken till exempel mellan fasta produktionslinor krävs en bra planering. Här presenteras två olika typer av interna transportsystem.

2.2.1 Mobila robotsystem

Mobila robotsystem innefattar här AGV (Autonomous Guided Vehicles) samt AMR (Autonomous Mobile Robot).

AGV är ett system som har funnits med sedan 1990 talet. En AGV är ett förarlöst fordon som utan mänsklig inblandning kan navigera inom en arbetsmiljö. AGV används ofta i automatiserade lagerlokaler, men också inom tillverkningsindustrin. Fordonet navigerar sig fram genom att följa en bestämd rutt, denna rutt kan vara fysisk och bestå av exempelvis kablar inbäddade i golvet med växelström. Med hjälp av antenner monterade längst ner på AGV upptäcks magnetiska fält inducerade av de inbäddade kablarna. Rutten kan också bestå av markeringar på golvet av tejp [6].

AGV kan även följa en virtuell rutt programmerad i fordonets mjukvara. För att fordonet ska kunna veta var den befinner sig finns det olika tekniker. Exempelvis så kan laser som sedan reflekteras mot reflexer användas. SLAM navigering, eller så kallad naturlig navigering, använder sig av scannrar som läser av omgivningen. Genom att jämföra den inskannade 2D bilden med en redan inprogrammerad karta kan AGV kalkylera sin position. AGV använder sig då av vissa permanenta delar av lokalen, som exempelvis väggar, för att kunna bestämma sin position. Den virtuella navigeringen är flexiblare än den som följer en fysisk rutt då det i princip bara är mjukvaran som måste justeras om

rutten eller omgivningen ändras. Fysiska navigeringssystem är mer exakta med sin position och är ett mer tillförlitligt system [7].

AMR är en påbyggnad av AGV systemet. Den stora skillnaden mellan dessa är att en AGV följer sin rutt, om ett hinder upptäcks, stannar den och rör sig inte så länge hindret finns kvar. Om en AMR hamnar i en liknande situation kan den kalkylera en ny rutt och navigera runt hindret innan den fortsätter mot sitt mål. En AMR navigerar genom att använda sig av kartor, antingen uppladdade till AMR eller producerad av AMR själv. Fordonet använder sig av kameror, sensorer, laserscannrar och intelligent mjukvara (AI) för att själv kunna kalkylera den kortaste rutten till dess mål [8].

En AMR kan användas i oförutsägbara och delvis okända miljöer vilket gör den väldig flexibel. Detta gör att de kan användas i en mängd olika sammanhang där miljön är föränderlig och där människor rör sig i hög grad. Exempel på användningsområden kan vara städrobot, plockning av varor i ett automatiserat lager och inom bilindustrin för att transportera material [9].

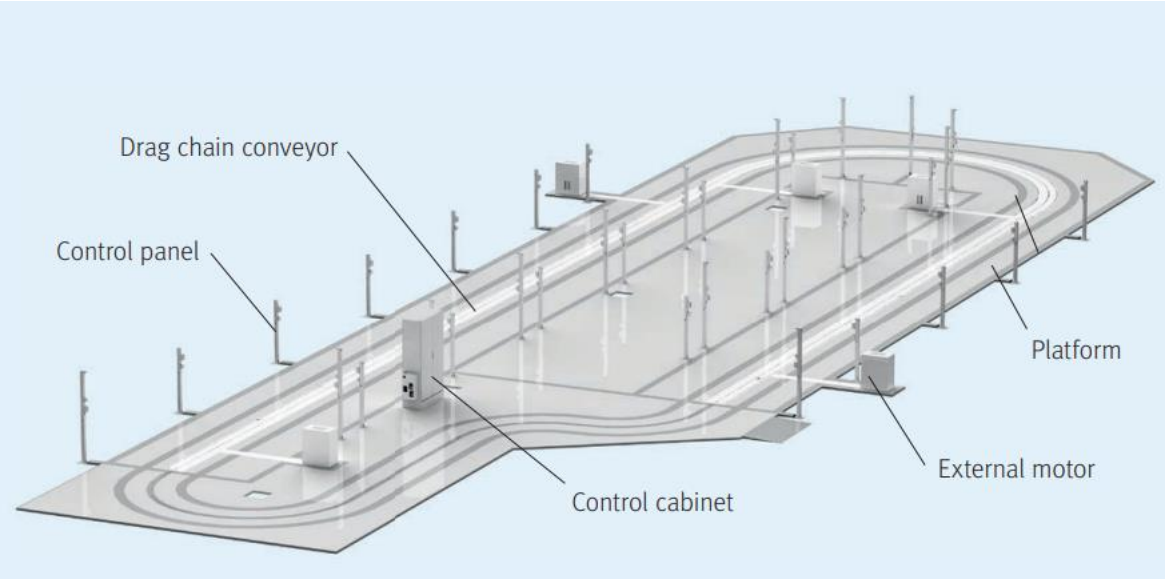
2.2.2 Conveyor system

Conveyor system är fasta enheter vars uppgift är att transportera material från en fast punkt till en annan. Conveyor systemen kan klassificeras i olika kategorier, till exempel transportering för bulkmaterial och enhetshantering. Med bulkmaterial menas material som inte är förpackat, exempelvis kol och spannmål. Enhetshantering innebär hantering av förpackat material, exempelvis pallar eller containrar. Conveyor system används oftast där arbetsflödet är relativt konstant [10].

Enhetshanterings system kan se ut på många olika sätt, nedan listas ett urval av de olika typer av conveyor system som finns på marknaden, och som är aktuella i denna rapport:

Drag Chain Conveyor

Nedan i figur 2 visas en typ av drag chain conveyor system. Här visas en layout på en lina med själva drivningen bestående av kedjor som drar hela systemet. Till detta används lastbärare i form av vagnar. Dessa drivs framåt av kedjan. I figur 3 visas en praktisk tillämpning av systemet. Båda bilderna visar system från företaget KNOLL Maschinenbau GmbH.

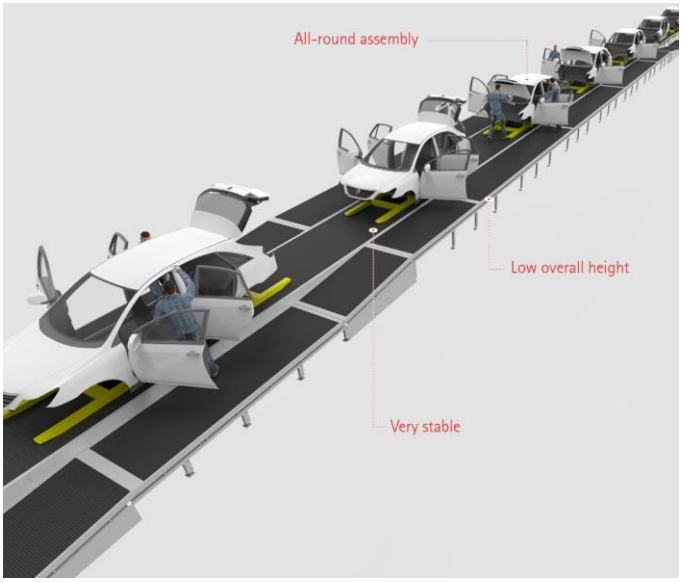


Figur 2. Ett Drag chain conveyorsystem från företaget KNOLL Maschinenbau GmbH [11].

Figur 3. Ett Drag chain conveyorsystem från företaget KNOLL Maschinenbau GmbH [11].

Belt conveyors

Denna typ av belt conveyor består av ett brett band som kan transportera både lastbärare och montörer. Monteringen sker på själva bandet. Nedan i figur 4 visas en variant av en belt conveyor lösning, produkten tillverkas av företaget MINDA. De beskrivningar som visas i figur 4 är företagets egna och beskriver de fördelar som företaget anser att lösningen har.



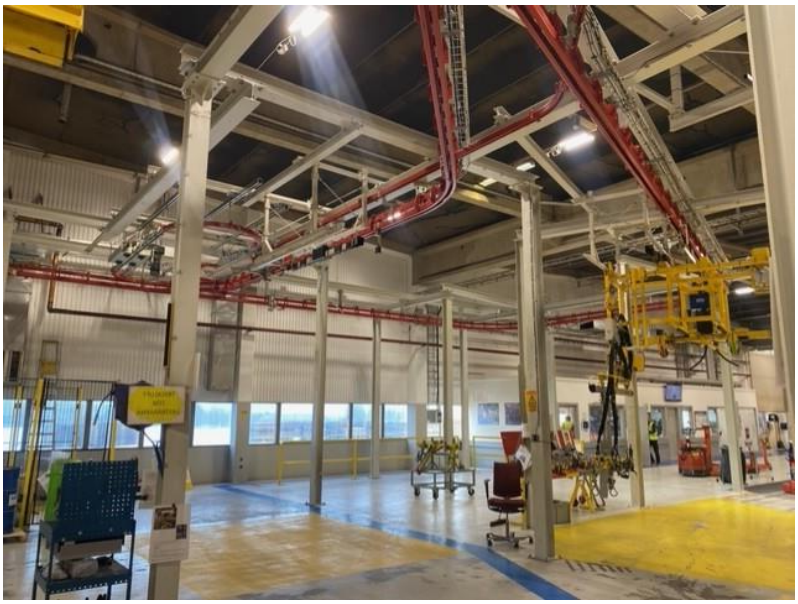
Figur 4. En variant av belt conveyor från företaget MINDA [12].

Monorail conveyors

Ett monorail system är ett rälsburet transportsystem där konstruktionen antingen är monterat i lokalens tak eller i en upphöjd stålkonstruktion. Under transporten rör sig individuellt drivna lastbärare oberoende av varandra. Systemet är markfri, vilket innebär att den tar minimalt med markyta [13].

Figur 5 och 6 visar exempel på ett monorail system från Ålös fabrik i Brännland. Systemet används för att transportera den färdiga frontlastaren från monteringen till sluttestnings-boxen.

Figur 5. Ett exempel på ett monorail system.



Figur 6. Exempel på ett monorail system.

2.3 Takttiden

Takttiden är ett sätt att beräkna vilken hastighet ett moment ska ha. För att räkna ut takttiden så divideras den tillgängliga tiden med det antal enheter som ska produceras för att tillfredsställa efterfrågan. Anledningen till att takttiden beräknas är att skapa en jämn produktion [14].

2.4 Effektivitetsgrad

Effektivitetsgraden, E,är ett mått på hur stor del av tiden en montör arbetar aktivt på en enhet. Den räknas ut med hjälp av ekvation (1), där c är cykeltiden och $\bar{c}$ är den genomsnittliga operatörstiden [5].

$$E = \bar{c}/c \tag{1}$$

2.5 Toyota Production Systems

The Toyota production system är baserat på filosofin om att eliminera slöseri för att uppnå maximal effektivitet. Systemet har sina rötter hos grundaren av Toyota Group och har sedan dess utvecklats till ett system som används världen över. TPS är även grunden för LEAN [15].

De 3 olika typerna av slöseri, muda, mura och muri presenteras nedan:

Muda (slöseri)- Muda innefattar allt som tar tid men inte adderar värde för kunden. Enligt Toyota Production Systems finns det 2 typer av muda. Typ 1 är aktiviteter i produktion som inte direkt är värdeskapande för kunden, men ändå är nödvändiga för att säkerställa kvalitén och säkerheten på produkten. Detta inkluderar exempelvis testning och inspektioner. Typ 2 inkluderar icke värdeskapande processer som inte ger kunden något typ av värde. Exempel på muda typ 2 är överflödig transport av produkten, överflödig transport av människor och maskiner, lagerföring av råmaterial, väntan, överproduktion, överbearbetning och defekter. Alla dessa så kallade mundor ska i så hög grad som möjligt försöka elimineras [16,17].

Mura (ojämnhet)- Mura innebär att eliminera ojämn belastning på processen. Exempelvis om en produkt rör sig mellan flera olika monteringsstationer och arbetsbelastningen är ojämn på dessa, så kommer slöseri att uppkomma i form av väntan. Mura är alltså orsaken till muda [16,17].

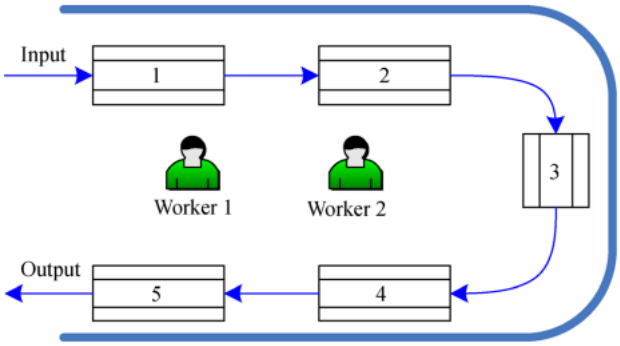
Muri (överbelastning)- Muri innefattar att arbeta utöver ens egna förmåga. Att arbetsbördan är orimlig och omöjlig. Muri kan inträffa när personal och maskiner utnyttjas till över 100% av kapaciteten. Det kan leda till att personal blir sjukskrivna och maskiner slits och går sönder i högre grad [16,17].

2.6 Andra viktiga metoder för effektivisering i tillverkningsindustrin

2.6.1 Seru produktion

Seru, japanska för cell, är ett japanskt produktionssystem kretsande kring människan. Ett serusystem, i likhet med TPS, bygger på att effektivisera montering och tillverkning för att kunna tillverka produkter av hög kvalitet för ett lågt pris.

Systemet använder sig av olika ”celler” där olika delar av monteringen utförs, antingen av en och samma montör eller flera. Till skillnad från en vanlig produktionslina, som oftast består av en rak linje, är seru systemet U-formad. Oftast används systemet i situationer där variationerna är stora och partierna av färdig produkt är relativt små [18]. Nedan i figur 7 visas en schematisk bild över hur ett seru system kan se ut.



Figur 7. Exempel på ett seru produktionssystem [18].

2.6.2 5s

5s är en användbar metod när det kommer till att minska slöserier på en arbetsplats. Även denna metod kommer från Toyota. [19]. De fem slöserierna och dess innebörd presenteras nedan.

Sortera (seiri) innebär att sortera bort onödiga verktyg och komponenter som inte behövs för att utföra arbetet. De onödiga verktygen och komponenterna tas bort för att få en mer organiserad arbetsplats och effektiviserat utrymme för att genomföra själva arbetet.

Systematisera (seiton) innebär att material och verktyg ska förvaras så att de lätt finns till hands på arbetsplatsen. Att skapa en standard för hur de förvaras effektiviserar processen då arbetare vet var saker och ting ligger.

Städa (seiso) betyder att skapa en ren arbetsplats fri från skräp, olja och smuts. En smutsig arbetsplats kan orsaka skada på maskiner och samtidigt leda till en osäker arbetsplats för arbetare.

Standardisera (seiketsu) menas med att skapa standarder för dagliga rutiner och se till att de 3 momenten som presenteras ovan följs.

Sköta om (shitsuke) innebär ständiga förbättringar av alla de tidigare elementen i 5s.

2.7 Industry 3.0 och 4.0

Den fjärde industriella revolutionen, som vi idag är mitt uppe i, har ett stort fokus på utvecklandet av smarta produkter och processer. Inom produktionsindustrin innebär detta digitalisering och integration av och mellan processer. Att utveckla smarta industrier där det finns en ständig kommunikation mellan alla delar av processen, exempelvis mellan conveyor system, maskiner och robotar, är något som genomsyrar industry 4.0. För att definiera industry 4.0 används ofta uttryck som Cyber-Physical Systems (CPS) och Interner of Things (IoT).
CPS gör hantering av sammanlänkade system möjligt. Till exempel möjliggörs integrering, styrning och koordinering mellan den fysiska och virtuella miljön samtidigt som data från processer och bearbetning tillhandahålles och används [20].

När CPS är uppkopplat till internet kallas det ofta för Iot. Det gör att hela produktionskedjan kan sammanlänkas. IoT kan beskrivas som internetanslutningen mellan fysiska objekt inom produktionen, människor, system och IT system. Tillsammans skapar sammanlänkningen en smart produktionsmiljö, kallad smart fabrik. Detta appliceras i exempelvis i robotsystem där robotarna kan kommunicera via internet. De skapar en virtuell tvilling, som fabrikens gemensamma nätverk sedan kan övervaka. Genombrottet med AI (artificiell intelligens) har även lett till att robotar kan lära sig själv och analysera sina misstag för att de inte ska ske igen.

Industry 3.0 startade ca år 1970 och innebar delvis automatisering inom industrin genom att använda programmerbara kontroller och datorer. Även robotar började användas under industry 3.0. Det var under den perioden som PLC: system började användas för att styra maskiner och processer [21].

Det är relevant att ha detta i åtanke under projektets gång, då industry 4.0 är i ett relativt tidigt skede kan det innebära att den tekniken inte har uppnått sin fulla potential ännu, och att tekniken kan vara dyrare att införskaffa. Detta är en aspekt som måste vägas in i projektet, det vill säga om den nya transportlösningen ska vara en del av det nya industry 4.0, eller tillhöra industry 3.0.

2.8 Ergonomi

Ergonomi handlar om den mänskliga faktorn och är bedömningen av arbetsförhållanden. Speciellt med avseende på fysiska och psykiska egenskaper hos mänskliga operatörer. Syftet är att skapa en arbetsmiljö som kombinerar säkerhet och produktivitet [22].

Idag är det främst i monteringslinorna ergonomin måsta tas i beaktning då det är här majoriteten av arbetet sker manuellt i produktionen. I detta fall är det viktigt att ha i åtanke under undersökningen att transportlösningen ska kunna tillfredsställa de ergonomiska krav som finns och att de inte ska försämra montörernas arbetsmiljö.

3. Genomförande

Avsnittet tar upp en beskrivning av hur tillvägagångssättet för projektet sett ut, vilka krav systemet bör uppfylla, samt en beskrivning av de aspekter som använts för att kunna jämföra de olika transportsystemen med varandra.

3.1 Metodbeskrivning

3.1.1 Observation

De första dagarna av projektet tillbringades på monteringslinan tillsammans med montörerna. Detta för att få en bild över hur monteringen fungerar i dagsläget, samt vad fungerar bra respektive dåligt. Här fastslogs även vissa krav det eventuella nya transportsystemet bör/ska kunna uppfylla. Även vissa viktiga aspekter togs fram för att kunna jämföra och diskutera kring de transportsystem som skulle undersökas.

3.1.2 Dialog med montörer och tekniker

En viktig källa för information och åsikter är från de som jobbar närmast monteringen. Därför så fördes en dialog med både montörer och tekniker för att få ta del av deras yrkeskunskap och erfarenhet. Något som var väldigt viktigt för att få en bredare bild av den nuvarande situationen var att montörerna skulle få uttrycka sina åsikter angående sin arbetssituation.

För att få ett bredare perspektiv på det nuvarande systemet fördes en dialog med en montör som arbetat på monteringen sedan 2017, samt en montör som endast arbetat på monteringen i ca 3 veckor. Anledningen till att dessa två montörer valdes ut var att de hade väldigt olika erfarenheter och därför kunde ge olika perspektiv på det nuvarande systemet.

3.1.3 Marknadsundersökning och litteraturstudier

För att få en bild över vad det finns för olika transportsystem på marknaden genomfördes en marknadsundersökning. Till hjälp tillhandahöll företaget broschyrer som från en mässa i Tyskland. Även en egen undersökning genomfördes genom att analysera de transportsystem som finns att tillgå på marknaden och jämföra dessa med de behov och krav som ställs på appliceringen av transportsystemen.

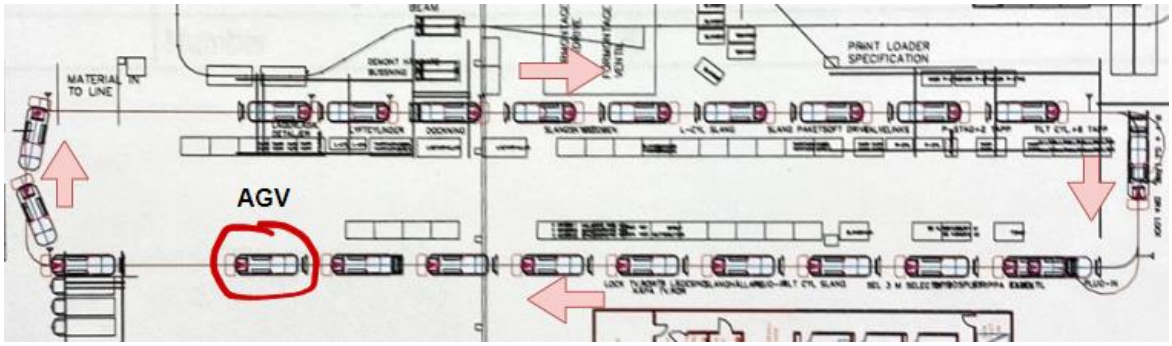
För att djupare kunna motivera förslagen gjordes även litteraturstudier på befintlig forskning inom området.

3.1.4 Analys

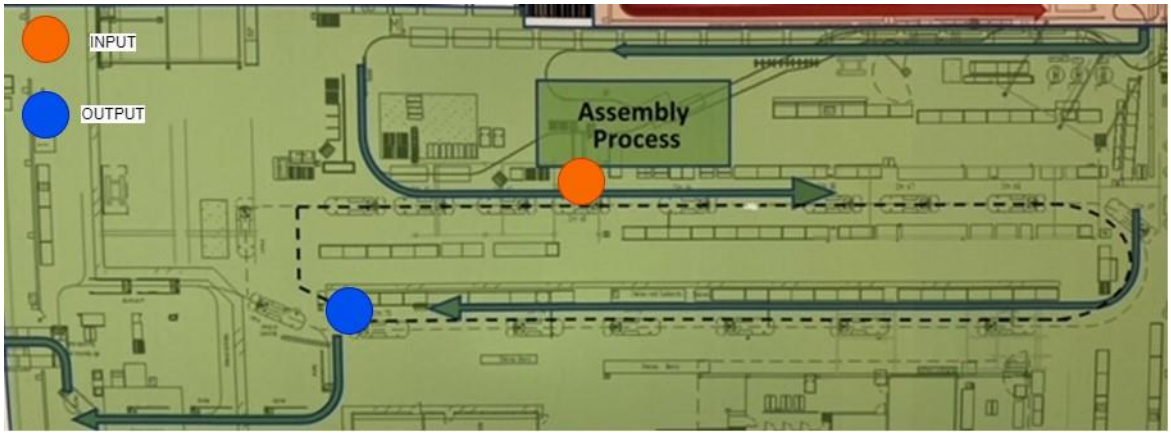
De valda transportsystem analyserades sedan och betygssattes utefter de aspekter och krav som fastslagits under observationsdelen av projektet.

3.2 Nulägesanalys

Monteringen sker enligt löpandebandprincipen där den 168 m långa linan har en u-formation. Linan består av 15 stationer där de komponenter som ska monteras finns att tillgå på respektive station. Nedan i figur 8 visas en skiss över monteringslinan från införandet av de nuvarande AGVerna. Här visas färdriktningen med pilar. Figur 9 visar var integreringen mellan måleriet och sluttestningen sker. Här är input (från måleri) och output (till sluttestning) utmärkt i bilden.



Figur 8. Layout för den nuvarande monteringslinan, färdriktningen är utmärkt med pilar.

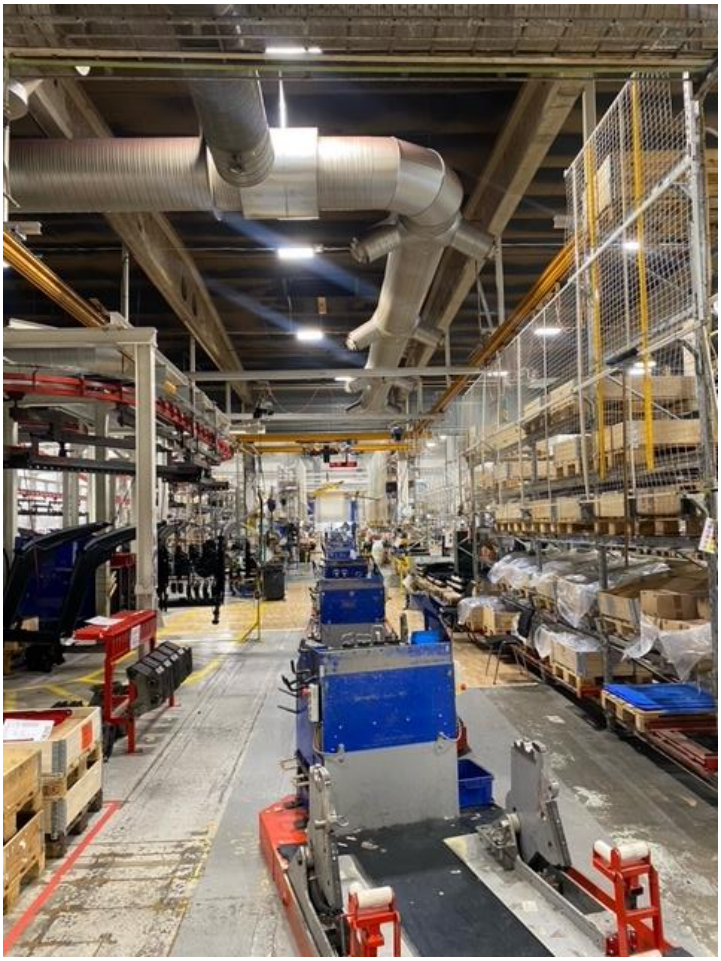


Figur 9. Schematisk bild över nuvarande monteringslinan med input och output utmärkt.

Transporten av produkten genom monteringen sker med hjälp av AGV (Automated guided vehicles). Rutten är satt med en kabel i marken som är kopplad till frekvensgenerator. Generatorn sänder en signal AGV kan känna av. Om frekvensen ändras, till exempel om exempelvis fordonet spårar ur eller någon trycker på stopp, känner AGV av det och stoppar systemet. Vid varje station finns en magnet som indikerar stopp för AGV.

AGVerna är tillverkade av företaget TMS Automotion GmbH. De väger 1200 kg och kan ta laster upp till 1200 kg. Vagnarnas strömkälla består av 2 seriekopplade 12 voltbatterier.

Nuvarande AGV lösning implementerades år 2004, vilket innebär att de inte har en inbyggd dator eller intern "intelligens". De kommunicerar heller inte med varandra eller övriga mjukvarusystem och saknar ett digitalt gränssnitt



Figur 10. Tomma AGVs på väg till första stationen.

Hela monteringsprocessen utförs av en och samma montör som följer med AGV genom hela monteringslinan. Då vissa moment kan vara fysiskt utmanande eller komplexa i sin natur så finns det ytterligare en montör som bistår med arbete under 5 moment. Montören har 4 minuter på sig att utföra varje moment, sedan börjar AGVn röra sig mot nästa station, förutsatt att inte en fysisk stoppknapp har tryckts in. Skulle en av montörerna trycka på stoppknappen stannar även resterande AGV.

Varje komponent har ett unikt produktnummer. För att montören ska veta vilken komponent som ska användas på produkten så finns ett monteringsblad att tillgå. Bladet är i pappersformat och finns fastsatt på varje AGV.

Beroende på hur bemanningen ser ut så används inte alla vagnar som befinner sig på linan. Vagnar utan last cirkulerar kvar på linan.

Idag så finns det ingen typ att spårning på varje frontlastare på monteringen. Det gör att det är svårt att följa upp en frontlastare genom hela produktionen.

Ställningen till frontlastaren monteras fast på AGV med hjälp av en LCD (Load-carrying device). Dess position på AGV visas i figur 11. Funktionen fungerar som fäste, men kan dessutom fungera som lyft för att reglera arbetshöjden. På så sätt kan montörerna få en mer ergonomisk arbetssituation.

Figur 11. Fästanordningen för frontlastaren, höjden kan justeras utefter behov.

Produktionen på monteringen sker med produktionssystemet *seru*. Idag lämnar ca 70 färdiga frontlastare monteringslinan per dag.

På fabriken i Brännland är det i huvudsak två olika typer av frontlastare som tillverkas, Q-serien och X-serien. De är i sin tur uppdelade i olika modeller. Q-serien kan tillverkas i 11 varianter och X-serien kan tillverkas i 5 olika varianter. Q-serien är en större produkt med fler unika delar som ska monteras fast jämfört med X-serien som har en simplare design. Takttiden för Q-serien är därför längre än den för X-serien. Då dessa monteras på samma lina så blir det därför viss inaktiv tid för de montörer som för tillfället arbetar på en frontlastare i X-serien. Figur 12 visar en modell av x- serien och figur 13 visar en modell av Q-serien.

Figur 12. Frontlastare av märket Quicke, x-serien [23].

Figur 13. Frontlastare från märket Quicke, Q-serien [24].

3.3 Krav

På grund av frontlastarens geometri och komplexitet så bör transportsystemet erbjuda något typ av fäste. Det skall vara robust nog för att klara momentet som det kommer utsättas för. Moment beskrivs enligt kurslitteraturen *Mechanics of Material* fysikalisk genom ekvation (2). Där M är momentet, F är den vinkelräta kraften och l är hävarmen, alltså avståndet mellan rotationsaxeln och den punkt där kraften appliceras. De största modellerna väger ca 1000 kg och är över 2 m lång. Detta innebär att momentet som fästet utsätts för kommer att vara stort. Då montören kommer arbeta i lastarens direkta närhet är det dessutom viktigt att kunna garantera att fästet håller och att lasten inte riskerar att falla ner.

$$M = F \times l \tag{2}$$

Monteringsprocessen sker med en Make to Stock metod vilket innebär att det är flera modeller som tillverkas på samma lina. Detta leder till att mängden unika komponenter som finns längs linan är stort och att det är väldigt viktigt att det finns möjlighet att sköta logistiken med lagerpåfyllnad med truck. Transportsystemet får därför inte låsa för stora ytor eftersom det kan förhindra både trucktrafik och åtkomst för människor. Den stora mängden komponenter bidrar även att det ej går att ha alla komponenter på båda sidorna av linan.

Monteringsprocessen sker över hela frontlastaren vilket innebär att det kan vara nivåskillnader på de olika arbetsmomenten. Därför är det viktigt att det finns möjlighet att höja och sänka arbetshöjden. Speciellt viktigt är detta då montörerna har olika längd och olika förutsättningar. För att skapa en så ergonomiskt hållbar arbetssituation som möjligt ska ej montörerna behöva arbeta med armarna för högt uppe, och de bör inte heller behöva böja sig onödigt mycket.

För att slippa ökad bemanning bör transportlösningen ge utrymme att arbeta på båda sidorna av lastaren, men även mellan armarna på frontlastaren för att kunna montera fast slangarna till redskapsfästet. Detta för att endast en montör ska behöva arbeta på lastaren på majoriteten av stationerna.

Vissa moment innefattar lyft av tunga objekt. I samband med de tungalyften används lyftverktyg i form av traverssystem. Traverssystemet ska säkerställa så att objekten kan flyttas säkert från lagerstationen vid sidan av linan till lastaren. Transportsystemet bör tillåta en säker åtkomst med dessa lyftverktyg och inte försvåra användningen av dessa, främst då det är viktigt att momenten utförs korrekt för att undvika olyckor om det stressas igenom.

Transportsystemet bör erbjuda viss flexibilitet för att kunna anpassa produktionen efter bemanning och produktionsläge.

3.4 Urval av undersökta transportsystem

På dagens marknad finns ett enormt antal olika transportsystem att tillgå. För att skala ner jämförelsen har visst urval skett i ett tidigt skede. De system som valts bort redan i ett tidigt skede av undersökningen är upphöjda conveyor system, då dessa bland annat förhindrar enskilda montörer att röra sig fritt på båda sidorna av frontlastaren. Systemet gör det också omöjligt för montör att på ett säkert och ergonomiskt sätt montera slangarna på redaskapsfästet. Med detta system försvåras även lagerhållningen av material då alla komponenter till varje modell måste finnas på båda sidorna av linan. Figur 24 visar hur ett sådant conveyor system kan se ut. Även situationer där frontlastaren måste lyftas ner eller temporärt fästas på ett temporärt fäste under monteringen har uteslutits då detta medför en ökad takttid, vilket ej är önskvärt.

Figur 14. Exempel på conveyor system som uteslutits i ett tidigt skede [25].

Under detta projekt undersöktes främst 5 olika system. Dessa jämfördes utifrån följande aspekter:

- **Säkerhet och ergonomi-** innefattar allt som har att göra med montörernas säkerhet och arbetssituation samt lyfthjälpmedel.
- **Sårbarhet för hela systemet**- innefattar hur mycket ett haveri av en enskild del av systemet påverkar produktionen.
- **Layout**- Hur utformningen av linan bör se ut för att inte låsa för mycket yta.
- **Utbyggnadsmöjligheter**- innefattar möjligheterna för att bygga ut systemet utan att det ska bli en för stor och kostsam ombyggnation.
- **Kapacitet och flexibilitet**- hur mycket systemet kan anpassas efter den aktuella kapacitetsgraden och eventuella förändringar på linan.
- **Ombyggnation av lokal**- hur mycket lokalen behöver anpassas för systemet.
- **Produktionsflöde**- hur effektiv själva transporten blir med systemet, exempelvis hastighet.

I denna situation är det svårt att jämföra den ungefärliga kostnader utan att ha en offert från en leverantör. Därför så kommer den ekonomiska aspekten inte jämföras i själva tabellen utan ligga med i diskussionen om vad som kan komma att påverka implementeringen av systemet. Det är med andra ord en grov estimering av kostnaderna som kan uppkomma.

Aspekterna ovan är ett resultat av den observation av nuvarande transportlösningen och monteringslinan som gjorts. Samt av diskussionerna som förts med tekniker och montörerna. Sedan har också dokument från projektet under år 2004, där företaget införde den nuvarande systemet, analyserats och aspekter som användes för att jämföra system då används också i denna jämförelse.

4. Resultat

I detta avsnitt redovisas de jämförelser som har gjorts under projektets gång. I första urvalet presenteras 5 olika system, i urval 2 presenteras de 2 mest lämpade systemen utav de 5. Sedan presenteras det slutgiltiga resultatet

4.1 Urval 1

4.1.1 Drag Chain Conveyor

Säkerhet och ergonomi- Drag Chain Conveyor systemet drivs av kedjor, vilket innebär att ingen av vagnarna har en egen energiförsörjning. Eftersom varje vagn saknar energiförsörjning kan det vara svårt att implementera ett hydrauliskt system som kan ändra arbetshöjden för montörerna. Det kan också medföra att det blir svårt att montera sensorer på vagnarna som kan känna av ifall någon person kommer i dess väg och då automatiskt stanna. Vilket är viktigt då montörerna rör sig mycket runt vagnen. För att kunna uppfylla de säkerhetskrav som ställs så måste då hastigheten på systemet sänkas markant.

Sårbarhet för hela systemet- Om ett haveri av en enskild vagn inträffar så är det möjligt att lyfta av vagnen och sedan fortsätta produktionen. Om däremot ett haveri på kedjan eller drivsystemet inträffar så leder detta till ett stopp av produktionen för samtliga vagnar.

Layout- Då drivsystemet (kedjan) kan byggas i själva golvet så kan detta system byggas i en cirkulär form utan att trafiken för truckar förhindras.

Utbyggnadsmöjligheter- Detta kräver en större insats för att bygga ut systemet, främst då kedjan behöver byggas in i golvet, vilket kan ta tid och kan vara kostsamt.

Kapacitet och flexibilitet- Här kan antalet vagnar som befinner sig på linan anpassas på ett smidigt sätt. En eventuell ändrad rutt kan leda till stora ombyggnationer och kostnader.

Ombyggnation av lokal- Denna transportlösning kräver en viss ombyggnation då kedjan måste byggas in i golvet. Alternativt monteras på en plattform, vilket då leder till att stora ytor låses.

Produktionsflöde- Hastigheten på linan måste vara så pass låg med detta system att monteringstiden kommer att öka.

4.1.2 Belt Convayor

Conveyor systemet är ett brett band som ligger monterar i eller på golvet. Bandet rör sig kontinuerligt i låg hastighet och montören står och monterar direkt på bandet.

Säkerhet och ergonomi- Eftersom montören rör sig i samma hastighet som bandet finns det ingen risk för montören att bli påkörd. Problematiken i detta fall är hur lyfthjälpmedel ska kunna implementeras för att säkerställa att de tunga lyften kan genomföras på ett säkert sätt utan att de riskerar att inte hänga med i den hasighet som bandet kör. Denna lösning kan orsaka en ökad stress på montörerna då det inte står helt still under monteringen och måste hinna med både att hämta material och montera komponenterna.

Sårbarhet för hela systemet- Systemet består endast av ett enda band vilket gör det sårbart för eventuella driftstopp på grund av exempelvis underhåll osv.

Layout- På grund av systemets bandbredd är det svårt att skapa kurvor i linan. Detta kan leda till att två separata system måste implementeras, ett för själva monteringen och ett för att transportera tillbaka slädarna. Den sträckan som släden måste färdas för att komma tillbaka till startpunkten skulle i sådana fall anses som en del av processen där inget värde tillförs, alltså slöseri.

Utbyggnadsmöjligheter- Kräver stora och kostsamma ombyggnationer för att bygga ut systemet.

Kapacitet och flexibilitet- Antalet slädar på linan kan anpassas utifrån hur bemanningen för tillfället ser ut. Linan kan ej anpassas om det finns behov av de.

Ombyggnation av lokal- Kräver stora ombyggnationer. Antingen så måste bandet monteras på en platå eller så måste det byggas in i golvet.

Produktionsflöde- Stabilt flöde då monteringen sker under kontinuerlig rörelse.

4.1.3 Monorail system

Säkerhet och ergonomi- Då montören måste kunna röra sig mellan armarna och därmed under själva fixturen så sätts väldigt höga krav på hur lasten är upphöjd. Även Arbetsmiljöverket rekommenderar att arbete under hängande last bör undvikas i så stor utsträckning som möjligt.

Vid montering av slangar används mycket handkraft horisontellt åt ett håll, detta kan skapa svängningar på den upphängda frontlastaren, vilket kan utgöra risker då komponenter ej är helt fastmonterade. Man måste även kunna garantera att varje moment är slutfört innan lastarna fortsätter till nästa station.

Ökad lyfthöjd kan komplicera vissa tunga lyftmoment på grund av den utökade vertikala räckvidden, detta kan därmed leda till ökad risk för instabilitet eller svårigheter att manövrera materialet som ska lyftas. Exempel på detta är när cylindrarna monteras fast på station 62. Här vilar ena änden av cylindern på AGV platå medan den andra änden monteras fast, innan cylindern viks upp. Ett annat moment som kan vara problematiskt är när slangarna till hydraulpaketet ska skruvas fast. I detta moment skulle då montören befinna sig under själva fixturen, vilket är riskfyllt.

Sårbarhet för hela systemet- Vid haveri av en av lastbärarna så kan denne lyftas av och produktionen kan fortsätta.

Layout- Då ingen golvyta används så frigörs plats för truckar, vilket möjliggör att en cirkulär lina skulle kunna implementeras. Denna typ av lösning kräver en stor stålstruktur (själva banan) då det ska kunna transportera tung utrustning. I detta fall finns det ingen möjlighet att montera banan i lokalens tak då takhöjden är för hög.

Utbyggnadsmöjligheter- Kräver stora ombyggnationer om systemet ska kunna byggas ut.

Kapacitet och flexibilitet- Kan behålla samma bemanningsstyrka som innan, men det är samma problem med lastarna som i dagsläget. Alltså att antalet lastbärare inte kan anpassas efter aktuell bemanning.

Ombyggnation av lokal- Kräver en stor ombyggnation av lokalen vid implementering då det är ett stort och robust system som ska kunna klara av stora vikter.

Produktionsflöde- Måste kunna säkerställa att allt är färdigmonterat innan de fortsätter till nästa station för att inte riskera att montören står framför frontlastaren eller

under lastbäraren. I dagsläget tar en del moment mer tid än andra och det kan vid vissa tillfällen ta längre tid än de 4 minuter som är utsatt för arbetet på varje station. En konsekvens skulle då bli att monteringstiden behöver ökas för att inte utsätta montörerna för stress i arbetet.

4.1.4 Automated Guided Vehicel

Detta system är lik dagens transportlösning, men skillnaden är att moderna AGV har andra funktioner och andra typer av navigationssystem.

Säkerhet och ergonomi- Alla AGV på marknaden idag har sensorer som indikerar om någon rör sig framför fordonet, vilket gör dem mycket säkra. Då varje AGV har en egen energiförsörjning i form av batteri så kan denna energi också användas till att driva hydrauliska lyft system för att kunna ändra arbetshöjden. Dessutom kan de befintliga lyfthjälpmedel användas med denna typ av lösning.

Sårbarhet för hela systemet- Detta system har inget gemensamt drivsystem, vilket leder till att om en AGV havererar eller är i behov av underhåll så kan denne lyftas av linan medan resterande AGV kan köra vidare. Vilket minskar risken för stopp i produktionen.

Layout- De navigationssystem som finns att tillgå påverkar ej omgivningen i någon större grad vilket leder till att monteringslinan kan ha en cirkulär form utan att låsa golvyta.

Utbyggnadsmöjligheter- Att bygga ut ett AGV system är förhållandevis mycket lätt, men det beror dock på vilket navigationssystem som används. Om exempelvis Magnettejp används för att bestämma rutten så måste ny tejp läggas ut på den nya rutten. Om naturlig navigering används så är det endast mjukvaran som behöver justeras. Oavsett vilken typ av navigation som används så är det både mindre tidskrävande och billigare att ändra rutten för ett AGV system jämfört med conveyor system.

Kapacitet och flexibilitet- I detta system finns det större möjligheter att anpassa antalet vagnar på linan utefter den bemanning som finns att tillgå. Det finns även stora möjligheter att ändra rutten vid behov.

Ombyggnation av lokal- Om så önskas kan monteringslinan ha sin befintliga utformning utan att behöva göra någon typ av ombyggnation.

Produktionsflöde- De flesta AGVer kan ha en anpassad hastighet för kurvor och raksträckor mellan stationerna.

3.1.5 Autonomous Mobile Robot

Denna transportlösning har mycket gemensamt med AGV systemet som nämnts innan. Därför hänvisas vissa punkter till avsnittet om AGV.

Säkerhet och ergonomi- Samma som AGV. Men AMRs navigationssystem har en högre nivå av teknologi, exempelvis AI, och har en större mängd sensorer runt hela vagnen för att kunna läsa av sin omgivning, kan ett AMR system anses vara ännu säkrare.

Sårbarhet för hela systemet- Samma som AGV.

Layout-Samma som AGV.

Utbyggnadsmöjligheter- Då det enda är mjukvaran som behöver uppdateras i detta system för att redigera rutten så är utbyggnadsmöjligheterna stora.

Kapacitet och flexibilitet- Kapaciteten är densamma som för AGV då antalet lastbärare kan anpassas utefter bemannings och produktionsläget. Men det som utmärker ett AMR system är dess flexibilitet eftersom de inte är begränsade till sin bestämda rutt.

Ombyggnation av lokal- Samma som AGV.

Produktionsflöde- Ett AMR system påverkas inte i samma grad om det exempelvis skulle vara ett tillfälligt stopp på linan eftersom den bakomvarande vagnen kan navigera runt den som har fått ett kortare stopp. Det kan i sin tur minska risken för oproduktiv tid på grund av stillastående vagnar.

4.2 Urval 2

Tabell 1 som presenteras nedan visar en jämförelse av de 5 transportsystemen. Varje aspekt som jämförts diskuteras ovan under rubriken urval 1.

Varje aspekt gavs ett värde, vilket redovisas under rubriken **vikt**. Värdet visar på en skala 1-5 i vilken grad aspekten bör uppfyllas. Exempelvis så är säkerheten för montören en mycket viktig aspekt för företaget, därför får den aspekten en 5a. Varje transportsystem har även ett värde för varje aspekt. Det ska visa i vilken grad som varje system uppfyller de krav som ställts. Värdet ska också skapa möjligheten att göra en jämförelse mellan alternativen för att få en klarare bild över vilka system som ska undersökas närmare. Även här används en skala på 1-5, där 5 är högt, och 1 är lågt. Värdet för varje aspekt och system multipliceras sedan med vikten för aspekten. Produkten för varje aspekt presenteras under rubriken **Total.** Alla värden för respektive system summeras sedan och presenteras som summa. De 2 systemen med högst värde för summa anses vara de mest lämpade.

Tabell 1. Jämförelse av transportsystemen

		Belt conveyor		**Drag Chain conveyor**		**Monorail**		**AGV**		**AMR**	
	Vikt	Värde	Total	Värde	Total	Värde	Total	Värde	Total	Värde	Total
Layout	4	1	4	3	12	3	12	5	20	5	20
Produktionsflöde	4	3	12	3	12	4	16	5	20	5	20
Utbyggnadsmöjligheter	3	2	6	3	9	3	9	4	12	5	15
Personsäkerhet	5	3	15	4	20	3	15	5	25	5	25
Arbetsmiljö (ergonomi)	5	2	10	4	20	4	20	5	25	5	25
Kapacitet	4	4	16	2	8	3	12	4	16	5	20
Sårbarhet för hela systemet	3	2	6	3	9	4	12	5	15	5	15
Summa			69		90		96		133		140

Utifrån tabell 1 så kan slutsatsen dras att AGV och AMR systemen är de två system som väljs ut för en vidare undersökning.

4.2.1 Automated Guided Vehicel och Autonomous Mobile Robot

För att kunna jämföra dessa olika lösningar bör framför allt behovet som finns för monteringslinan analyseras och vilka funktioner på transportsystemet som krävs. I denna jämförelse vägs också följande aspekter in för att jämföra AGV och AMR system:

Nivå av flexibilitet- Hur mycket systemet kan/bör kunna ändra rutt med relativt små medel.

Konstant eller dynamiskt flöde- Om flödet är konstant är det samma mängd produkter som rör sig i samma hastighet under en viss tid. I ett dynamiskt flöde kan mängden produkter och hastigheten variera.

Behov av att kunna undvika hinder genom att kalkylera ny rutt- I hur stor grad kan systemet undvika eventuella hinder, och hur stort är behovet av att kunna göra detta.

Nivå av teknologi- Vilken nivå av teknologi har de olika systemen och vilken nivå är tillräcklig för att kunna uppfylla de behov som finns. Finns det exempelvis behov av att använda AI i systemet?

I tabell 2 visas på vilken nivå de två systemen uppfyller de olika aspekterna.
Det önskade värdet för systemet är i vilken grad aspekterna bör uppfyllas för att täcka de behov som finns för monteringslinan.

Tabell 2. Jämförelse mellan AGV och AMR system utifrån aspekter nämnt ovan.

Kriterier	**Poängskala 1-5**	**Värde AGV**	**Värde AMR**	**Önskat värde för systemet**
Nivå av flexibilitet	Låg=1, Hög=5	3	5	4
Konstant eller dynamiskt flöde	Konstant=1, Dynamiskt=5	2	5	2
Behov av att kunna undvika hinder genom att kalkylera ny rutt	Inget behov=1, Stort behov=5	1	5	2
Nivå av teknologi	Låg=1, Hög=5	3	5	3
TOTAL		9	20	11

Utifrån tabell 2 kan slutsatsen att ett AGV system är den mest optimala lösningen för ett nytt transportsystem. Då differensen mellan värdet för AGV och det önskade värdet är lägre än den för AMR och det önskade värdet.

5. Diskussion och slutsats

5.1 Motivering av resultatet

Utifrån tabell 2 i resultatdelen av rapporten har AGV ett värde som är närmast det önskade värdet för systemet, vilket innebär att ett AGV system är bättre lämpad som transportsystem för monteringslinan.

En monteringslina har i de flesta fall ett relativt konstant flöde och rutt. Samt består av ett relativt förutsägbart område där förändringar sällan sker. Det innebär att systemet bör vara förutsägbart och endast följa den rutt som redan är förutbestämd. Det kan finnas ett visst behov av att kunna anpassa och ändra rutten, men det är inget som i sådana fall ändras från dag till dag. Utifrån detta anses ett AMR system, som bland annat använder sig av en mer avancerad teknologi, exempelvis AI, för att kunna kalkylera sin rutt, vara överflödig då dess funktioner inte kommer att utnyttjas till fullo. Då ett AMR system är jämförelsevis dyrare än ett AGV system (främst på grund av den mer avancerade teknologin) så kan inte valet att gå vidare med ett AMR system motiveras, trotts dess fördelar. Då AGVs uppfyller de krav som ställts och dessutom är mer optimerad för denna situation, i jämförelse med en AMR, så anses en AGV lösning vara det mest optimala valet av transportsystem.

Något som dock är värt att notera är att dagens teknologi, speciellt inom robotik och AI, utvecklas snabbt. Det som kan anse vara överflödig teknologi idag, kan vara standardutrustning om några år. Det kan leda till att behovet för monteringslinan kan förändras. Utifrån tabell 2 hamnar värdet för AGV under det önskade värdet. Vid förändrade behov kan denna differens öka ännu mer. Detta är en risk med att välja AGV som lösning och måste övervägas.

5.2 Allmän diskussion

Att kunna redovisa ett specifikt resultat i detta projekt visade sig vara en utmaning. Att implementera ett nytt transportsystem är en komplex uppgift som kräver en genomgående undersökning av de olika faktorer som spelar in. Det är till exempel inte enbart en fråga om vilket system som skulle fungera bäst i just den delen av produktionen, utan det ska även finnas en tanke bakom exempelvis integrering mellan de olika avdelningarna och logistiken bakom lagerhållning. Då detta projekt har begränsats till att enbart innefatta transporten på själva monteringslinan så brister det i den bemärkelsen.

Ett transportsystem är inte bara en produkt som köps in, utan varje system anpassas specifikt efter det som kunden är i behov av, därför finns det inget definitivt svar på vad som kan vara det bästa alternativet då alla nämnda system i princip skulle kunna fungera, beroende på hur de anpassas efter just denna situation. För att få ett klart resultat som även innefattar den investering som är nödvändig så krävs det att förfrågningar med en klar kravspecifikation skickas ut till leverantörer, för att sedan få en offert på det ungefärliga priser för investeringen. Denna undersökning är mer av ett underlag som tar upp de aspekter som bör tas i beaktning när en den slutgiltiga förundersökningen ska genomföras.

De 7 aspekter som tagits fram är dels baserade på teorier utifrån TPS och 5s, samt baserade på vilka behov som företaget har för just denna applikation. I tabell 1 visas vilken vikt varje aspekt har. Personsäkerhet och arbetsmiljö har exempelvis en 5a som vikt. Det innebär att det är mycket viktigt att dessa aspekter uppfylls då ingen montör ska utsättas för säkerhetsrisker eller få en mer fysiskt krävande arbetssituation. Säkerhet är en mycket viktig aspekt för företaget och måste uppfyllas oavsett vad för transportsystem som väljs.

Layout och produktionsflöde är aspekter som är baserade på TPS och 5s för att minska slöseri och organisera arbetsplatsen. Att exempelvis låsa stora ytor kan räknas som slöseri då de inte går att optimera den ytan som finns att tillgå. Monteringslinan måste dessutom byggas på ett sådant sätt att det inte uppstår transporter av människor och lastbärare där inget värde tillförs. Den sträckan kan då komma att räknas som slöseri enligt TPS. Då det är en stor mängd komponenter vid monteringslinan så ställs höga krav på hur de ska organiseras. Enligt 5s teorin så bör verktyg och komponenter förvaras så att de finns lätt till hands. Det ställer i sin tur krav på hur monteringslinan ska se ut för att kunna ha plats att organisera och sortera.

De ovan nämnda aspekterna, layout och produktionsflöde, har i jämförelsen av transportsystemen fått 4 som vikt. Det innebär att de är betydelsefulla i undersökningen och har stor vikt när det kommer till val av transportsystem, med hänsyn till TPS och 5s teorierna.

Aspekten kapacitet handlar om hur systemet kan anpassas efter bemanning och produktionsläge. Vid exempelvis låg bemanning kan inte alla lastbärare användas och det i sin tur leder till att de tomma lastbärarna tar plats på monteringslinan och förhindrar de som används för montering att ta sig fram. Vilket enligt TPS skapar slöseri i form av väntan.

Aspekterna sårbarhet för hela systemet och utbyggnadsmöjligheter är inte direkt kopplade till teorier. De är viktiga för att säkerställa ett kontinuerligt flöde vid antingen haveri på delar av systemet och vid eventuella förändringar av monteringslinan. De har därför 3 som vikt i undersökningen, då det är viktiga att ha i åtanke vi implementering av ett nytt transportsystem, men inte direkt avgörande för resultatet.

Resultatet i detta projekt är i största grad baserad på att samma yta används som idag, och att inga förändringar görs i de conveyor system som sammankopplar de närliggande avdelningarna. Skulle projektet även innefatta dessa så hade resultatet kunnat se annorlunda ut.

5.3 Avgränsningar och framtida undersökningar

Vid ett införande av ett nytt transportsystem innefattas en mängd andra viktiga aspekter som inte tas upp i denna rapport då projektet skulle bli för omfattande. Under analysen av den nuvarande lösningen uppkom vissa delar som företaget bör ta hänsyn till vid den framtida undersökningen. Dessa aspekter innefattar integrering med övriga conveyor system. Alltså att transportsystemet inte ska försvåra flytten mellan måleri och sluttestningen. Vid den framtida undersökningen bör man även besluta om hur integreringen med de befintliga mjukvarusystemen ska se ut, ska det vara något som köps in separat eller ska transportsystemet ha den nödvändiga teknologin för att kunna integreras.

Företaget bör även ses över hur logistiken för alla de komponenter som finns på linan ska hanteras så att det är lätt och snabbt för montörerna att hitta rätt delar. Samt om det finns möjlighet att balansera linan för att kunna undvika den dötid som uppstår när olika modeller som monteras på samma lina har olika takttid.

Då processer idag automatiseras i allt högre grad och tekniken som gör det möjligt utvecklas snabbt, det kan vara bra att ha i åtanke att vissa moment kan komma att automatiseras i framtiden. Och att transportlösningen då bör fungera för både människor och robotar. Företaget bör även överväga om teknologin ska ingå i industry 4.0, eller och den ska vara en del av industry 3.0.

5.4 Slutsats

Syftet med projektet var att genomföra en förundersökning som kan bidra med ökade kunskaper inför kommande beslut om implementering av ett nytt transportsystem. Då projektet har utmynnat i en undersökning som företaget kunnat ta del av anses syftet vara uppfyllt. Målet med projektet var att ta fram förslag på alternativa transportlösningar till monteringslinan. Fem alternativa transportsystem har tagits fram, diskuterats och jämförts. Två av dessa system har undersökts närmare. Och ett system rekommenderats till företaget som det mest optimala förslaget. Därför anses målet för projektet vara uppfyllt. Resultatet visade att ett Automated Guided Vehicle (AGV) system är den mest optimala lösningen. Men det kan anses som ett ofullständigt resultat då undersökningen saknar en ekonomisk jämförelse och att en djupare analys över systemets integrering med de övriga avdelningarnas system saknas. För att få ett mer tillförlitligt resultat bör en djupare undersökning genomföras.

Referenser

[1] Quicke/ålö- https://quicke.se/quicke-history/ [hämtat 2024-04-10]

[2] JOST övertagande -https://quicke.nu/jost-closes-acquisition-of-leading-manufacturer-of-agricultural-front-loaders-alo-holding-ab/ (hämtad 2024-04-10)

[3] Årsredovisning 2022- https://www.allabolag.se/5560810482/bokslut (hämtad 2024-04-10)

[4] Globala målen- https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/

[5] Thomopoulos, N. (2014). *Assembly Line Planning and Control*. Chicago: Springer International Publishing. Sid. 17.

[6] van der Meer, R. (2000). *Operational Control of Internal Transport*. TRAIL Thesis Series nr. T2000/5, The Netherlands TRAIL Research School.

[7] BlueBotics- AGV system navigation- https://bluebotics.com/agv-navigation-methods-virtual-path-following/#natural-feature-navigation (hämtat 2024-04-16)

[8] Navigation AMR- https://www.knapp.com/en/insights/blog/differences-between-agv-amr/ (hämtad 2024-04-18)

[9] Alatise, M. B., & Hancke, G. P. (2020). A Review on Challenges of Autonomous Mobile Robot and Sensor Fusion Methods. *IEEE Access*, 8, 39830-39846.

[10] Fonseca, D. J. (2004). A knowledge-based system for conveyor equipment selection. *Expert Systems with Applications*, 26.

[11] Bild på Drag chain conveyor från företaget KNOLL Maschinenbau GmbH- https://www.knoll-mb.de/en/automation-1/assembly (hämtad 2024-05-16)

[12] Bild på belt conveyor från företaget MINDA - https://www.minda.com/en/automotive-industry/vehicle-body-and-paint-shop/skid-conveying (hämtad 2024-05-16)

[13] Monorail- https://www.maschinenmarkt.international/electric-monorail-conveyor-systems-a-834430/ (hämtad 2024-04-23)

[14] Takttid- https://world-class-manufacturing.com/svenska/takt/takt.html (hämtat 2024-04 17)

[15] The Toyota Production System - https://global.toyota/en/company/vision-and-philosophy/production-system/ (hämtad 2024-04-29)

[16] Bicheno, J., & Holweg, M. (5-uppl.). *Verktygslåda för Lean - Vägledare i en lean transformation*. Kapitel 2.

[17] Muda, Muri, Mura , Toyota Production System guide- https://mag.toyota.co.uk/muda-muri-mura-toyota-production-system/ (hämtad 2024-04-29)

[18] Yu, Y., & Tang, J. (2019). Review of seru production. *Frontiers of Engineering Management*, 6, 183-192.

[19] Singh, J., Rastogi, V., & Sharma, R. (2014). Implementation of 5S practices: A review. *Uncertain Supply Chain Management*, 2(3), 155-162.

[20] Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Manufacturing Engineering Society International Conference 2017, MESIC 2017*, 28-30 June 2017.

[21] Industry 3.0- https://www.desouttertools.se/your-industry/news/1012/industriella-revolutionen-fran-industri-1-0-till-industri-4-0 (hämtad 2024-04-25)

[22] Dalle Mura, M., & Dini, G. (2019). Optimizing ergonomics in assembly lines: A multi-objective genetic algorithm. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*

[23] Frontlastare av märket Quicke, X-serie https://quicke.se/produkter/frontlastare/x16/

[24] Frontlastare av märket Quicke, Q-serie https://quicke.se/produkter/frontlastare/q8m/

[25] Conveyorsystem- https://pixabay.com/photos/factory-industrial-hall-logistics-1137993/ Uppehovsrätt: Creative commoners licens