



**CHALMERS**

# **En förstudie inför implementering av Manufacturing Execution System för BraunAbility Europe AB**

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Ekonomi och  
produktionsteknik

**MALGORZATA ALEKSANDRA KOCIEBA**

**INSTITUTIONEN FÖR TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION  
AVDELNINGEN FÖR SUPPLY AND OPERATIONS MANAGEMENT**

---

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2024  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



# EN FÖRSTUDIE INFÖR IMPLEMENTERING AV MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM FÖR BRAUNABILITY EUROPE AB

MALGORZATA ALEKSANDRA KOCIEBA

TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION  
Avdelning för Supply and Operations Management  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2024

En förstudie inför implementering av Manufacturing Execution System för BraunAbility Europe AB

MALGORZATA ALEKSANDRA KOCIEBA

© MALGORZATA ALEKSANDRA KOCIEBA, 2024

Teknikens ekonomi och organisation  
Chalmers tekniska högskola  
412 96 Göteborg  
Sverige  
Telefon + 46 (0)31-772 1000

Göteborg, Sverige 2024

# Förord

Den här rapporten utgör ett examensarbete som har utförts inom ramen för högskoleingenjörsprogrammet Ekonomi och produktionsteknik vid Chalmers tekniska högskola. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng och har genomförts under vårterminen 2024 med färdigställande i september samma år. Uppdraget har utförts på företaget BraunAbility Europe AB, som avser att implementera ett MES-system som ett led i sin verksamhetsdigitalisering.

Jag vill framföra min stora tacksamhet till mina handledare på företaget, nämligen Benny Jensen och Henrik Ekström, samt till de övriga personer som jag diskuterade och intervjuade under arbetets gång. Utan era engagemang, vänlighet och förståelse hade detta arbete inte varit möjligt att genomföra.

Jag riktar även ett varmt tack till min handledare och examinator på Chalmers, Peter Almström, vars värdefulla råd och förståelse har varit ovärderliga för arbetets utförande.

Slutligen vill jag tacka min familj för deras tålamod och stöd.

Malgorzata Aleksandra Kocieba, Göteborg, 2024

Göteborg, Sverige 2024

En förstudie inför implementering av Manufacturing Execution System för BraunAbility Europe AB

MALGORZATA ALEKSANDRA KOCIEBA

Institutionen för Teknikens ekonomi och organisation  
Chalmers tekniska högskola

## SAMMANFATTNING

Den fjärde industriella revolutionen, som kännetecknas av systemintegration, automatisering och digital kontroll över fysiska processer, pågår för närvarande inom tillverkningsindustrin. Det huvudsakliga målet är att ansluta så många enheter som möjligt till nätverket i syfte att skapa smarta fabriker, samtidigt som människans roll minskas betydligt. En av de möjliga lösningar som bidrar till att anpassa verksamheterna till de nya utmaningarna är Manufacturing Execution System (MES). Denna mjukvara är ett övervakningssystem för att kunna följa produktionen i realtid samtidigt som det underlättar omedelbar reaktion på avvikelser. Detta examensarbete har utförts på företaget BraunAbility Europe AB som planerar att introducera MES-system som en av anpassningsåtgärder för att öka digitalisering samt uppnå högre produktivitet, bättre kvalitet och finansiellt resultat.

Detta projekt syftar till att identifiera vilka behov och förväntningar, som kan tillgodoses genom MES- implementering hos BraunAbility. Dessutom kommer frågan om vilka MES-funktionaliteter enligt MESA-11- standarden som är nödvändiga vid implementeringen att besvaras. Avslutningsvis kommer en analys av MES-systemleverantörer att genomföras och kriterier för val av specifikt system kartläggas. Studien är begränsad till en del av produktionsavdelningen, närmare bestämt bearbetningsavdelningen.

De identifierade funktionaliteter som uppfyller företagets behov vid MES-implementeringen omfattar: datainsamling, personalhantering, resurshantering, prestandaanalys, detaljerad schemaläggning och dokumenthantering.

Leverantörsanalysen inkluderar åtta företag: ANT Solution, Balthzar AB, Binar Solutions AB, Good Solutions Sweden AB, MTEK Industry AB, Prevas Aktiebolag, Symestic GmbH och Queris Sp. z o.o. Slutligen konstaterades att varje leverantör erbjuder nödvändiga funktionaliteter och därför behövde ytterligare valkriterier införas. De kriterier som föreslogs var: möjligheter att lägga till nya funktionaliteter, sättet att installera systemet på (molnbaserat eller lokallinstalerat), integrationspotential med befintliga system, erfarenhet av implementering i Sverige och tillgängliga språk (svenska som ett primärt krav).

Slutligen presenterades ytterligare rekommendationer som ansågs vara till hjälp för företag vid implementering av MES-system. I syfte att proaktivt hantera eventuellt motstånd mot de förändringar som implementeringen av MES-systemet kan medföra, ska en omfattande utbildning för personalen genomföras före själva implementeringen.

Nyckelord: Manufacturing Execution System (MES), Industri 4.0, nyckeltal, lean production

Gothenburg, Sweden, 2024

A preliminary study before implementation of Manufacturing Execution System for BraunAbility Europe AB

MALGORZATA ALEKSANDRA KOCIEBA

Department of Technology Management and Economics  
Chalmers University of Technology

## ABSTRACT

The fourth industrial revolution, characterized by systems integration, automation, and digital control over physical processes, is underway in the manufacturing industry. The main assumption is to network as many devices as possible to create smart factories while significantly reducing the role of humans. One of the possible solutions helping to adapt operations to the new challenges is the Manufacturing Execution System. This software monitoring system follows production in real time while facilitating immediate reactions to anomalies. This thesis has been carried out at the company BraunAbility Europe AB, which is planning to introduce MES systems as one of the adaptation measures to increase digitalization and achieve higher productivity, better quality, and financial performance.

This project aims to identify the needs and expectations that can be met by MES implementation at BraunAbility. In addition, the question of which MES functionalities, according to the MESA-11 standard, are necessary for the implementation will be answered. Finally, MES system suppliers will be analysed, and criteria for selecting a specific system will be identified. The study is limited to one part of the production department, namely the processing department.

The identified functionalities that meet the company's needs in MES implementation include data collection, personnel management, resource management, performance analysis, detailed scheduling, and document management.

The supplier analysis includes eight companies: ANT Solution, Balthzar AB, Binar Solutions AB, Good Solutions Sweden AB, MTEK Industry AB, Prevas Aktiebolag, Symestic GmbH, and Queris Sp. z o.o. Finally, it was found that each supplier offers the necessary functionalities, and therefore, additional selection criteria needed to be introduced. The criteria proposed were: possibilities to add new functionalities, how to install the system (cloud-based or on-premise), integration potential with existing systems, the experience of implementation in Sweden, and available languages (Swedish as a primary requirement).

Finally, additional recommendations were presented that were considered helpful for companies when implementing MES systems. To proactively deal with possible resistance to the changes that the implementation of the MES system may bring, extensive staff training should be carried out before the actual implementation.

Keywords: Manufacturing Execution System (MES), Industry 4.0, KPI, lean production



# Innehållsförteckning

Förkortningar.....	12
Figurer .....	13
Tabeller.....	14
1. Introduktion.....	15
1.1 Bakgrund .....	15
1.2 Syfte och frågeställning .....	16
1.3 Avgränsningar .....	16
2. Teoretiskt ramverk.....	17
2.1 Industri 4.0.....	17
2.2 Industriella programvarusystem .....	18
2.2.1 Manufacturing Execution System (MES).....	19
2.2.2 Enterprise Resource Planning (ERP).....	21
2.2.3 Placering av MES i företags IT- arkitektur .....	22
2.3 Nyckeltal.....	22
2.3.1 Overall Equipment Effectiveness (OEE).....	23
2.3.2 First Pass Yield (FPY).....	24
2.3.3 Produktivitet.....	25
2.4 Lean produktion.....	25
2.4.1 Ständiga förbättringar (Kaizen) .....	26
2.4.2 Visuell styrning .....	26
2.4.3 Slöserieliminering .....	27
2.5 Flaskhalsar och produktionsstörningar .....	27
3. Metod .....	29
3.1 Litteraturstudie.....	29
3.2 Observationer.....	30
3.3 Intervjuer .....	31
3.4 Intern dokumentation.....	32
3.5 Demopresentation av MES- system .....	32
3.6 Etiska aspekter .....	33
3.7 Reliabilitet, validitet och generaliserbarhet .....	34
4. Nulägeanalys .....	35
4.1 Företagsbeskrivning.....	35

4.2 Beskrivning av produktionsprocesser på bearbetningsavdelning.....	35
4.3 System som redan används i fabriken .....	38
4.4 Nyckeltal.....	38
5. BraunAbilitys behov av MES-funktionaliteter.....	39
5.1 Företagets inställning till MES .....	39
5.2 Företagets behov.....	39
5.2.1 Datainsamling .....	40
5.2.2 Spårbarhet .....	40
5.2.3 Resurshantering.....	41
5.2.4 Prestandaanalys.....	41
5.2.5 Processhantering .....	42
5.2.6 Kvalitetshantering .....	42
5.2.7 Personalhantering.....	43
5.2.8 Materialhantering.....	43
5.2.9 Detaljerad schemaläggning.....	43
5.2.10 Underhållshantering.....	44
5.2.11 Dokumenthantering.....	44
5.3 Sammanställning av relevanta MES- funktionaliteter.....	45
5.4 Leverantörsanalys.....	46
5.4.1 ANT Solution .....	46
5.4.2 Balthzar AB (Delacroy AB).....	48
5.4.3 Binar Solutions AB .....	49
5.4.4 Good Solutions Sweden AB.....	49
5.4.5 MTEK Industry AB.....	51
5.4.6 Prevas Aktiebolag .....	52
5.4.7 Symestic GmbH .....	53
5.4.8 Queris Sp. z o.o.....	54
5.4.9 Leverantörsvalkriterier.....	56
5.5 Ytterligare anmärkningar vid MES- implementering.....	57
5.5.1 Skärmutseende .....	57
5.5.2 Operatörspanelernas utseende.....	58
6. Diskussion .....	60
6.1 Tidigare forskning.....	60
6.2 Förslag på framtida studier .....	60
6.3 Styrkor och svagheter med studien.....	61

6.4 Etik och miljö .....	62
7. Slutsatser .....	64
8. Rekommendationer .....	66
Referenser.....	67

# Förkortningar

MES- Manufacturing Execution System

ERP- Enterprise Resource Planning

PLC- Programmable Logic Controller

SCADA- Supervisory Control and Data Acquisition

IoT- Internet of Things

MESA- Manufacturing Enterprise Solution Association

OEE- Overall Equipment Effectiveness

KPI- Key Performance Indicator

FPY- First Pass Yield

# Figurer

Figur 1. Teknologier inom Industri 4.0 .....	18
Figur 2. MES-funktionalitet enligt MESA-11- standarden .....	21
Figur 3. MES-systems position i företags IT-arkitektur .....	22
Figur 4. Produktionsflöde 1 .....	36
Figur 5. Produktionsflöde 2 .....	36

# Tabeller

Tabell 1. Sammanställning av genomförda observationer i fabriken .....	30
Tabell 2. Sammanställning av genomförda intervjuer i fabriken .....	32
Tabell 3. Sammanställning av analyserade MES- leverantörer .....	33
Tabell 4. Relevanta MES- funktionaliteter .....	46
Tabell 5. ANT Solutions erbjudande .....	47
Tabell 6. Balthzars erbjudande .....	48
Tabell 7. Binars erbjudande .....	49
Tabell 8. Good Solutions erbjudande .....	50
Tabell 9. MTEK:s erbjudande .....	52
Tabell 10. Prevas erbjudande .....	53
Tabell 11. Symestics erbjudande .....	54
Tabell 12. Queris erbjudande .....	56
Tabell 13. Leverantörsvalkriterier .....	57

# 1. Introduktion

## 1.1 Bakgrund

Industriutveckling är en avgörande faktor i mänsklighetens historia och har haft en väsentlig påverkan på länders framväxt och samhällets framgång. Med den första industriella revolutionen (år 1760–1830) påbörjades övergången från jordbruksbaserade samhällen till industrisamhällen. Industrialiseringen började i textilbranschen i Storbritannien där uppfinningar som spinnmaskinen och vävstolen samtidigt som introduktionen av ångkraft revolutionerade produktionen (Bellgran & Säfsten, 2005). Den tekniska revolutionen som också kallas den andra industriella revolutionen präglades av elektricitet, förbränningsmotorer och stålbearbetning. Den påbörjades under 1870-talet och leddes av USA och Tyskland. Den här revolutionen påverkade utbyggandet av infrastruktur positivt i form av nya järnvägar, kanaler och asfalterade vägar. Under den här perioden tog också massproduktion och löpande bandet inom fordonsindustrin fart (Bellgran & Säfsten, 2005). Under 1950-talet påbörjades den tredje industriella revolutionen som innebar övergång från elektromekanisk teknik och analog elektronik till digitala tekniker. Då introducerades också robotar och andra automatiska verktyg och utrustning, det blev ett ökat fokus på dataanalys och informationsteknik samt kundorienterad produktion (Nationalencyklopedin A, u.å.). Under de senaste decennierna har nästa steg i den industriella utvecklingen pågått, vilket kallas Industri 4.0. Den syftar till att koppla upp ännu fler delar av produktionsprocessen till nätet, vilket innebär att fysiska processer kontrolleras av digitala system. Industri 4.0 strävar efter att skapa smarta fabriker med högre produktivitet, effektivitet och flexibilitet samt anpassa sig till snabbt förändrade marknadsförhållanden (Nationalencyklopedin B, u.å.). Ökande konkurrens, allt kortare produktlivcykler och ökande kundförväntningar kräver alltmer avancerade lösningar som företag måste implementera.

Ett av systemen som används idag inom industriverksamheter är Enterprise Resource Planning- system (ERP), även kallat affärssystem, som stödjer företag att hantera olika affärsprocesser inom organisationen. Detta system kan behandla ekonomi och redovisning, leveranskedjor, drift, rapportering, tillverkning och personal men saknar förmåga att analysera och reagera på förändringar i realtid (Visma, 2021). Det nya IT- stödet för tillverkningsföretag är Manufacturing Execution System (MES) som samlar in omfattande data från produktionsprocesser samt kan övervaka produktionen omedelbart (Kletti, 2007). Tack vare detta är MES ett relevant komplement till ERP-systemet vilket underlättar att reagera på förändringar och produktionsutmaningar direkt. Det här systemet kan betraktas som en bro för informationsutbyte mellan själva produktionen och företagets affärssystem. MES-system erbjuder en mängd olika funktionaliteter, såsom produktionsplanering, kvalitetskontroll, underhållshantering och spårbarhet. Vilka funktioner som är mest relevanta för ett företag beror på faktorer såsom bransch, produktionsvolym, företagets storlek och befintliga IT-system. Genom att skraddarsy MES-systemet efter de specifika behoven kan företag optimera sina produktionsprocesser, öka effektiviteten och förbättra produktkvaliteten (Kletti, 2007).

BraunAbility Europe AB, som diskuteras i detta examensarbete, är ett medelstort tillverkningsföretag med 110 anställda varav 40 personer arbetar inom operativ verksamhet. Företaget producerar mobilitetslösningar för fordon till personer med funktionsnedsättningar. Produktionen består av två delar: metallbearbetning och montering. Dessutom har företaget lagringsutrymme (mottagning och avsändningslager) vid sidan av produktionsavdelningen för komponenter och färdiga produkter. För närvarande saknar företaget en digital koppling, det vill säga ett MES- system, mellan produktionen och sitt ERP-system medan produktionsövervakningen till största delen sker manuellt. Operatörer startar produktionsorder i affärssystemet Monitor och rapporterar efter utfört arbete, dock är detta inget system som kan följas i realtid. Whiteboards används i fabriken för att visualisera och spåra produktionen, medan alla data samlas in med hjälp av det befintliga affärssystemet. För att effektivisera fabriken och öka digitaliseringen inom verksamheten anses MES-implementering vara ett lämpligt verktyg.

## 1.2 Syfte och frågeställning

Syftet med detta examensarbete är att undersöka vilka funktioner av MES som är relevanta för BraunAbility efter dess förutsättningar samt behov och slutligen att föreslå lämpliga leverantörer av systemet för att möta företagets förväntningar på bästa möjliga sätt.

Examensarbetets frågeställning:

1. Vilka behov har BraunAbility som kan tillgodoses genom en MES implementering?
2. Vilka funktioner och moduler är nödvändiga för att möta företagets behov?
3. Vilka leverantörer erbjuder lämpliga MES- lösningar som uppfyller företagets krav?

## 1.3 Avgränsningar

Arbetet är begränsat till den del av fabriken som innefattar metallbearbetning och svetsning för att tillverka olika metalkomponenter. De komponenterna skickas vidare till en extern leverantör för ytbehandling och efter denna behandling återlämnas de till fabriken för monteringsarbete på en annan avdelning. Monteringsavdelningen organiseras på ett separat sätt och de flesta aktiviteter består till stor del av manuellt arbete. Detta anses vara för omfattande för att inkluderas i detta examensarbete.

## 2. Teoretiskt ramverk

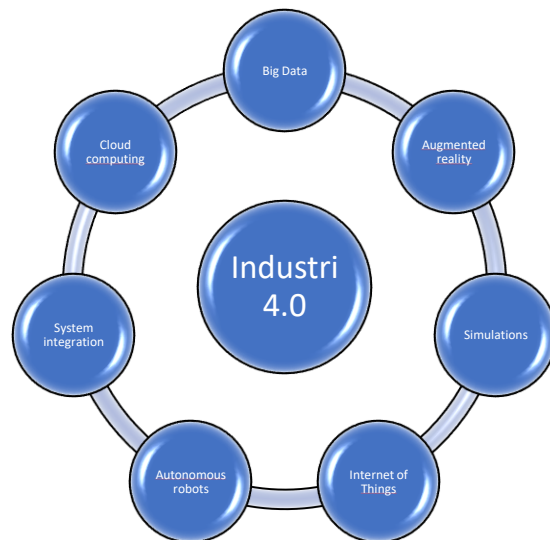
Detta avsnitt innehåller den teori som är relevant för arbetet. Först presenteras grundläggande information om vad begreppet Industri 4.0 innebär. Sedan följer övergripande förklaringar kring industriella programvarusystem, ERP, MES, lean produktion, nyckeltal och produktionsstörningar.

### 2.1 Industri 4.0

Begreppet Industri 4.0 myntades för första gången på Hannovermässan år 2011 (Devezas, m.fl., 2017). Den viktigaste drivkraften i utvecklingen av Industri 4.0 är en ökande betydelse av cyberfysiska system i produktionsprocesser för att skapa smarta fabriker. Konceptet baseras på ett antagande att varje fysiskt objekt, exempelvis maskin, komponent, löpande band eller färdig produkt, innehåller inbyggd digital teknologi som möjliggör kommunikation med andra objekt eller människor. Denna teknologi där enheter är uppkopplade och kan kommunicera ömsesidigt kallas Internet of Things (IoT) och är en viktig del i flera områden såsom: produktion, hushållsapparater, fordon eller byggnader (Popkova, m.fl., 2018). För att kunna effektivt utnyttja potentialen av IoT är det viktigt att integration har både horisontell (koppling mellan enheter på samma nivå i värdekedja) och vertikal (koppling mellan enheter som befinner sig på olika nivå i värdekedja) karaktär (Gilchrist, 2016). Industri 4.0 präglas av: helt automatiserad produktion, eliminering eller betydlig minskning av människodeltagande i produktionsprocesser, additiv tillverkning, Big Data, processövervakning i realtid och artificiell intelligens (Ustundag & Cevikan, 2018). Det som anses ha störst betydelse för den fjärde industriella revolutionen är internet och ömsesidig kommunikation eftersom det säkerställer en sammankoppling mellan olika komponenter i hela systemet, exempelvis mellan maskiner, människor, produktionsprocesser, leverantörskedjan eller materialförsörjning (Popkova, m.fl., 2019).

Industri 4.0 syftar till att skapa smarta fabriker där maskiner, människor och data samverkar smidigt tack vare uppkoppling till samma nätverk, där data analyseras i realtid och där produktionen snabbt anpassas till förändrade marknadsförhållanden. Detta leder till ökad produktivitet, effektivitet och kvalitet på produkter vad i sin tur ger högre lönsamhet och förstärker konkurrenskraften gentemot andra företag.

Framgångsrik systemanpassning till Industri 4.0 kräver att flera teknologier introduceras i en verksamhet. Det kan exempelvis handla om (se Figur 1): autonoma robotar, simuleringar, mobila teknologier, visualiseringstekniker (augmented reality- AR and virtual reality- VR) sensorer och ställdon, molntjänster samt storskalig dataanalys (Ustundag & Cevikan, 2018).



Figur 1 Teknologier inom Industri 4.0

## 2.2 Industriella programvarusystem

Industriella programvarusystem är komplexa mjukvarusystem som används inom verksamheter för att driva processer, automatisera arbetsflöde samt samla in och analysera data inom företaget. De spelar en central roll inom Industri 4.0, där automation och digitalisering är ledande faktorer.

Behovet av att automatisera produktion uppkommer av den mänskliga oförmågan att hantera tekniska processer med den hastighet och noggrannhet som krävs i den moderna affärsmiljön. Den ökade konkurrensen och kraven på effektivitet har gjort att bättre planeringen av arbete, övervakning av produktionsprocesser och datauppdateringar är nödvändiga och grundläggande faktorer för att leda en framgångsrik organisation (Syreyshchikova, m.fl., 2020).

För närvarande finns det olika automatiserade system för att styra en verksamhet, bland annat: Advanced Planning Scheduling (APS), Manufacturing Execution System (MES), Product Lifecycle Management (PLM), Enterprise Resource Planning (ERP), Material Requirements Planning (MRP), Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA), Warehouse Management System (WMS) eller Computerised Maintenance Management System (CMMS). Valet av relevant system för ett enskilt företag beror på flera faktorer såsom: kostnader, resurser, individuella förutsättningar och behov (Capa-Data, u.d.).

För detta examensarbete utgör grunder MES och ERP system. Först presenteras funktionaliteter av MES- system som på svenska också kallas produktionsuppföljningssystem. Vidare kommer en kort beskrivning av ERP- system och information om var i företagets IT- struktur båda system kan placeras.

## 2.2.1 Manufacturing Execution System (MES)

Manufacturing Execution System (MES) är ett system som utvecklades i mitten av 1980-talet som ett svar på ökande krav på automation, effektivitet, kvalitetskontroll, spårning i produktionsprocesser och underhållsarbete (Saenz de Ugarte m.fl., 2009). Från första början användes systemet som ett verktyg för att samla in produktionsdata om framför allt maskinernas utnyttjande. Men med tiden har MES blivit ett övervakningssystem för att kunna följa produktionen i realtid (Kletti, 2007). Eftersom MES-konceptet kommer från krav som ställdes på tillverkningsföretag riktades dess funktionaliteter mot tillverkningsprocesser inom industrin (Saenz de Ugarte m.fl., 2009).

Det första steget mot MES-standardisering togs fram av Manufacturing Enterprise Solution Association (MESA) som grundades i USA år 1992. MESA samlade in större aktörer på marknaden och tog fram definitionen av ett MES:

MES levererar information som möjliggör optimering av produktionsaktiviteter från orderlansering till färdiga varor. Med hjälp av aktuella och korrekta data vägleder ett MES, initierar, reagerar på och rapporterar om anläggningsaktiviteter när de inträffar. Detta resulterar i snabba responser på förändrade förhållanden, medan fokus på att minska icke-värdeskapande aktiviteter driver effektivt anläggningsdrift och processer. MES förbättrar avkastningen på operativa tillgångar såväl som leverans i tid, lageromsättning, bruttomarginal och kassaflödesprestanda. Ett MES tillhandahåller verksamhetskritisk information om produktionsaktiviteter över hela företaget och leveranskedjan via ömsesidig kommunikation. (MESA, 1997)

För att kunna möta behov i olika tillverkningsmiljöer särskildes elva stycken MES-funktionaliteter (Saenz de Ugarte m.fl., 2009). Figur 2 presenteras dessa MES-funktionaliteter med kort beskrivning av deras innehåll.



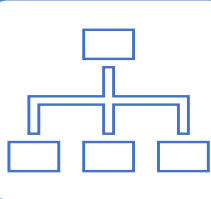
### Dokumenthantering

Funktionaliteten syftar till att skapa, lagra, hantera och spåra de dokument som är relevanta för produktionsprocesser. Detta kan omfatta: tekniska riktningar, arbetsinstruktioner, bekräftelse av genomförda kvalitetskontroller eller underhållsarbeten.



### Personalhantering

Denna funktionalitet handlar om att koppla en rätt person med en rätt uppgift vid rätt tidpunkt. På detta sätt är ett produktionsschema baserat på medarbetares kompetenser och tillgänglighet medan arbetstidsregistrering i systemet underlättar lönehantering, analys av personalskapacitet och utvärdering av prestationer på en grupp- och individuell nivå.



### Datainsamling

Denna funktionalitet handlar om att samla in, övervaka och organisera data om processer, material och operationer som kommer från människor, maskiner eller annan utrustning. Detta kan ske manuellt eller automatiskt beroende på vilken karaktär en arbetsstation har. Det varierar vilka informationsenheter lagras och analyseras på grund av individuella förutsättningar och verksamhetsbehov.



### Spårbarhet

Funktionaliteten underlättar övervakning av utveckling av komponenter, partier eller tillverkande färdiga produkter. Insamling av data från hela produktionskedjan möjliggör att spåra varje tillverkad produkt i fabriken med avseende på produktionsdata, vem tillverkade, kontrollerade och godkände den. Denna funktionalitet stödjer kvalitetsarbete samt säkerställer snabbt tillgång till hela produktionsflödet.



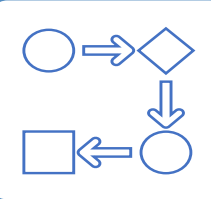
### Resurshantering

Denna funktionalitet syftar till att optimera användningen av alla tillgängliga resurser i en produktionsprocess. Dessa resurser kan vara allt från maskiner och verktyg till personal och material.



### Prestationsanalys

Denna funktionalitet syftar till att mäta, analysera och förbättra produktionens effektivitet och produktivitet. Genom att skapa regelbundna rapporter om produktionens prestanda, inklusive nyckeltal, trendanalyser, rotorsaksanalyser och åtgärdsplaner samt identifiering av mönster och korrelationer i data kan produktionsprocessen optimeras och förbättras.



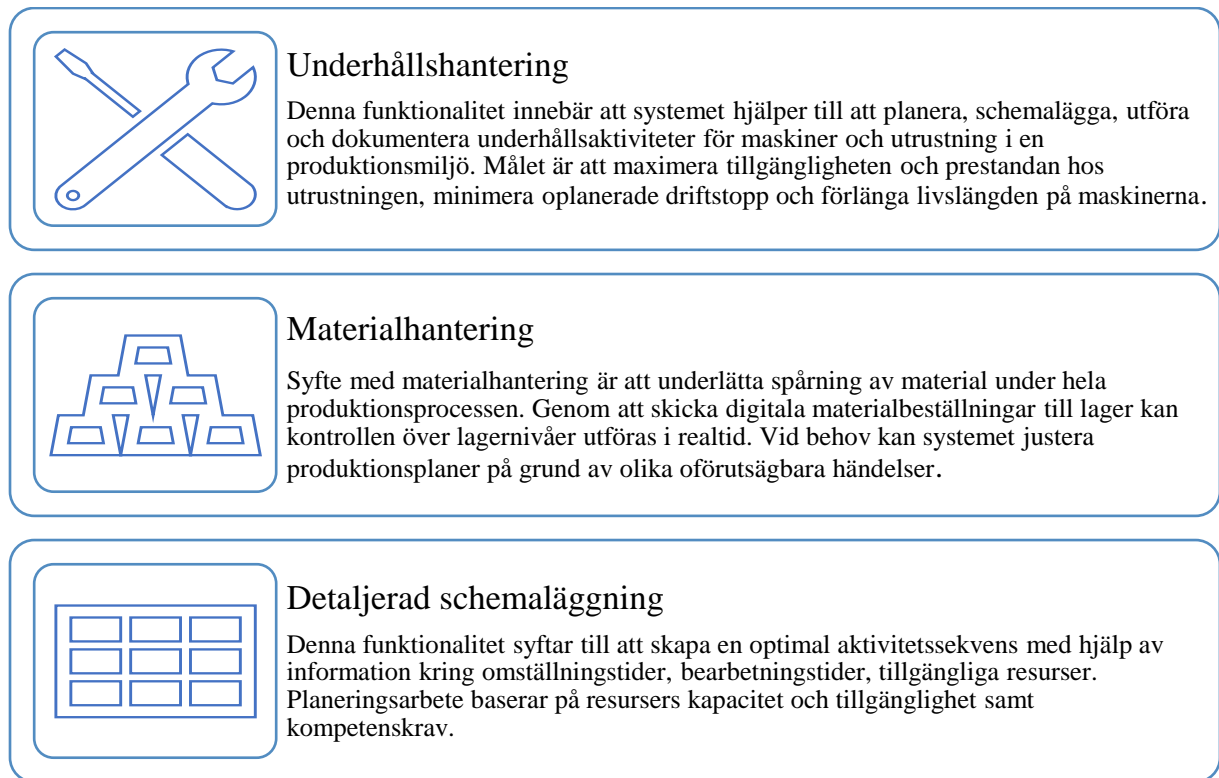
### Processhantering

Grundläggande syfte med processhantering är att styra arbetsflödet på detta sätt att göra det smidigt och optimerat. Genom att spåra mönster i arbetsflödet och realtidsövervakning kan avvikelser identifieras och förebyggande åtgärder introduceras. Insamlade data och processanalyser underlättar att hitta flaskhalsar, icke-effektiva aktiviteter och potentiella förbättringsområden.



### Kvalitetshantering

Kvalitetshantering omfattar registrering, spårning och analys av produktkvalitet i realtid. Genom att identifiera fel i en tidig produktionsfas kan deras potentiella negativa konsekvenser elimineras eller minskas samt kan förebyggande arbeten introduceras.



Figur 2 MES-funktionalitet enligt MESA-11- standard

MES- system fungerar på en mikronivå i ett företag. Genom att samla in data från produktionsprocesser i real tid bidrar det till att optimera och övervaka bland annat maskiner, personal, material eller lager. Detta system används oftast av produktionschefer, produktionsledare eller produktionsplanerare, som arbetar direkt med tillverkningsprocesser.

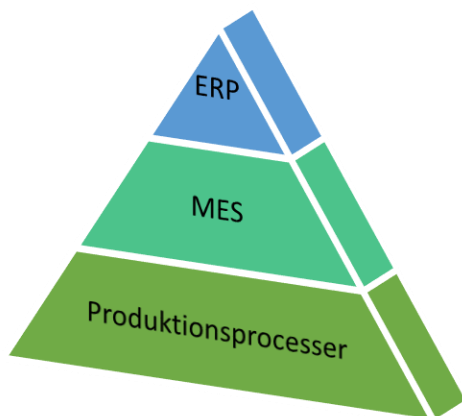
### 2.2.2 Enterprise Resource Planning (ERP)

Enterprise Resource Planning (ERP) är ett mjukvarusystem som hjälper företag att automatisera och hantera sina affärsprocesser. Dess historia började på 1960-talet när materialbehovsplanering (material requirements planning- MRP) utvecklades för att hantera råvaruinköp och leverans av produkter till fabriker. Sedan dess har systemet utvecklats vidare till manufacturing resource planning (MRP II) och enterprise resource planning (ERP), vilket möjliggjort samordning mellan olika avdelningar inom tillverkningsföretag. Dessa system har också fått mer avancerade produktionsplaneringsfunktioner än i början. För närvarande omfattar ERP moduler för: ekonomi, personalhantering, produktplanering, produktionshantering, inköp, lagerhantering, logistik, interaktioner med leverantörer, kundservice, orderspårning och riskhantering. Det grundläggande syftet med ERP- system är att fullständigt integrera organisationsdatorsystem (Nestell & Olson, 2017).

ERP- system fungerar på en makronivå i ett företag genom att integrera och samla in information från hela verksamheten. Eftersom det ger en övergripande syn på organisationen används detta system oftast på ledningsnivå.

### 2.2.3 Placering av MES i företags IT- arkitektur

En IT- arkitektur i tillverkningsföretag kan delas upp i tre nivåer. På den översta nivå finns oftast ERP- system som omfattar viktiga affärsområden inom företaget men saknar en tillräcklig realtidövervakning av produktionsprocesser på golvet. En lösning till detta problem är att introducera ett MES- system som blir ett mellanlager i en automationspyramid. MES- system omfattar främst produktionshantering med ömsesidig koppling mellan ERP-nivå och workshops kontroll/automation- nivå. Den nedersta nivån omfattar produktionsfunktioner och stöds av SCADA, PLC eller andra kontrollsystem. MES- system samlar in information från golvet för att därefter filtrera och bearbeta det i form av exempelvis statistik samt grafer och överföra dem till ledningsnivån (Shojaeinasab, m.fl., 2022). Därutöver ger MES- system data om exempelvis order från ERP- system och omvandlar dem till detaljerade scheman för produktion.



Figur 3 MES-systems position i företags IT-arkitektur

## 2.3 Nyckeltal

Nyckeltal, eller Key Performance Indicator (KPI), är många mått som används för att värdera ett företag och dess verksamhet. Generellt, syfte med prestandamätningar är att rapportera, kontrollera och i sitt ändamål förbättra verksamhetens resultat i de analyserade områdena. Beroende på vilka strategiska och operativa mål som fastställs i företaget kan val av nyckeltal variera över tid (Almström m.fl., 2017).

Grundläggande för prestandamätningar är att hela organisationen involveras samtidigt som anställda förstår deras syfte och betydelse. Tydlig och lättillgänglig presentation av prestationsmått krävs för att uppnå deras syfte, det vill säga utveckling av verksamheten.

Inte mindre viktigt är att val av KPI görs utförligt med hänsyn till att undvika att använda för många nyckeltal vilket kan leda till oklarhet och oförståelse. Sammanfattningsvis, nyckeltal som används ska ge nytta för företaget och vara ett svar på verkliga behov samt bör kopplas med förbättringsmöjligheter. De vanligaste fel med prestationsmått är att vi mäter vad vi kan i stället för vad vi behöver (Almström, m. fl., 2017).

Traditionellt, delas nyckeltal in i två grupper: finansiella och icke-finansiella. Finansiella mått såsom: lönsamhet, tillväxt, finansiell styrka och effektivitet ger översyn över företagets ekonomiska situation. De ger underlag för strategiska och operativa beslut samtidigt som identifierar företagets styrkor och svagheter och hjälper till att bedöma företagets värde och potential. Icke-finansiella mått hjälper företag att integrera hållbarhetsaspekter i sin strategi genom att bedöma exempelvis: kundnöjdhet, energiförbrukning, miljöpåverkan eller medarbetarengagemang (Hjelström, m.fl., 2022). Förutsättningar som nyckeltal ska omfatta för att kunna uppfylla sina mål:

- 1) Är relaterade till företagets strategiska och operativa mål
- 2) Möjliggör jämförelse med andra organisationer inom samma bransch eller område
- 3) Ger snabbt respons
- 4) Är under kontroll av den utvärderade avdelningen
- 5) Bidrar till förbättringsarbete snarare än till enkel översyn på resultat
- 6) Har tydligt mål
- 7) Har definierad datainsamling och beräkningsmetoder
- 8) Är enkelt att använda
- 9) Skapas under diskussioner mellan olika intressenter
- 10) Har objektiv karaktär
- 11) Baseras på relativa värden snarare än absoluta (Almström m.fl., 2017).

### 2.3.1 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) är ett mått på produktionsresursers effektivitet och kan förbättras genom att eliminera sex stora förluster: utrustningsfel/haveri, set-up/justeringar, tomgång och mindre stopp, reducerad hastighet, reducerat utbyte (avkastning) och kvalitetsbrister (Kechaou, 2024).

Genom att sammanställa tre faktorer: tillgänglighet (T), anläggningsutnyttjande (A) och kvalitetsutbyte (K) sätts ett kvantitativt värde på produktionseffektivitet.

För att ha en önskad OEE- nivå ska de enskilda delarna uppnå följande värden:

tillgänglighet  $\geq 90\%$

anläggningsutnyttjande  $\geq 90\%$

kvalitetutbyte  $\geq 99\%$ .

Detta ger i sin tur OEE lika med 85 %, vilket betraktas som en nivå för världsledande företag (Kecheou, m.fl., 2024).

Den ursprungliga formeln för att beräkna OEE är:

- Tillgänglighet (T): hur stor andel av planerad drifttid används till att tillverka färdiga enheter

$$T = \frac{\text{Drifttid}}{\text{Planerad produktionstid}} = \frac{\text{Kalendertid} - \text{Stopptid} - \text{Planerad stopptid}}{\text{Kalendertid} - \text{Planerad stopptid}}$$

- Anläggningsutnyttjande (A): mätning av produktionstakten; om maskiner/utrustning körs så snabbt som de borde

$$A = \frac{\text{Teoretisk cykeltid} * \text{Producerade enheter}}{\text{Drifttid}}$$

- Kvalitetsutbyte (K): andelen godkända enheter av den totala produktionen

$$K = \frac{\text{Producerade enheter} - \text{Defekta enheter}}{\text{Producerade enheter}}$$

Tillgänglighet och anläggningsutnyttjande är unika för varje organisation och bestäms internt. Därför är OEE inte ett absolut värde och varierar beroende på faktorer såsom företagstyp, bransch eller företagets storlek. För att använda OEE effektivt är det viktigt att ha tillförlitliga och detaljerade produktionsdata. OEE anses vara ett viktigt verktyg för förbättringsarbete inom företag.

### 2.3.2 First Pass Yield (FPY)

Nyckeltalet "yield" inom tillverkning, även kallat utbyte eller avkastning, är ett mått på effektiviteten i en produktionsprocess. Detta nyckeltal beräknas på olika sätt beroende på vilket steg i produktionsprocesser det ska mäta. First Pass Yield (FPY) beräknas genom att dividera antalet felfria produkter som producerats under ett tillverkningssteg med det totala antalet produkter som påbörjats i processen (Holweg, m.fl., 2018). Yield ger insikter kring hur effektivt företaget utnyttjar sina resurser och indikerar eventuella problem med kvalitet, material eller processen.

Formeln för att beräkna FPY:

$$\text{Yield} = \left( \frac{\text{antal enheter som klarar processen utan omarbete}}{\text{totalt antal enheter som påbörjade processen}} \right) * 100\%$$

### 2.3.3 Produktivitet

Produktivitet mäter hur mycket som produceras per tidsenhet. Beroende på hur tidsenhet, arbetstid och antalet tillverkade enheter definieras kan detta mått variera. Ett sätt att beräkna produktivitet är att jämföra antalet godkända enheter med det totala antalet tillverkade enheter (Holweg m.fl., 2018). Detta ger en indikation på kvaliteten genom att mäta antalet felfria produkter som uppfyller kraven för nästa produktionssteg eller kundens krav. Generellt, mäts produktivitet i processer genom att jämföra output med mängd arbete och det kapital som krävs.

$$\text{Produktivitet} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}(\text{arbete} + \text{kapital})}$$

## 2.4 Lean produktion

Ett MES- system kan ge nödvändigt stöd under Lean-implementering i en verksamhet (Cotyn, m.fl., 2011). MES kan mäta eller validera Lean-beslutsprocessen genom att tillhandahålla användbar information. Dessutom kan MES upprätthålla processförbättringarna genom att stödja det standardiserade arbetssättet. Realdata tillgänglighet som levererar MES- system verkar vara ett pålitligt och objektiva sätt att kunna få feedback på förändringar som införs. Detta kan ske genom att mäta exempelvis materialförbrukning, processtider eller maskinutnyttjande (Cottyn m.fl., 2010).

Lean Production är en filosofi som har sitt ursprung i det japanska företaget Toyota på 1950-talet. Den grundläggande tanken bakom detta produktionssystem är strävan efter ökad nytta för kunder genom slöseriminskning och effektivt resursutnyttjande i hela verksamheten (Liker, 2022). Lean Manufacturing definieras som en process bestående av fem steg vilka är nödvändiga för att uppnå önskat resultat (Womack & Jones, 2003).

Det första steget innebär en förståelse för vad som skapar värde för kunder, det vill säga vad som är värdefullt i en produkt eller tjänst. Uppgiften är att eliminera allt som inte ger något värde för kunder. Det andra steget är att kartlägga hela produktionsprocessen från råmaterial till färdig produkt med syfte att identifiera flaskhalsar, onödiga steg och förbättringsmöjligheter. Målet med den följande tredje etappen är att skapa ett smidigt materialflöde (produktflöde) och informationsflöde genom att eliminera hinder, förseningar och onödiga aktiviteter under produktionsprocessen. Den fjärde fasen innebär ett så kallat dragande system där produktionsflödet styrs av kundernas order. Med andra ord är det kundefterfrågan som styr produktionen, och tillverkningen av en produkt påbörjas endast när det finns en faktisk beställning. Det sista steget kan sammanfattas som strävan efter förträfflighet (*excellence*) vilket betyder perfektionssträvan genom erkännandet att det alltid finns ett utrymme för förbättringar (Womack & Jones, 2003).

### 2.4.1 Ständiga förbättringar (Kaizen)

En av grundläggande tankarna inom Lean Production är ständiga förbättringar (*japanska: Kaizen*). Detta innebär ett kontinuerligt arbete med att utveckla produktionsprocesser genom att ständigt utvärdera, reflektera, ifrågasätta och förbättra verksamheten (Liker, 2022). Genom denna process blir ett företag en levande och lärande organisation. En utgångspunkt för kontinuerliga förbättringar är ett standardiserat arbetssätt som syftar till att skapa tydliga och enhetliga arbetsmetoder. Detta leder i sin tur till bättre kvalitet, högre effektivitet och mindre slöseri. En standard kan innefatta klara beskrivningar av arbetsmoment, sekvenser av aktiviteter och tider för varje arbetsmoment samt checklistor eller andra dokument som är vägledande för medarbetare. Standarden är dock inte ett rigitt schema för hur arbete ska utföras utan snarare ett ramverk där alla känner sig fria att föreslå nya lösningar och bidrar till utvecklingen (Liker, 2022).

Den vanligaste formen av förbättringsarbete är systematiska, kontinuerliga aktiviteter som engagerar alla nivåer i företaget i de dagliga aktiviteterna. Detta innebär en ständig strävan efter utveckling, där de flesta förslagen kommer från anställdas egna iakttagelser och erfarenheter. Förbättringsarbetet kan även ta andra former, såsom Kaizen-event eller kaikaku. De två sätten fokuserar på ett specifikt område och planeras i förväg samtidigt som genomförs snabbare i syfte att uppnå tydliga och kvantifierbara mål (Petersson m.fl., 2015).

### 2.4.2 Visuell styrning

Visuell styrning fokuserar på att skapa transparens och att öka effektiviteten i produktionsprocesser genom att använda visuella signaler och hjälpmedel. Syftet med detta är att minska avvikelser samt identifiera problem i en tidig produktionsfas och åtgärda dem omedelbart. Den visuella aspekten gör det möjligt att snabbt få insikter om bland annat processer, utrustningen eller medarbetares prestanda (Liker, 2022).

Huvudsakligen handlar visuellt management om metoder för att framställa information på fabriksgolvet med hjälp av exempelvis skyltar, lappar, färgkodning, digitala skärmar. För att säkerställa obehindrad kommunikation behövs att relevant, lättillgänglig och förståelig data presenteras för personalen på rätt sätt och ställe (Kurpjuweit, m.fl., 2018). Vilken information som bör presenteras beror främst på produktionstyp, processtyp, företagsstorlek, operativa och strategiska mål och andra individuella förutsättningar såsom: bransch eller geografiskt läge. Verktygens utseende, där data presenteras har en stor betydelse för informationstillgänglighet och därför ska det få en tillräckligt stor uppmärksamhet. Å andra sida är ett utförligt val av data, det vill säga vad som ska visas, krävs ännu större beaktande (Ortiz & Park, 2019).

Ett ytterligare verktyg i den visuella kontrollprocessen är införande av ljussignaler, som kan informera om produktions avbrott, fel på arbetsstationer, materialbrist eller andra produktionsrelaterade problem. Med hjälp av trefärgade (röd-gul-grön) lampor kan

processägare, mekaniker eller produktionsledare varnas när ett problem uppstått (Liker, 2022). Signalsystemintroducering kan leda ofta till bättre informationsflöde, snabbare reparationsprocesser, snabb responstid från produktionsledningen, större transparens i processer och högre kvalitet (Prabir & Manoj, 2021).

### 2.4.3 Slöserieliminering

En central del av Lean Manufacturing är fokus på slöserieliminering. Som ett slöseri betraktas alla aktiviteter som inte ger något tillagt värde för kunder och bör därför rensas bort. I början identifierade Toyota sju icke-värdeskapande aktiviteter och med tiden har en ytterligare typ av slöseri lagts till på listan (Liker, 2022). De åtta typerna av slöseri är:

- Överproduktion
- Väntan
- Onödiga transporter
- Inkorrekt processer och överarbete
- Lager
- Onödiga rörelser
- Defekta produkter
- Outnyttjad kreativitet

## 2.5 Flaskhalsar och produktionsstörningar

Flaskhalsar inom produktionsprocesser definieras som de tillverkningssteg där produktionsflödet begränsas, vad i sin tur kan medföra minskad produktionskapacitet (Holweg, m.fl., 2018). De kan uppstå i olika delar av processen, från materialförsörjning och maskinkapacitet till personalbrist och ineffektiva arbetsmetoder. Identifiering av flaskhalskällan betraktas som grundläggande för att kunna utöka kapaciteten. Det finns flera metoder för att hantera flaskhalsar men den väsentliga åtgärden är en analys av data som kommer från tillverkningsprocesserna. Genom att analysera parametrar som cykeltid, takttider eller maskinutnyttjande kan problematiska områden upptäckas vilket möjliggör lämpliga åtgärder vid behov (Holweg, m.fl., 2018). Beroende på var i processen flaskhalsar uppstår, kan olika lösningar implementeras såsom: införande av ny utrustning, rekrytering av ny personal eller utbildning för den befintliga personalen, personalsomfördelning, nya arbetsmetoder eller byte av råmaterialleverantörer.

Produktionsstörningar definieras som avbrott eller förändring inom produktionsprocesser vad i sin tur kan leda till sämre kvalitet, prestanda, tillgänglighet, säkerhet eller arbetsförhållande. Det väsentliga med störningar är att de har en oönskad karaktär, oavsett om de är planerade eller inte (Bellgran & Säfsten, 2005).

Exempel på produktionsstörningar:

- Utrustningsfel eller haverier på maskiner
- Fel på mjukvaror
- Omställningar och justeringar
- Förebyggande underhållsåtgärder
- Väntestopp på produkter, maskiner eller material
- Kassationer eller kvalitetsfel på produkter
- Personalbrist
- Mediafel. Exempelvis strömavbrott, spänningstoppar eller tryckluft
- Incidenter och tillbud (Bellgran & Säfsten, 2015).

För att kunna införa lämpliga förbättringsåtgärder är det viktigt att identifiera och tydliggöra vilka störningar som förekommer inom olika produktionssteg. Händelser som varken mäts eller följs upp är svåra att hantera eller förbättra (Bellgran & Säfsten, 2005).

## 3. Metod

I detta avsnitt presenteras och förklaras de metoder som använts för att genomföra detta examensarbete. Att använda flera metoder för att samla in data anses vara en garanti för att få ett omfattande och välgrundat perspektiv på det analyserade problemet (Dalen, 2015).

Datainsamlingsmetoder kan delas in i två grupper: kvalitativa och kvantitativa metoder. De kvalitativa metoderna syftar till att fördjupa förståelsen för ett utforskat område samt öka kunskapen om den analyserade situationen. De kvantitativa metoderna fokuserar på mätbara data som kan uttryckas med hjälp av siffror (Alvehus, 2023). Vanligtvis nämns intervjuer och observationer som kvalitativa medan enkätstudier, experiment och statistiska metoder betraktas som kvalitativa metoder (Blomkvist & Hallin, 2015).

Beroende på syftet med datainsamlingen kan källorna delas in i två grupper: primärdata och sekundärdata. Primära källor är ursprungliga och insamlade för den aktuella studien. De skapas under arbetsgång i syfte att erhålla nya och anpassade data för studiens mål. Sekundärdata har skapats för en annan undersökning men kan användas i det aktuella arbetet eftersom de innehåller relevant information som kan stödja den nya studien (Paulsson, 2020).

För att säkerställa trovärdigheten, reliabiliteten och den generella karaktären av examensarbeteresultat ansågs både primära och sekundära källor vara nödvändiga. De primära källorna inkluderar intervjuer och observationer medan de sekundära källorna omfattar litteraturstudie och intern dokumentation från BraunAbility AB.

### 3.1 Litteraturstudie

En analys av befintliga källor är en rimlig utgångspunkt för att konstruera ett välstrukturerat examensarbete. Därför har litteraturstudie påbörjats tidigt i arbetsprocessen och fortsätts genom hela arbetet.

Det första steget i litteraturgenomgången var en undersökning av läroböcker inom områden som verkade vara relevanta för examensarbetets ämne. Dessa läroböcker innehåller ofta omfattande referenslistor vars analys var det nästa användbara steget i litteratursökningar.Handledaren från Chalmers har också bidragit till med källor.

Dessutom användes databaser på Chalmers bibliotek, Google Scholar och Google med följande sökord: MES, Manufacturing Execution System, MESA, ERP, Enterprise Resource Planning, affärssystem, Industri (Industry) 4.0, Lean produktion (production), nyckeltal, KPI, OEE (Overall Equipment Effectiveness).

## 3.2 Observationer

Observation betyder att man under en viss tid observerar och registrerar vad som händer på ett företag eller en företagsavdelning under naturligt förekommande situationer. Denna metod är dock förknippad med vissa problem, som kan sammanfattas som "observatörseffekten". Inblandningen av en extern person kan påverka hur arbete utförs och därmed göra observationer mindre representativa (Alvehus, 2023). Vissa svårigheter kring detta problem kan lösas genom att använda dolda observatörer men denna observationstyp är komplicerad på en organisatorisk nivå, särskilt i mindre företag, och anses vara problematisk ur ett etiskt perspektiv (Alvehus, 2023).

Beroende på graden av samverkan och medvetenhet mellan observatör och de som observeras nämns fyra typer av observatörer: observerande deltagare, deltagande observatör, fullständig observatör, fullständig deltagare (Höst, m.fl., 2006). Den observerande deltagare är passiv och synlig under sitt besök. Den fullständiga deltagaren medverkar aktivt i pågående processer, oftast är medarbetare inte medvetna att de är observerade. I deltagande observationer är det uppenbart att en observatör är närvarande och interagerar med miljön. Den fullständiga observatören står utanför och medverkar inte samt de som observeras är omedvetna om observationen (Höst, m.fl., 2006). Observationer är en lämplig metod för att inleda en undersökning och fastställa hur arbetet utförs, samt identifiera problematiska områden ur ett externt perspektiv.

Under datainsamlingsprocess agerade författaren som en observerande deltagare i produktionsprocesser. Alla anställda fick kännedom om författarens roll och uppdrag på ett kvartalsmöte som ägde rum den 5 april 2024. Nedan presenteras information om observationer som författaren gjorde i fabriken.

Författarens roll	Datum	Varaktighet	Syfte
Observerande deltagare	09-04-2024	2 timmar	Grundläggande översikt över produktionen
Observerande deltagare	12-04-2024	2 timmar	Vilka produktionsprocesser pågår och i vilken ordning de sker
Observerande deltagare	17-04-2024	2 timmar	Internlogistik, utmaningar och svårigheter
Observerande deltagare med korta samtal	30-04-2024	1 timme 30 minuter	Maskinutnyttjande och resurskapacitet
Observerande deltagare med korta samtal	13-05-2024	1 timme	Avstämningsobservation
Observerande deltagare	03-06-2024	1 timme	Avstämningsobservation

Tabell 1 Sammanställning av genomförda observationer

### 3.3 Intervjuer

En intervju som forskningsmetod är en av de mest frekvent tillämpade kvalitativa metoder. Anledningen är att det är ett relativt enkelt sätt att fastställa hur andra människor tänker kring olika situationer samt vilka deras erfarenheter och känslor är i ett visst sammanhang (Dalen, 2015). Som en kvalitativ metod kan intervjuer vara delvis strukturerade eller helt ostrukturerade. Ostrukturerade intervjuer innebär en öppen konversation som endast leds av ett generellt ämne, där intervjuare bara uppmuntrar respondenten att berätta vidare. Det finns inga förberedda frågor eller något tydligt schema för detta samtal (Alvehus, 2023). Semistrukturerade intervjuer innehåller ett antal frågeområden samt intervjuguide för att underlätta deltagandet för respondenten och samtidigt ge intervjuaren möjlighet att styra samtalet. De frågor som ställs under intervjun är dock inte förberedda i förväg utan formuleras av intervjuaren under konversationen (Blomkvist & Hallin, 2015). Om en intervju genomförs med flera personer samtidigt kallas den för en fokusgruppintervju. I detta fall är det viktigt att skapa en heterogen grupp för att fånga olika synpunkter och undvika risker relaterade till att samma erfarenheter påverkar svaren (Alvehus, 2023).

I detta arbete betraktades direkt interaktion med fysisk kontakt mellan en intervjuare och en respondent som en intervju. Både ostrukturerade och semistrukturerade intervjuer genomfördes under arbetsgången. Först skedde en ostrukturerad intervju med produktionschefen för att lägga grunden för efterföljande semistrukturerade intervjuer med honom samt med personer som ansvarar för underhållsarbete, kvalitet, produktionsplanering och prestandaanalys. Nedan presenteras information om genomförda intervjuer.

Position	Typ av intervju	Datum	Varaktighet	Diskuterade områden
Produktionschef	Ostrukturerad	17.04.2024	1 timme 30 minuter	Generella funderingar kring utmaningar i fabriken och behov som produktionen har.
Produktionschef	Semistrukturerad	30.04.2024	2 timmar 30 minuter	Företagets behov med hänsyn till systems funktionaliteter enligt MESA-11-standard
Produktionschef	Avstämningsmöte	03.06.2024	1 timme 30 minuter	Kriterier för leverantörsväl
Teknikchef	Semistrukturerad	13.5.2024	1 timme 15 minuter	Underhållsarbete

Business Controller	Semistrukturerad	13.05.2024	1 timme 30 minuter	Företagets strategiska och operativa mål samt nyckeltal
Produktionsplanerare	Semistrukturerad	04.06.2024	1 timme	Produktionsplanering och schemaläggning
Produktionsledare	Semistrukturerad	04.06.2024	1 timme 30 minuter	Dagliga utmaningar, uppkommande fel, personalkompetenser och förändringar inom verksamhet

Tabell 2 Sammanställning av genomförda intervjuer

### 3.4 Intern dokumentation

Den interna dokumentationen som användes var i form av fabrikslayout, whiteboard-anteckningar, datasammanställningar från företagets ERP- system samt interna rapporter om KPI, kvalitet och produktionsplanering.

Dessa informationskällor var nödvändiga för att skapa en objektiv och heltäckande bild av företagets nuvarande situation samt för att fördjupa författarens förståelse för organisationens behov och förutsättningar. På grund av företagshemlighet förekommer inga exakta data i denna rapport.

### 3.5 Demopresentation av MES- system

För att utreda tillgängliga MES-lösningar på marknaden, användes olika material som underlag, såsom PowerPoint-presentationer, demonstrationer via Teams-möten, filmklipp med demonstrationer samt analys av systemens funktionaliteter genom testkonton. Det första steget i denna utredning var att sammanställa en lista med 20 leverantörer verksamma i Sverige, vars lösningar förefaller vara anpassade för tillverkningsföretag. Samtliga leverantörer kontaktades med en förfrågan gällande deras erbjudna lösningar. Varje meddelande innehöll kort information om BraunAbility och dess behov. De företag som svarade och tillhandahöll en mer detaljerad beskrivning av deras system analyserades därefter vidare. Totalt inkom åtta svar. I Tabell 3 presenteras analyserade leverantörer av MES-system.

<b>Företag</b>	<b>Typ av mottagen information</b>
<b>ANT Solution</b>	Digitalt möte via Teams och presentation av systemet plus en färdig offert
<b>Prevas Aktiebolag</b>	Digitalt möte via Teams och presentation av tillgängliga lösningar
<b>Binar Solutions AB</b>	Digitalt möte via Teams och presentation av tillgängliga lösningar
<b>MTEK Industry AB</b>	Digitalt möte via Teams samt detaljerad presentation av tillgängliga funktionaliteter och versioner av systemet
<b>GoodSolution Sweden AB</b>	Webinar och filmer med presentation
<b>Balthzar AB</b>	Presentation av systems funktionaliteter
<b>Queris Sp. z o.o.</b>	Digitalt möte via Teams och presentation i en verklig systemmiljö
<b>Symestic GmbH</b>	Digitalt möte via Teams och tillgång till systemet via testkonto

Tabell 3. Sammanställning av analyserade MES- leverantörer

De företag som inte svarade på förfrågan var: CGI, Novotek, Empir Industry, Invid, Idhammar, VisiLean, Adductor, Axxos, Manufact AB, Siemens, Aveva och Rockwell Automation. På grund av ovanstående analyserades inte deras lösningar ytterligare.

### 3.6 Etiska aspekter

Under forskningsprocessen har flera intervjuer och spontana samtal genomförts med anställda från olika funktioner. Därutöver har författaren deltagit som en observerande deltagare under flera arbetsdagar i syfte att kartlägga produktionsprocessen och identifiera eventuella utmaningar. På grund av företagets storlek har det varit komplicerat att säkerställa fullständig anonymitet för de uppgifter som samlats in. Med hänsyn till detta har vissa uppgifter utelämnats ur texten för att undvika risker att identifiera källan. Problemet har i stället beskrivits i mer generella termer. Om det har varit omöjligt att upprätthålla anonymitet men samtidigt har information verkat vara nödvändiga, har direkt tillstånd inhämtats från den berörda personen för att använda dennes uppgifter.

Valet av MES-leverantörer har gjorts med ambitionen att behålla maximal objektivitet och opartiskhet. Alla utvalda leverantörer har fått samma meddelande med en kort beskrivning av projektet och produktionskaraktär utan att ange vilket företag som är föremål för undersökningen.

### 3.7 Reliabilitet, validitet och generaliserbarhet

Reliabilitet innebär att studieresultat är upprepningsbart. Antagandet är att vid en ny studie av samma problem med samma metoder och förutsättningar kan samma resultat erhållas. Reliabilitet handlar om konsekvens och stabilitet av resultat som kommer från en viss undersökning med definierade metoder (Alvehus, 2023). För att säkerställa forskningens tillförlighet krävs flera oberoende källor samt varierande datainsamlingsmetoder. De flesta data gällande den nuvarande situationen i fabriken, som ligger till grund för behovsidentifiering, kommer ifrån intervjuer med anställda medan observationer i fabriken utfördes som ett tillvägningssätt. För leverantöranalysen användes intervjuer med respektive företag, demopresentationer av erbjudna system samt testning av några system med hjälp av testkonton.

Validitet betyder att relevanta metoder är kopplade till uppdragets syfte och frågeställning. För att säkerställa hög validitet är det viktigt att noggrant planera och genomföra studien, använda lämpliga metoder och instrument, samt analysera och tolka resultaten på ett korrekt sätt. Det är även väsentligt att vara medveten om eventuella hot mot validiteten och aktivt arbeta för att minimera dem (Alvehus, 2023). Kvalitativa metoder, som använts i detta examensarbete, bedöms ofta som mindre trovärdiga än kvantitativa metoder och därför är det väsentligt att noggrant överväga och adressera de risker som är förknippade med denna ansats. Arbetsprocess, metodval och datainsamling bör vara noggrant genomförda, med kontinuerlig reflektion över forskningsprocessen samt ett långvarigt engagemang i det utforskade fenomenet. Detta kan säkerställa validiteten även i kvalitativa metoder (Blomqvist & Hallin, 2015).

Generaliserbarhet innebär att studiens resultat kan tillämpas på liknande problem i andra företag. Det handlar om att kunna dra slutsatser som sträcker sig bortom den specifika situation och det sammanhang som undersökts (Alvehus, 2023). Eftersom kvalitativa studier syftar till att öka förståelsen för ett utforskat område samt kunskapen om den analyserade situationen kan detta leda till att deras generaliserbarhet begränsas. Syftet med detta examensarbete är att analysera BraunAbilitys individuella behov på MES-funktionaliteter samt presentera lämpliga systemleverantörer, vilket kan leda till slutsatsen att studiens generaliserbarhet är låg. Trots dessa begränsningar kan arbetet betraktas som en utgångspunkt för andra företag med liknande förutsättningar vad gäller storlek, typ av produktion och befintliga system som stödjer verksamheter. För de företagen kan arbetet vara en visare för hur undersökningsarbete kan utföras och vilka aktiviteter som är värda att genomföra på vägen mot MES- implementering.

## 4. Nulägeanalys

I detta kapitel presenteras nuvarande situation i företaget. Denna beskrivning baseras på information som skaffats under intervjuer samt observationer i fabriken. Kapitlet innehåller även data från företagets webbsida och interndokumentation.

### 4.1 Företagsbeskrivning

BraunAbility är ett mellanstort tillverkande företag etablerat i Stenkullen, där både den operativa och den administrativa verksamheten är lokaliserade med totalt 110 anställda. Inom den operativa avdelningen arbetar 40 personer. Förutom Sverige har företaget även sin verksamhet i USA, Danmark och Storbritannien. Företaget producerar mobilitetslösningar för fordon till personer med funktionsnedsättningar. Produktutbudet omfattar bland annat: system för in- och urstigning i bilar, takbaserade stuvningslösningar, körhjälpmedel och rullstolsliftar (BraunAbility, u.d., A). BraunAbility samarbetar med flera stora biltillverkare över hela världen samtidigt som vissa produkter även kan vara fabriksinstallerade tillval (BraunAbility, u.d., B).

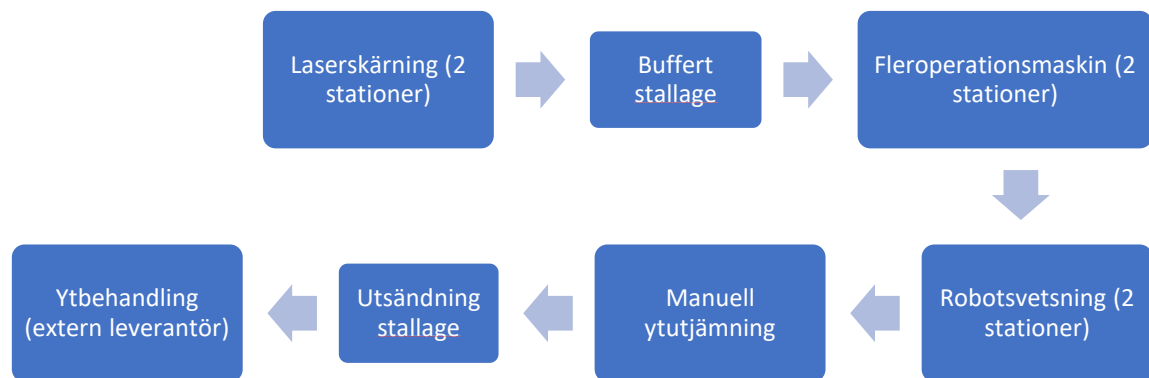
Produktionen består av två delar: metallbearbetning och monteringsavdelning. I anknäytning till fabriken finns lager för komponenter och färdiga produkter samt ett utrymme för anpassning och installation av företagets produkter i fordon. Marknadsefterfrågan på produkterna bedöms som stabil samt tillfredställande och företaget har en ledarposition inom sitt segment.

### 4.2 Beskrivning av produktionsprocesser på bearbetningsavdelning

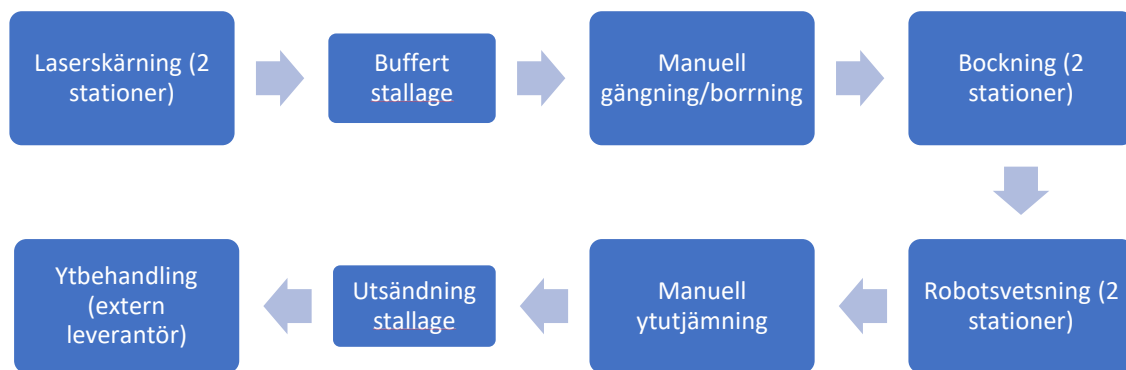
Produktionen i maskinparken kan klassificeras som batchproduktion vilket innebär att produkter tillverkas i specifika mängder enligt ett bestämt schema (Bellgran & Säfssten, 2005). Tillverkningen innefattar olika processer som utförs både automatiskt och manuellt, samtidigt som tillverkningen omfattar ett stort antal olika enheter. Huvudsakligen pågår produktionen mellan klockan 07.00-16.00 från måndag till torsdag, samt mellan 07.00-13.00 på fredagar. Mellan måndag och torsdag arbetar tre personer på kvällsskift mellan klockan 15.45-01.15. Vid behov kan övertidsarbete anordnas under helger. Kvällsskiftet omfattar ett begränsat antal arbetsuppgifter, däribland laserskärning, robotsvetsning och manuell gängning.

Operatörer tar emot order från företagets affärssystem Monitor och påbörjar arbete. Det första steget är laserskärning av metallplattor som sker på två stationer, där varje station bemannas av en operatör. Efter laserskärningen placeras de bearbetade enheterna på buffert stallage, varifrån de manuellt eller med hjälp av truck transporteras vidare till efterföljande processer. Beroende på vilka operationer anges på ordersedeln kan de nästkommande

operationerna omfatta: manuell gängning och brotschning, bearbetning i en fleroperationsmaskin, bockning, manuell- eller robotssvetsning, manuell slipning. Varje order innehåller information om: vilka processer ska utföras, i vilken ordning, antalet beställda enheter, start- och slutdatum för order. De flesta producerade enheter skickas vidare till externa leverantörer för ytbehandling, varefter de returneras till fabriken för att användas på monteringsavdelningen. Nedan presenteras de två vanligaste produktionsflödena.



Figur 4. Produktionsflöde 1



Figur 5. Produktionsflöde 2

De flesta maskiner som finns i fabriken kräver mänsklig interaktion för att kunna slutföra sina uppgifter. Personalen är främst nödvändig vid in- och urlastning, påbörjande av varje operation samt för att flytta bearbetade enheter vidare. Den enda maskin i fabriken som arbetar helt autonomt är fleroperationsmaskinen, där endast leverans av ingående material och hämtning av utgående komponenter kräver mänsklig närvaro.

Totalt arbetar 15 produktionsoperatörer på bearbetningsavdelningen. Fabriken består av olika arbetsstationer som bemannas av personal i enlighet med befintliga

kompetensmatriser. Produktionsplanering och personalschemaläggning sker veckovist. De enklaste uppgifterna som omfattar manuell bearbetning kan utföras av samtliga medarbetare, vilket möjliggör att en ersättare lätt kan identifieras vid sjukdom eller annan frånvaro. Övriga stationer kräver specifika kunskaper hos de anställda, vilket medför utmaningar vid oförutsedda ändringar i bemanningen. Företagets ambition för kommande år är att vidareutbilda samtliga medarbetare för att de ska kunna arbeta på samtliga arbetsstationer.

För närvarande finns det inte något gemensamt system för att styra maskiner, verktyg eller funktioner av olika typer i fabriken. Vissa maskiner har datorstyrda program men det finns ingen koppling mellan olika stationerna. Fabriken använder inte system som automatiskt kommunicerar mellan maskiner på verkstadsgolvet och affärssystemet Monitor. Operatörer påbörjar och avslutar order i företagets affärssystem Monitor, utan realtidsövervakning av vad som sker däremellan. Mätningar och statistik gällande maskinutnyttjande baseras på historiska data, medan produktionsplaneringen sker utifrån produktionsplanerarens erfarenheter och uppskattningar. För närvarande används inte data om enskilda maskiners status under arbetsdagarna, vilket omöjliggör beräkningar av OEE för bearbetningsavdelningen.

Kvalitetskontroll, som innebär kontroll av överensstämmelse med teknisk specifikation, pågår kontinuerligt och det är operatörerna som är ansvariga för att granska om tillverkade enheter uppfyller kvalitetskraven. Om fel upptäcks ska operatörer omedelbart åtgärda dessa medan de felaktiga komponenter som inte kan repareras ska kasseras. Beroende på stationer gäller olika regler för kvalitetskontroll. Som tumregel sker kontroller av åtminstone den första och sista enheten i varje parti. Eventuella felaktigheter i tillverkningen som missats i produktionen fångas upp på monteringsavdelningen, där kontroller inkluderar operatörs- och kompisgranskning.

BraunAbility har i mars i år påbörjat ett aktivt arbete med att implementera Lean-principer. Genom att införa ett eget produktionssystem och stärka företagskulturen siktar företaget på att öka effektiviteten, produktkvalitet, leveransprecision och kundnöjdheten. De planerade åtgärderna innefattar:

- Ständiga förbättringar genom Kaizenevents
- Aktivt arbete med hjälp Demings förbättringscykel
- Ökad synlighet och visualisering av resultat
- Identifiering av slöseri
- Tidig upptäckt och rapportering av avvikelser
- Engagemang från hela personalen

Arbetet utgår från dagliga pulsmöten som leds av produktionschefen med representation från olika avdelningar (kvalitet, underhåll, inköp och logistik) samt produktionsledare. För närvarande används vita tavlor med handskrivna anteckningar och färgglada magneter för att visualisera resultat. Det finns även två digitala skärmar på fabriksutrymmet, där den ena visar data om rapporterade avvikelser och fel, medan den andra presenterar resultat från

monteringsavdelningen. Dessa skärmar kräver dock manuell uppdatering från företagets AM-ledningssystem och affärssystem, och de presenterar inte data i realtid.

### 4.3 System som redan används i fabriken

Följande system används för närvarande för att stödja produktionsprocessen:

1. ERP-system: Monitor G5
2. Ledningssystem: AM System (där bland annat avvikelser, fel och underhållsarbeten kan registreras)
3. Microsoft Power BI: Visualisering av nulägesstatus och nyckeltal
4. Styrprogram: Ett program för respektive operation såsom laserskärning, fleroperationsmaskin, svetsrobot eller kantpress

### 4.4 Nyckeltal

För att utvärdera företagets lönsamhet används till största del EBIDTA (Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation, and Amortization) som nyckeltal. Företaget fokuserar på flera områden som anses ha den största betydelsen ur ett strategiskt och operativt perspektiv. Dessa områden är: produktkvalitet, hälsa och säkerhet, tillverkningsenhetens effektivitet och produktivitet, lageromsättningshastighet samt leveransprecision. För att mäta verksamhetens produktivitet och effektivitet används olika nyckeltal, som rapporteras och redovisas månadsvis.

Bearbetningsavdelningens produktivitet följs dels genom att beräkna antal producerade enheter per tidsenhet och genom att jämföra värdet av det som produceras till kund med antalet arbetade timmar. De arbetstimmar som tas hänsyn till gäller direkt arbete (värdeskapande aktiviteter) som lagts på själva produktionen.

För närvarande används inte OEE som ett sammanlagt nyckeltal. I stället analyseras tillgänglighet och kvalitet separat. Utan ett system för att samla in information om maskiners status i realtid används inte sådana data för denna avdelning. Utnyttjandegraden kan endast beräknas baserat på orderhistorik men det saknar detaljer om enskilda maskiners status under dagen. Man kan inte fastställa hur mycket tid varje station är upptagen, blockerad, tomgående eller ur funktion (Holweg, m.fl., 2018). Denna brist på detaljerade produktionsdata försvårar arbetet med att identifiera lämpliga åtgärder för att förbättra produktionseffektiviteten.

Vad gäller produktionsprocessen mäts för närvarande inte någon form av utbyte (yield) eller andra relaterade kvalitetsdata. Under det senaste halvåret har dock ett arbete införts för att registrera olika tillverkningsfel med hjälp av det befintliga AM-ledningssystemet på monteringsavdelningen. Denna information finns tillgänglig på en skärm placerad ovanför de vita tavlorna och diskuteras under de dagliga pulsmötena. För närvarande saknas rutiner för registrering av fel på bearbetningsavdelningen.

## 5. BraunAbilitys behov av MES-funktionaliteter

I denna kapitlet presenteras forskningsresultat som baseras på genomförda intervjuer med företagsanställda och observationer på fabriken. De intervjuade personerna representerade olika funktioner i företaget i syfte att säkerställa studiens reliabilitet. Vid sidan av intervjuerna genomfördes även spontana samtal med anställda som arbetade direkt i produktionen för att diskutera deras dagliga arbetsuppgifter och utmaningar. Samtliga påståenden kommer från dessa intervjuer, samtal och författarens iakttagelser. Analys av systemleverantörer genomfördes med hjälp av digitala presentationer och i vissa fall genom tillgång till systemet via testkonto.

### 5.1 Företagets inställning till MES

Inom företaget råder en uppfattning att MES-system är synonymt med produktionsuppföljningssystem. Den inledande ostrukturerade intervjun med företagets produktionschef kring generella frågor angående företagets behov och förutsättningar indikerade denna syn på MES-systemets funktionaliteter. Realtidsövervakning av produktionen, tillgång till realtidsdata samt digitalisering av produktionsrapportering uppgavs som grundläggande förväntningar som en MES-implementation förväntas tillgodose.

Ytterligare intervjuer och spontana samtal har emellertid visat att det råder en begränsad medvetenhet bland de anställda kring hur en MES-implementation kan förändra och effektivisera verksamheten samt underlätta de dagliga arbetsuppgifterna. Vissa respondenter ansåg att det befintliga produktionssystemet är tillräckligt effektivt och att de nuvarande systemen är adekvata för att tillhandahålla nödvändiga data och styra produktionen.

### 5.2 Företagets behov

Utgångspunkten för behovsanalysen var MESA-11-standard som diskuterades under intervjuer. Beroende på vilken person som intervjuades, behandlades inte samtliga områden i de ställda frågorna. Sammanlagt genomfördes sju intervjuer och några korta samtal med medarbetare på golvet. Dessutom var de observationer som genomfördes en värdefull källa för att både bekräfta data från intervjuerna och upptäcka nya företagsbehov.

Nedan presenteras de identifierade aktiviteterna inom specifika områden, som antas vara lämpliga för företaget. Vidare analyseras hur dessa aktiviteter kan stödja verksamheten och hur deras påverkan förknippas med det teoretiska ramverket.

### 5.2.1 Datainsamling

En systematisk datainsamling från produktionsprocesser är en grundläggande förutsättning för att identifiera problemområden, upptäcka avvikelser i ett tidigt skede och möjliggöra omedelbar reaktion på störningar. För närvarande existerar det inget system inom företaget som regelbundet samlar in data om produktionsprocesser i realtid. Avsaknaden av detaljerade data kring kvalitetsutbyte, maskinutnyttjande och resurstillgänglighet utesluter möjligheten att använda OEE för att utvärdera verksamheten. Genom att identifiera och kvantifiera förluskällor såsom stillastående maskiner, bristande produktkvalitet, överförbrukning av material och driftstopp i olika arbetsstationer, kan organisationen uppnå betydande vinster (Liker, 2009). Utan exakta mätningar försvåras beslutsfattandet, samtidigt som beslut som baseras på uppskattningar och ungefärliga data riskerar att vara opålitliga och inkorrekta.

Tillgång till detaljerade data som omfattar både personal och maskiner möjliggör identifiering av flaskhalsar och är nödvändig för att effektivisera processer, öka produktivitet, kvalitet och slutligt resultat (Holweg, m.fl., 2018).

Realtidsdata utgör också en viktig grund för kontinuerliga förbättringar och slöserireducering, vilket främjar produktivitet, kvalitet och medarbetarmotivation (Cotyn m.fl., 2010). En systematisk och regelbunden insamling av relevanta produktionsdata är därför nödvändig för att optimera företagets produktionsprocesser.

Sammanfattningsvis avser informationen som ska samlas in följande data:

- Producerade enheter per tidsenhet, där tidsperioder kan varieras beroende på analyserad arbetsstation
- Maskindata såsom arbetstider, ställtider, väntetider, cykeltider och drifttider
- Materialdata inklusive hur mycket material behövs för att utföra en viss order, spill och skrot på grund av normal förbrukning och defekter
- Vanliga defekter som uppstår vid produktionsprocesser vid varje arbetsstation
- Register över planerade och genomförda kvalitetskontroller på respektive arbetsstation.
- Personalkapacitet för manuellt arbete vid bockning och robotsvetsning samt för andra stationer där personalen direkt påverkar produktiviteten.
- Orderdata inklusive tid för att utföra varje produktionsorder från laserskäring till skickande för ytbehandling hos en extern leverantör, orderstatus
- Maskinernas energiförbrukning

### 5.2.2 Spårbarhet

Baserat på den analyserade delen av fabriken, där råmaterial omvandlas i en fastställd ordning enligt produktionsorder, verkar spårbarhet på individnivå vara överflödigt. Det finns inte faror att ett visst parti försvinner. Eftersom produktionskedjan inte har en särskild komplicerad karaktär kan problem med identifiering av vart ett visst batch skapades

uteslutas. Att kunna lagra information om varje batch tolkades som en stödjande, men inte nödvändig, funktion i det initiala stadiet av MES-implementeringen. Med hänsyn till antagandet att införa ett MES- system för hela verksamheten kan spårbarhet vara användbar för monteringsavdelningen i framtiden.

### 5.2.3 Resurshantering

För närvarande utförs planeringsarbete manuellt med beaktande av beställningar som kommer från företagets ERP-system. När lagernivåerna når en förutbestämd beställningsnivå, skickar systemet automatiskt en produktionsorder som hanteras av produktionsplanerare. Arbetet fördelas därefter av produktionsledare mellan operatörer i enlighet med deras kompetenser. Genom att införa automatisk hantering av dessa uppgifter kan tid sparas samtidigt som personalens tillgänglighet ökar vilket möjliggör att utnyttja dem på andra områden. Dessutom begränsas faror för felaktig planering vilket i sin tur eliminerar risker för defekter på produkter, onödiga transporter, rörelser och materialslöseri (Liker, 2009).

I ett resurshanteringsperspektiv har följande aktiviteter identifierats som nödvändiga vid implementering av ett MES-system:

- Skapande av produktionsplaner med hänsyn till produktionsorder från ERP-system
- Tilldelning av arbete för operatörer och maskiner i enlighet med respektive kunskapsmatriser och maskintillgänglighet
- Planering av övertid med hänsyn till produktionsorder och beräknad tillverkningstid

### 5.2.4 Prestandaanalys

För närvarande använder företaget Power BI som ett visualiseringsverktyg för nulägestatus och nyckeltalsanalys. Genom integration och koppling mellan MES- system och Power BI blir produktionsrelaterade data tillgängliga för medarbetare på golvet, vilket kan stödja den dagliga styrningen och den pågående Lean- resan. MES- system som övervakar produktionen i realtid säkerställer att väsentliga nyckeltal och deras analys sker samtidigt som produktionen pågår vilket möjliggör omedelbara åtgärder vid avvikelser.

Inom prestandaanalysen har följande nödvändiga aktiviteter identifierats:

- Visualisering på operatörspaneler och skärmar i fabrikshallen av följande data: produktivitet, upptäckta fel, OEE- data för enskilda maskiner och hela avdelningen samt tillverkade enheter under olika tidsintervall (till exempel under ett skift och från ordrens början)

- Identifiering av mönster och samband genom regelbunden rapportering av produktionens prestanda i realtid.
- Lättillgängliga rapporter gällande produktionsprestanda på olika detaljnivåer, såsom per maskin, per operatör, per batch eller för olika tidsintervall.

### 5.2.5 Processhantering

I nuläget pågår arbete i maskinparken enligt en fastställd ordning vilket motiveras av produktionens specifika karaktär. Hittills har inga möjligheter att förändra tillverkningsprocessernas sekvens, som skulle kunna leda till ett bättre resultat, identifierats. Därför anses processhantering i form av att leta efter alternativa arbetsflödeskonfigurationer vara onödig i nuläget. Denna funktionalitet antas däremot vara användbar vid framtida implementering av ett MES-system på monteringsavdelningen.

### 5.2.6 Kvalitetshantering

För närvarande utförs kvalitetskontroller vid arbetsstationer i maskinparken manuellt, utan krav på att varje operatör dokumenterar de genomförda kontrollerna. Detta riskerar att leda till kvalitetsbrister på tillverkade enheter, vilket i sin tur kan medföra problem i efterföljande produktionssteg och materialslöseri. Systematisk dokumentation av vanligt förekommande fel skulle möjliggöra kontinuerliga förbättringar, samt underlätta förebyggande åtgärder i syfte att utveckla och effektivisera produktionsprocessen. Att visa kvalitetsbrister, exempelvis på operatörspaneler och skärmar i fabrikshallen, utgör en del av visuell styrning, vilket bidrar till att öka produktivitet och minska slöseri. Detta inkluderar en förbättrad överskådlighet, tydligare kommunikation och ökad medvetenhet hos operatörerna, vilket i sin tur bidrar till en mer effektiv och resurssnål produktionsprocess.

Inom kvalitetshanteringsområdet har följande aktiviteter identifierats, som MES-system ska leverera:

- Krav på registrering av utförda kvalitetskontroller på operatörspanelen i enlighet med de befintliga reglerna. Detta omfattar kontroll av minst den första och sista enheten i varje batch
- Checklistor som specificerar vilka kontroller som ska utföras, när de ska utföras och vilka acceptanskriterier som gäller
- Registrering av automatiska tester som kan utföras av maskiner själva
- Upprättande av kontrollplaner för varje processteg, arbetsstation eller operatör
- Insamling av resultat från manuella kvalitetstester och automatiska tester från maskiner

Med hänsyn till att det redan finns en metod för registrering av olika fel som uppstår under produktionsprocesser, så kan införandet av denna MES-funktionalitet lämpligen överföras till ett nästkommande skede i implementeringsgenomförandet.

### 5.2.7 Personalhantering

För närvarande registrerar anställda sina arbetstider på datorstationer som är placerade på olika platser i fabriken. Mätningar som genomförts av produktionsledningen tidigare i år visar att operatörer förlorar mycket tid på att registrera arbetstider på detta sätt. Införande av arbetstidsregistrering direkt på operatörspaneler vid arbetsstationer bedöms vara en lämplig lösning för att öka resursutnyttjande. På detta sätt kan slöseri i form av onödiga rörelser, väntan och outnyttjad kreativitet begränsas. Den frigjorda tiden kan utnyttjas för att utföra uppgifter som är direkt förknippade med värdeskapande aktiviteter.

### 5.2.8 Materialhantering

För närvarande har inget särskilt behov av materialhanteringsaktiviteter för maskinparken identifierats. Leveranser av råmaterial från lagret sker endast vid den första stationen, det vill säga laserskärning, medan övervakningen av råmaterialstillgängligheten fungerar väl med det nuvarande systemet. Denna funktionalitet antas vara användbar för att hantera materialförsörjningen till monteringsavdelningen och kan införas i ett senare implementeringsskede.

### 5.2.9 Detaljerad schemaläggning

I nuläget utförs planerings- och schemalägningsarbeten manuellt av produktionsledare. Det finns en brist på exakt information gällande kapacitet hos maskiner och personal. Schemalägningsarbetet baseras på uppskattningar och ungefärliga tider för att realisera produktionsorder. En schemaläggning grundad på detaljerade data skulle möjliggöra snabba justeringar i syfte att anpassa sig till förändringar i efterfrågan eller produktionsprocessen. Genom optimering av resursanvändning och produktionsflöde kan risken för materialspill och förlorad tid reduceras, vilket i sin tur skulle leda till lägre produktionskostnader, högre produktivitet och bättre kvalitet.

Inom detta område har följande aktiviteter identifierats, som MES-system bör säkerställa:

- Beräkningar av tider som krävs för varje produktionsorder
- Beräkningar av maskiners och operatörers kapacitet med hjälp av tillgängliga data från tidigare order
- Skapande av uppdragslista för operatörer och maskiner baserat på deras kapacitet, tillgänglighet och kompetenser

### 5.2.10 Underhållshantering

Underhållsrelaterade aktiviteter anses vara väsentliga för hela verksamheten inte bara ur ett produktionsperspektiv utan även ur ett säkerhetsperspektiv för anställda. Utförligt planerade underhållsarbeten leder till optimalt resursutnyttjande, bättre kvalitet och ökar resurstillgänglighet. Detta möjliggör planeringsarbete med hög tillförlighetsgrad samtidigt som oförutsägbara stopp begränsas betydligt.

Mot den bakgrunden har följande funktionalitet identifierats som önskvärd inom ett Manufacturing Execution System:

- En lista över planerade underhållsåtgärder som är tillgängliga direkt från operatörspaneler
- En lista med planerade produktionsstopp till följd av maskinservice
- Upprättande av underhållsorder som baseras på fördefinierade tidsintervall eller användningsdata
- Datainsamling från maskinsensorer för att identifiera potentiella problem innan de kan orsaka driftstopp

För närvarande använder företaget ett underhållshanteringssystem som en del av dess AM-ledningssystem. Detta system kan betraktas som en initial utgångspunkt för det fortsatta arbetet med underhållsfrågor. Det nuvarande verktyget har dock vissa identifierade problematiska aspekter, såsom ett krav på manuell dataregistrering i systemet, vilket sänker dess tillförlitlighet. Trots de aktuella bristerna i systemet rekommenderas det att införa mer avancerade underhållsfunktioner inom MES-systemet i ett senare skede.

### 5.2.11 Dokumenthantering

För närvarande förvaras dokumentation rörande produktionsprocessen i pappersform. Arbetsinstruktioner är tillgängliga vid vissa arbetsstationer medan orderlappar skrivs ut när en operatör börjar arbete med en ny produktionsbeställning. En digitalisering av dessa dokument skulle kunna spara tid och göra dokumentationen lättillgänglig. Genom att automatiskt spara varje dokumentförändring undviks risken att använda inaktuella versioner. Dessutom skulle en papperslös produktion bidra till ett standardiserat arbetssätt.

Parallellt med digitaliseringen av den befintliga pappersdokumentationen, kan det vara motiverat att införa digital dokumentation avseende kvalitetskontroller. I nuläget utför operatörerna manuella självkontroller av åtminstone den första och sista enheten i ett produktionsparti, men dessa aktiviteter dokumenteras inte. Krav på kvalitetskontrollregistrering direkt på operatörspaneler kan potentiellt leda till minskad förekomst av defekter och snabbare åtgärder vid felidentifiering. Dessutom kan detta ge bättre insyn i de vanligaste felena och möjliggöra bättre planering av förebyggande insatser. En förbättrad kvalitet på färdiga produkter påverkar verksamhetens OEE vilket i sin tur ger ett bättre underlag för beslutfattande på en ledningsnivå (Kecheou, m.fl., 2024). Att

överföra dokumentationsflödet till ett digitalt format är ett av nyckelelement som krävs för att implementera i en smart fabrik. Inom dokumenthanteringsområdet har följande aktiviteter identifierats, som MES- system ska leverera:

- Digitala arbetsinstruktioner
- Digital teknisk dokumentation
- Produktionsorder i en digital form utan behov att skriva ut dem. Produktionsorder är tillgängliga från operatörspanel vid varje arbetsstation
- Digitala checklistor för kvalitetskontroller
- Digital dokumentation angående underhållsarbete

### 5.3 Sammanställning av relevanta MES- funktionaliteter

På grund av komplexiteten i MES-implementeringsprocessen har det antagits att systemet kan introduceras stegvis. Detta innebär att vissa aktiviteter tolkas som grundläggande för företaget och ska därför införas först, medan andra ses som en utökningsmöjlighet för framtiden. Detta gjordes med avseende på att analysen utfördes bara för en avdelning medan i slutändan kommer implementeringen att beröra båda produktionsavdelningarna alltså: bearbetningsavdelningen och monteringsavdelningen. Av ekonomiska skäl är det fördelaktigt att först testa några funktionaliteter och utvärdera om fler moduler behövs. MES-systemet ska omfatta både avdelningar och det första steget kan ses som en provkörning för en mer omfattande implementering. Snarare än att ta bort funktioner som visar sig vara onödiga, är det rimligt att lägga till nya moduler i takt med växande behov.

I tabell 4 presenteras sammanställning av MES- funktionaliteter med hänsyn till tiden för deras implementering.

<b>Funktionalitet</b>	<b>Det första steget</b>	<b>Senare steg</b>
<b>Datainsamling</b>	+	
<b>Spårbarhet</b>		+
<b>Resurshantering</b>	+	
<b>Prestandaanalys</b>	+	
<b>Processhantering</b>		+
<b>Kvalitetshantering</b>		+
<b>Personalhantering</b>	+	
<b>Materialhantering</b>		+

<b>Detaljerad schemaläggning</b>	+	
<b>Underhållshantering</b>		+
<b>Dokumenthantering</b>	+	

Förklaringar: värt att införa

Tabell 4. Relevanta MES- funktionaliteter

MES- implementering är ett viktigt steg mot verksamhetsdigitalisering och skapande av ”smarta fabriker”. Genom att skapa en digital länk mellan de fysiska processerna på verkstadsgolvet och de digitala system som styr verksamheten (Monitor 5G, AM-ledningssystem, PowerBI), möjliggörs ökad automatisering, eliminering av manuellt arbete och introduktion av realtidsövervakning av processerna (Popkova, m.fl., 2018). Dessa processer bidrar i sin tur till högre effektivitet och produktivitet, bättre kvalitet och i slutändan ökad lönsamhet. Utvecklingen mot smarta fabriker framstår som oundviklig i en tid med ökande konkurrens, nya produktionsmetoder och allt kortare livslängd för färdiga produkter (Holweg et al., 2018).

## 5.4 Leverantörsanalys

I detta kapitel presenteras resultat på en analys av MES-systemleverantörer inklusive korta beskrivningar av varje analyserade system för att ge en så objektiv bild av tillgängliga lösningar som möjligt.

### 5.4.1 ANT Solution

ANT Solution erbjuder tre olika lösningar som bidrar till att spåra, leda och hantera produktionsprocesser. Valet av lösning beror på faktorer som produktionstyp, företagets storlek, befintliga system, vanliga problem och framtida mål. Dessa alternativ är:

1. OEE Performance Monitoring- Ett grundläggande system som fokuserar på att samla in data från maskiner och sensorer samt beräkna och analysera OEE på olika detaljnivåer. Dessa lösningar kan betraktas som ett första steg i produktionsövervakning och realtidskontroll.
2. MES- Utöver alla funktionaliteter som OEE Performance Monitoring erbjuder, säkerställer detta system även spårbarhet, kvalitetshantering och omarbetsningshantering.
3. MOM (Manufacturing Operation System) - Ett system med den mest omfattande funktionaliteter inklusive underhållshantering (Computerised Maintenance Management System), produktionsplanering (Advanced Planning System) och lagerhantering (Warehouse Maintenance System) (ANT Solution, u.d).

Funktionalitet enligt ANT klassificering	Funktionalitet enligt MESA-11 standard	OEE Performance Monitoring	MES	MOM
Maskinanslutning		+	+	+
Produktionsutförande	Datainsamling; Prestandaanalys	+	+	+
Felhantering	Datainsamling	+	+	+
OEE analys	Prestandaanalys	+	+	+
Digital dokumentation	Dokumenthantering	+	+	+
Instrumentpaneler och rapporter	Prestandaanalys; Datainsamling	+	+	+
Online visualisering	Prestandaanalys	+	+	+
Master Data	Underhållshantering	+	+	+
Underhåll ANDON		+	+	+
Systemintegration	Datainsamling	-	+	+
Master Data Avancerad	Spårbarhet	-	+	+
Spårbarhet	Datainsamling	-	+	+
Omarbetningshantering	Kvalitetshantering	-	+	+
Kvalitetshantering	Dokumenthantering	(+)	(+)	+
Papperslös	Datainsamling	(+)	(+)	+
Mikrostoppövervakning	Underhållshantering; Datainsamling	-	(+)	+
Maskinkontroll	Datainsamling; Underhållshantering	(+)	(+)	+
Produktionsplanering (APS)	Datainsamling; Detaljerad schemaläggning; Resurshantering; Personalthantering	(+)	(+)	+
Lagerhantering (WMS)	Materialhantering; Datainsamling	(+)	(+)	+
Underhållsstyrning (CMMS)	Underhållshantering	(+)	(+)	+

Förklaringar: + närvarande funktionaliteter

- frånvarande funktionaliteter

(+) möjlighet att utöka

Ska införas i det första steget

Tabell 5. ANT Solutions erbjudande (ANT Solution, u.d.)

Enligt tabell 5 är den första lösningen, OEE Performance Monitoring, lämplig att införa i fabriken i ett inledande skede. Detta system innehåller samtliga nödvändiga funktionaliteter som identifierades som grundläggande under behovsanalysen. Samtidigt finns möjligheter att addera andra relevanta funktioner i ett senare skede.

#### 5.4.2 Balthzar AB (Delacroy AB)

Balthzar erbjuder anpassade lösningar för varje enskilt företag. Kunden kan välja och sammanställa de funktioner som krävs enligt en intern behovsanalys. Företagets MES-lösningar har implementerats i såväl Sverige (Gunnebo) som andra länder (Mustad i Brasilien). Företaget har erfarenheter av både stora och små implementeringar, samtidigt som tillgängliga funktioner kan ändras vid behov (Balthzar, u.d.).

<b>Funktionalitet enligt Balthzars klassificering</b>	<b>Funktionalitet enligt MESA-11 standard</b>
Maskins tillgänglighet	Resurshantering; Prestandaanalys; Underhållhantering; Datainsamling
Anläggningsutnyttjande	Resurshantering; Prestandaanalys; Personalhantering
Kassationer	Materialhantering; Kvalitetshantering;
Kvalitetskontroller	Kvalitetshantering; Prestandaanalys;
Visualisering	Prestandaanalys
Rapporthantering	Prestandaanalys
Digital dokumentation	Dokumenthantering

Förklaringar: ska införas under första steget

Tabell 6. Balthzars erbjudande

### 5.4.3 Binar Solutions AB

Binar erbjuder modulärt uppbyggt MES system (Binar Production System) som kan stödja arbete med Lean Production och bidra till produktions optimering och automatisering. Detta system kan installeras lokalt (hårdvaror på plats) men det kan också fungera som ett molnbaserat system (Binar, u.d.). Binar ställer krav på att minimum tio arbetsstationer kopplas upp under implementeringen.

Enligt tabell 7 erbjuder Binar Solution AB alla nödvändiga funktionaliteter för att täcka företagets behov. Kunden kan fritt sammanställa olika funktionaliteter utan krav på en specifik ordning eller introduktionssekvens.

<b>Funktionalitet enligt Binar Solutions AB klassificering</b>	<b>Funktionalitet enligt MESA-11 standard</b>
Takt & Andon	Prestandaanalys; Databasinsamling
Instrumentpaneler	
LED- skärmar	
Funktionsknappar	
Larm på mobila enheter	Databasinsamling; Underhållshantering
Stationsstatusöversikt	Databasinsamling; Underhållshantering
Scheman (produktionsplanering, driftstoppsplanering, skift, tid)	Detaljerad schemaläggning; Resurshantering; Personallhantering
Spårbarhet	Spårbarhet
Rapportering (stoptid, larm, OEE, produktivitet)	Databasinsamling; Prestandaanalys
Larm (Andon, sms, mail, maskin)	Underhållshantering; Databasinsamling
Poka Yoke (digitala instruktioner, maskins kontroll, arbetssekvenser)	Dokumenthantering; Databasinsamling, Resurshantering;
Pick to light capability	

Förklaringar: ska införas under första steget

Tabell 7. Binar Solutions erbjudande

### 5.4.4 Good Solutions Sweden AB

RS Production OEE är ett Manufacturing Execution System (MES) som företaget erbjuder i fyra olika versioner, vilka skiljer sig åt i innehåll. Vissa funktionaliteter kan läggas till som valfria tillval i ett senare skede. Systemet är molnbaserat och drivs på Microsoft Azure-plattformen. Det har ett beprövat integrationssätt med Power BI-verktyg och Monitor 5G, vilket tillhandahålls av Good Solutions. Företaget innehar en stabil position på den svenska

marknaden och har framgångsrikt implementerat systemet hos kunder som Orkla, Sandvik och Barilla Wasa.

<b>Funktionalitet enligt Good Solutions klassificering</b>	<b>Funktionalitet enligt MESA-11 standard</b>	<b>TRACK</b>	<b>PULSE</b>	<b>TEAM</b>	<b>Enterprise</b>
Uppföljning av driftstopp (manuell & automatisk)	Underhållshantering; Datainsamling;	+	+	+	+
Realtidsvisualisering (skärmar)		+ 1 skärm	+ 1 skärm	+ 5 skärmar	+ 5 skärmar
Avancerad förlustuppföljning (OEE, stationsstilleståndstid, skrot och omarbetningsförlust)	Prestandaanalys	-	+	+	+
Produktionsuppföljning (producerade enheter, order, operatörsskiftsrapport)	Prestandaanalys; Datainsamling	-	+	+	+
Avancerad förbättringsanalys (cykeltid, omställningar, trender, underhållsnyckeltal)	Datainsamling; Prestandaanalys	-	-	+	+
Fabrikskapacitetsplanering	Resurshantering; Personalhantering; Schemaläggning			+	+
Maskindata (produktionstid, driftstopporsak, cykelsignal)	Datainsamling; Kvalitetshantering;	+	+	+	+
Användargränssnitt (mobil, operatörspanel, skärmar)		+	+	+	+
Andon	Underhållshantering	O	O	O	O
Formulär & checklistor	Dokumenthantering	-	-	-	+

Förklaringar: + närvarande funktionaliteter

- frånvarande funktionaliteter

O option (möjlighet att utöka)

Tabell 8. Good Solutions erbjudande

Ska införas i det första steget

### 5.4.5 MTEK Industry AB

MTEK är en global ledare i sin kategori samt uppnår en av de högsta innovationsnivåer med sina lösningar. Dess implementationer omfattar flera högteknologiska bolag däribland: Koenigsegg, Polarium, Swegon eller Katek Group. Företaget erbjuder ”no-code” MES-lösningar (MBrain, Digital Production System) i tre olika versioner. Den basversionen innehåller grundläggande funktionaliteter som även är tillgängliga i de två mer avancerade optionerna. Systemet är lämpligt för grundläggande batchproduktion, mer avancerad enstycksflödeproduktion eller flöden med sekvenserad materialpåfyllning som är vanligt inom fordonsindustri (MTEK, u.d.).

Tabell 9 visar de tre olika versionerna av MES-system som leverantören erbjuder. Funktionaliteter som kan väljas har en mer omfattande karaktär jämfört med de system som analyserats under projektets gång.

Funktionalitet enligt MTEKs klassificering	Funktionalitet enligt MESA-11 standard	Kärnfunktionalitet	Tillval-moduler	Förbättrade moduler
Produktionsöversikt (valfri konfiguration)		+	+	+
Instrumentpaneler & rapporter	Prestandaanalys	+	+	+
Datainsamling	Datainsamling	+	+	+
Säkerhets kors & incidentrapportering	Kvalitetshantering; Underhållshantering	+	+	+
Recept (digital dokumentation)	Dokumenthantering	+	+	+
Metadata	Dokumenthantering	+	+	+
Orderhantering	Detaljerad schemaläggning;	-	+	+
Produktionsplanering (order, bemanning, material, schema)	Detaljerad schemaläggning; Personhantering; Resurshantering	-	+	+

Skiftmallar	Personalhantering; Resurshantering	-	+	+
Processbyggare	Processhantering	-	+	+
Lager (materialnivå, tillgänglighet)	Materialhantering	-	+	+
Kontroll över intern logistik	Processhantering; Materialhantering	-	+	+
Arbetsinstruktioner	Dokumenthantering	-	+	+
Andon	Kvalitetshantering; Underhållshantering	-	+	+
Skrotrapportering	Prestandaanalys; Materialhantering	-	+	+
Spårbarhet	Spårbarhet	-	+	+
Omarbetning & reparationer	Processhantering	-	+	+
Produktionsanalys	Prestandaanalys;	-	+	+
FMEA, 5 Varför, 8D, AI modeller, Ishikawa-diagram		-	-	+

Förklaringar: + närvarande funktionaliteter

- frånvarande funktionaliteter

Ska införas i det första steget

Tabell 9. MTEK:s erbjudande

### 5.4.6 Prevas Aktiebolag

Prevas erbjuder ett kundanpassat MES-system där kunden kan välja bland de tillgängliga funktionaliteterna. Erbjudandet innehåller lösningar för specifik produktion, men i de flesta fall kan de anpassas till olika branscher utifrån individuella behov. Bland företagen som använder Prevas lösningar finns ABB, Atlas Copco, Ericsson, Löfbergs, Sandvik och Volvo.

I tabell 10 presenteras funktionaliteter som kan väljas.

Moduler som kan kombineras inom MES- system	Funktionalitet enligt MESA-11 standard
Effektivitetsmättningar	Prestandaanalys; Datainsamling;

Batchprocedurmodul (batch- förfarande, valideringsprocess, dokumenthantering)	Kvalitetshantering; Datainsamling; Dokumenthantering;
Spårbarhetsmodul (från råmaterial till färdiga produkter)	Spårbarhet
Inställningar & omsättningsmodul	Processhantering; Datainsamling; Prestandaanalys;
Dokumenthantering (digitala arbetsinstruktioner, tekniska ritningar m.m.)	Dokumenthantering
Orderhantering	Dokumenthantering; Datainsamling
Kvalitetsstyrning	Kvalitetshantering
Supply Chain Integration	Materialhantering
Produktionsplanering	Resurshantering; Personalthantering; Detaljerad schemaläggning
Produktionslogistik	Materialhantering;
Energioptimering	Prestandaanalys; Datainsamling;
Arbetsflödehantering	Processhantering; Datainsamling
Statistical Process Control (SPC)	Datainsamling;

Förklaringar: ska införas under första steget

Tabell 10. Prevas erbjudande

#### 5.4.7 Symestic GmbH

Symestic erbjuder sitt ”no- code” molnbaserat MES-system ”Software as a Service” (SaaS) med implementering inom en arbetsdag. Företaget har framgångsrikt implementerat sitt system hos kunder som: Brita, Britax Römer, Nidec eller Yanfeg samtidigt som dess MES-lösningar är representerade på fyra kontinenter (Symestic, u.d.) Systemet kan anpassas efter

individuella förutsättningar medan dess uppbyggande är uppdelat i olika kategorier för att underlätta val.

Moduler som kan sammanställas	Funktionalitet enligt MESA-11 standard
Produktions mått: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prestationer</li> <li>• OEE</li> <li>• Tillgänglighet</li> <li>• Kvalitet</li> <li>• MTTR, MTBR</li> <li>• Cykeltid</li> </ul>	Datainsamling; Prestandaanalys; Kvalitetshantering;
Produktionskontroll: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ordershantering</li> <li>• Orderstatus</li> <li>• Produktionsprocesskonfiguration</li> </ul>	Processhantering; Resurshantering; Detaljerad schemaläggning
Alarm: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Notifikation</li> <li>• Larmsprioritering</li> <li>• Larms övervakning och analys</li> <li>• Rapporter</li> <li>• Digital dokumentation</li> </ul>	Dokumenthantering; Prestandaanalys; Underhållshantering;
Processdata: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Processdatainsamling</li> <li>• Realtidsövervakning av processer med fritt vald konfiguration av data</li> </ul>	Datainsamling; Prestandaanalys;

Förklaringar: ska införas under första steget

Tabell 11. Symestics erbjudande

#### 5.4.8 Queris Sp. z o.o.

Queris MES system är tillgängligt i två versioner: standard och avancerad med möjlighet att tillägga funktionaliteter enligt individuella behov. Systemet kan bli installerat som en molnbaserad eller lokalt installerad tjänst. Företaget kan visa upp flera framgångsrika implementeringar av sitt MES-system internationellt. Dess MES-lösningar har bland annat implementerats hos företag som Husqvarna, ABB, Saint-Gobain och Lorenz.

Tabellen nedan presenterar moduler som är tillgängliga i båda versioner av systemet. Leverantörer erbjuder även möjligheter att utöka systemets funktionalitet.

<b>Funktionalitet enligt Queris klassificering</b>	<b>Funktionalitet enligt MESA-11 standard</b>	<b>STANDARD- version</b>	<b>PRO- version</b>
Produktion: <ul style="list-style-type: none"> <li>• PIA</li> <li>• Prestanda</li> <li>• Processanalys</li> <li>• Produktionsutförande</li> </ul>	Datainsamling; Prestandaanalys;	+	+
E-dokumentation: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Digital dokumentation</li> <li>• Online dokumentflöde</li> </ul>	Dokumenthantering;	+	+
Utrustning: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maskins utnyttjande</li> <li>• Resurstillgänglighet</li> </ul>	Datainsamling; Resurshantering; Prestandaanalys;	+	+
Analys: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rapporter</li> <li>• Analys och sammanställning av prestanda</li> </ul>	Prestandaanalys;	+	+
Processkontroll: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planering och kontroll av processflöde</li> </ul>	Processhantering;	+	+
Schemaläggning: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Detaljerat produktionsschema</li> <li>• Orderprioritering</li> <li>• Arbetstidsregistrering</li> </ul>	Detaljerad schemaläggning; Datainsamling; Resurshantering; Personallhantering;	-	+
Materialflöde: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Råmaterials konsumtion</li> <li>• Materialspårning</li> <li>• Kontroll över materialslöseri</li> </ul>	Materialhantering; Kvalitetshantering;	-	+
Logistik: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Logistikhantering (lager, förpackning, materialplockning)</li> </ul>	Materialhantering; Processhantering;	-	+
Kvalitetskontroll:	Kvalitetshantering;	-	+

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kvalitetsdokumentation</li> <li>• Krav på utförda kontrollaktiviteter</li> </ul>			
<b>Underhåll:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planer för framtida förebyggande insatser</li> <li>• Regler för oförutsägbara händelser</li> <li>• Digital dokumentation</li> </ul>	Underhållshantering; Kvalitetshantering; Dokumenthantering;	-	+

Förklaringar: + närvarande funktionaliteter

- frånvarande funktionaliteter

Ska införas i det första steget

Tabell 12. Queris erbjudande

#### 5.4.9 Leverantörsvalkriterier

Presentationen av tillgängliga lösningar i det föregående kapitlet visar att samtliga analyserade leverantörer erbjuder de funktionaliteter som krävs för att täcka BraunAbilitys behov. Skillnaderna ligger i lösningsvarianter eller sättet att integrera olika funktioner. Därför har en lista med valkriterier skapats. Dessa kriterier skulle kunna underlätta att välja den mest lämpliga lösningen.

De kriterier som tagits i beaktande är: möjlighet till utökning av funktionaliteter (modulärt uppbyggande), möjlighet att implementera ett molnbaserat eller lokalt installerat system, smidig integration med andra system inom organisationen, genomförda implementeringar i Sverige, tillgängliga språk (se tabell 13).

	<b>Modul är karaktär</b>	<b>Molnbaserat/ lokalt installerat</b>	<b>Integrations potential</b>	<b>Implementeringar i Sverige</b>	<b>Språk</b>
<b>ANT Solution</b>	ja	båda	ja	nej	engelska
<b>Balthzar AB</b>	ja	båda	ja	ja	svenska
<b>Binar Solutions AB</b>	ja	båda	ja	ja	svenska

<b>Good Solution Sweden AB</b>	ja	båda	ja	ja	svenska
<b>MTEK Industry AB</b>	ja	molnbaserat	ja	ja	svenska
<b>Prevas Aktiebolag</b>	ja	båda	ja	nej	engelska
<b>Symestic GmbH</b>	ja	molnbaserat	ja	nej	engelska
<b>Queris Sp. z o.o.</b>	ja	båda	ja	nej	engelska

Tabell 13. Valkriterier för MES-system

## 5.5 Ytterligare anmärkningar vid MES- implementering

Med hänsyn till genomförda observationer och intervjuer förefaller det fördelaktigt att föreslå vilken information som bör finnas tillgänglig på digitala skärmar i fabriken och på operatörspaneler. Det framkom ofta en anmärkning om att det saknas ett effektivt och tydligt sätt att presentera viktiga data för den operativa avdelningen. Detta anses kunna underlätta den dagliga styrningen och det vardagliga utförandet av arbetsuppgifter.

### 5.5.1 Skärmutseende

För närvarande finns det inget digitalt system för att visualisera och presentera produktionsprestanda i fabriken. Ur ett dagligstyningssperspektiv är det väsentlig för produktionsledningen att ha ett verktyg som underlättar kontroll över produktionsflödet i realtid. Därför anses införandet av skärmar i fabrikshallen, där produktionsprestanda och nuläget framställs som ett grundläggande behov. Detta är en del av visuell styrning som skapar transparens och möjliggör snabb reaktion på eventuella avvikelser. Tillgång till realtidsbaserade data för alla medarbetare på golvet leder till bättre kvalitet, högre produktivitet och minskade kostnader (Liker, 2008). Ett utförligt val av data som ska presenteras på skärmarna är av stor betydelse för daglig styrning samt att göra dem lättförståeliga och begripliga för alla (Kurpjuweit, m.fl., 2018). Med hänsyn till detta föreslås att följande data visualiseras på skärmar i fabriken:

- Klocka (tidsövervakning)
- Daglig plan
- Antal arbetande personer
- Produktivitet
- OEE och FPY för hela maskinparken
- Upptäckta fel
- Kasserade enheter (råmaterialförlust)
- Störningar i produktionsprocessen

Visuell styrning som en del av Lean- principerna stödjer verksamheten på flera olika sätt, inte minst när det gäller arbetet med kontinuerliga förbättringar som företaget har inlett. Tidig identifiering av avvikelser och fel stärker strävan efter slöseriminskning. På detta sätt kan slöseri i form av väntan, omarbetning, defekta enheter, inkorrekt processer och onödiga transporter begränsas (Cotyn m.fl., 2011).

Skärmarna ger chefer och produktionsledare en överblick över hela produktionsprocessen, inklusive nyckeltal, produktionsmål, flaskhalsar och eventuella problemområden. Detta gör det möjligt för dem att övervaka produktionens effektivitet, identifiera förbättringsområden och fatta strategiska beslut.

Skärmar i fabrikshallen spelar en central roll i MES-implementeringen genom att ge både operatörer och chefer tillgång till realtidsinformation, underlätta kommunikation och samarbete, samt stödja beslutsfattande på alla nivåer i organisationen. Genom att använda skärmar på ett effektivt sätt kan företag optimera sin produktion, förbättra kvaliteten och öka lönsamheten.

### 5.5.2 Operatörspanelernas utseende

Operatörspaneler spelar en central roll vid MES- implementering genom att fungera som det primära gränssnittet mellan operatörerna och systemet. Panelerna är bärare av väsentlig information för produktionsprocesser exempelvis: orderstatus, maskinstatus, kvalitetsdata eller arbetsinstruktioner. Dessutom fungerar de som en kommunikationskanal mellan medarbetare på golvet och lager, produktionsledning och andra relevanta parter. Förutom informationsfunktionen bidrar panelerna till att rapportera avvikelser, maskinstopp, materialbrist, supportbehov samt rapportera arbetstider, planerade pauser och utförda uppgifter.

En välutformad operatörspanel kan förbättra användarupplevelsen för operatörerna genom att göra det enkelt att hitta och använda relevant information, utföra uppgifter och interagera med systemet. Detta kan bidra till ökad arbetstillfredsställelse, produktivitet och bättre kvalitet.

Precis som i fallet med skärmar i produktionshallen är operatörspaneler ett element av visuell styrning och kan stödja arbetet med ständiga förbättringar och strävan efter

slöseriminskning. Tillgång till realtidsdata underlättar korrigerig av eventuella avvikelser samtidigt som det ger underlag för framtida förbättringsåtgärder (Cotyn m.fl., 2011).

## 6. Diskussion

I detta kapitel kommer resultatet att diskuteras. Inledningsvis kommer rapportens resultat att relateras till andra studier som undersökt implementationen av ett MES-system i ett specifikt företag. Vidare föreslår författaren områden för framtida studier, presenterar arbetets styrkor och svagheter och slutligen diskuterar miljömässiga och etiska aspekter av MES-implementering. Detta syftar till att sätta studiens resultat i ett större sammanhang samt att kritiskt granska resultatet och de använda metoderna.

### 6.1 Tidigare forskning

Flera publikationer som behandlade implementering av ett MES-system på företag utgjorde en inspirationskälla för författarens egen forskning. Den första källan identifierade vilka delar av MES-systemet som var relevanta för det analyserade företaget och undersökte den potentiella påverkan som MES-implementering kunde ha på verksamhetens framtida tillstånd (Blom & Karlsson, 2023). Nästa publikation analyserade hur MES-system kunde förbättra kopplingen mellan företagets affärssystem och maskiner samt presenterade en enkel beräkning av hur implementeringen av ett sådant system skulle kunna påverka lönsamheten (Brattberg & Dirfors, 2021). Den tredje källan utvärderade i vilken utsträckning Scantias MES-system stödjer medarbetarna i deras dagliga arbete samt kartlade systemets informationskällor (Adele & Hägsten Nilsson, 2020). Den sista publikationen analyserade vad som krävs för en lyckad kravspecifikation för SSAB:s MES-projekt ur ett tekniskt perspektiv (Lundberg, 2022). Alla dessa studier fokuserade på specifika förutsättningar i olika företag, vilket begränsade deras generaliserbarhet på liknande sätt som i det aktuella arbetet. Författaren tolkar detta som en oundviklig aspekt i forskningsprocessen. Trots att utgångspunkterna var tämligen lika, uppvisade studierna betydande skillnader i resultat. Huvudanledningen till detta var att de analyserade företagen hade unika förutsättningar och behov, vilket resulterade i varierande bedömningar avseende nödvändiga funktionaliteter vid implementering av MES-system. Icke desto mindre var inspirationen från tidigare forskning vad gäller teoretiska ramverk och använd metodologi obestridlig. Det faktum att samtliga studier förlitade sig på kvalitativa metoder som huvudsaklig forskningsmetod bekräftar att författarens val av datainsamlingsätt var motiverat och ändamålsenligt. Tidigare forskning skiljer sig åt i detaljnivå för analys och rekommendationer medan vissa studier saknar tydlig motivation för utvalda lösningar. Detta inspirerade författaren att fokusera på att utförligt redovisa sina val under hela forskningsprocessen.

### 6.2 Förslag på framtida studier

Det analyserade företaget består av två avdelningar men detta projekt har endast behandlat maskinparken. Därför anses det vara lämpligt att genomföra en liknande studie på

monteringsavdelningen. Företagsledningen antar att eventuell implementering av ett MES-system bör omfatta båda avdelningar och vara så kostnadseffektiv som möjligt. Av denna anledning är det viktigt att undersöka den andra avdelningen på ett liknande sätt. Som en rimlig utgångspunkt kan resultatet från denna studie användas med hänsyn till de specifika förutsättningar som gäller för monteringsarbete såsom: stor andel manuellt arbete, produktion som liknar mer enstyckflöde än batchproduktion samt hög grad av beroende av kundsbeställningar. Inledningsvis kan antas att en analys av processhanteringsaktiviteter och lagerhantering kan tillföra större nytta för monteringsavdelning än för maskinparken.

### 6.3 Styrkor och svagheter med studien

Redan i den inledande forskningsfasen var det nödvändigt att revidera den ursprungliga frågeställning som formulerats i planeringsrapporten. Efter en övergripande genomgång av tillgängliga MES-lösningar konstaterades att det skulle vara mer relevant att göra systembeskrivningar och sammanställa deras funktionaliteter, snarare än att försöka utvärdera den lämpligaste lösningen specifikt för BraunAbility. Faktum är att endast en leverantör presenterade ett fullständigt offertunderlag med priser och andra avgörande villkor. Därtill bedömde författaren att dennes roll snarare var att utreda och vägleda, än att göra ett definitivt systemval.

Valet av kvalitativa metoder för datainsamling är förknippad med flera utmaningar, såsom begränsad urvalsstorlek, risker för subjektiv dataanalys eller etiska överväganden för att skydda deltagarnas integritet och välbefinnande. Dessa metoder präglas även av relativt låg reliabilitet och generaliserbarhet. För att minimera dessa risker, balanserades intervjuer och samtal med flertal observationer på fabriksgolvet för att skapa en så objektiv bild av produktionsprocessen som möjligt. Ett annat sätt att undvika subjektivitet under dataanalysen skulle kunna vara att genomföra enkäter med bestämda frågor och fördefinierade svarsalternativ. Denna metod skulle säkerställa att varje intervjuad person får likadana frågor med förutbestämda svar, och analysen skulle baseras på de mest och minst förekommande svaren. Dock insågs att denna metod medför en risk för en begränsad syn på problemet och ett ännu större subjektivt inflytande från författarens sida. Författarens förutfattade uppfattningar om förutsättningar och potentiella behov skulle kunna utgöra en större fara för objektivitet än intervjuer och observationer. En kombination av kvalitativa och kvantitativa studier kan anses vara en ideal lösning men det var helt omöjligt med tanke på de tillgängliga resurserna och tidsramen för detta examensarbete.

För att kunna säkerställa öppenhet och fritt tankeutbyte under intervjuer och samtal måste intervjuare känna sig trygga och anonyma (Dalen, 2015). På grund av företagets storlek och antal anställda var det relativt svårt att fullständigt bevara uppgiftskällas anonymiteten. Därför utelämnades vissa data som skulle kunna kopplas till en specifik person, när författaren bedömde att det kunde vara obekvämt för respondenten att bli identifierad. I de fall där uppgifterna verkade vara väsentliga för projektet men identifiering av källan var enkel har ett direkt samtycke till att använda data inhämtas under samtalen.

Ambitionen med systemleverantöranalysen var att genomföra leverantörers objektiv utvärdering, samtidigt som att presentera en bred bild av lösningar som är tillgängliga på

marknaden. En potentiell felkälla som identifierats under arbetsgång är faktum att inte alla leverantörer har svarat på de utsända förfrågorna. En möjlig orsak till detta kan vara att projektet inte uppfattades som tillräckligt intressant för dem. Dock kan det inte uteslutas att deras system skulle kunna vara lämpliga för BraunAbility. Det är en faktor som kunde påverka studiens resultat och rekommendationer negativt.

## 6.4 Etik och miljö

Det är uppenbart att teknikens roll i samhället står i fokus för närvarande. Tekniska innovationer och upptäckter kan och förväntas bidra till att lösa problem relaterade till klimatförändringar, energikris, allmän hälsa, ohållbar mobilitet, personlig säkerhet, otillräcklig tillgång till vatten, mat och bostad eller finansiella system. Emellertid kan modern teknik föra med sig inte bara fördelar utan också risker och hot (Veluten, Oldenziel & Davids, 2017).

Med hänsyn till detta är det viktigt att analysera de konsekvenser som implementeringen av MES-system kan medföra. En kritisk granskning av vad MES-system innebär kan underlätta förebyggande åtgärder innan eventuella negativa effekter uppstår, samtidigt som det kan förstärka de positiva effekterna av systemet. Ur ett miljöperspektiv kan bättre kontroll över processflöde, resurser, planering och dokumentation leda till en mer miljövänlig produktion. Genom att identifiera vanliga fel eller ineffektiva tillverkningssteg kan arbetssätt utvecklas och effektiviteten höjas. Detta kan i sin tur resultera i minskade koldioxidutsläpp, energibesparingar och minskat materialspill. Direkt tillgång till data om materialanvändning och dess miljöpåverkan underlättar jämförelser med andra befintliga alternativmaterial, vilket kan leda till ett mer miljövänligt materialval. Bättre ekonomiskt resultat till följd av MES-implementering kan bidra till förbättrade arbetsförhållanden och arbetsmiljö, vilket har en positiv inverkan på den sociala aspekten av hållbar utveckling. Dessutom kan ett mer miljövänligt val av material, komponenter och leverantörer gynna den biologiska mångfalden och därigenom bidra till en ekologiskt hållbar utveckling.

Förutom de fördelaktiga effekter som MES-system kan medföra, finns det även vissa risker som måste beaktas. En sådan risk är att ökad övervakning av de anställdas arbete kan leda till sämre välbefinnande på arbetsplatsen och förminskad tillit till ledningen och kollegor. Oro kring den ständiga övervakningen framkom i flera spontana samtal med olika operatörer. Vissa anställda uttryckte en känsla av otrygghet gällande hur deras arbete skulle se ut i framtiden. Möjligheten att mäta de anställdas nästan varje aktivitet på arbetsplatsen för tankarna till taylorism, där standardisering, effektivisering och centraliserad ledning är i fokus. Detta förhållningssätt till arbete och de anställdas roll har kritiserats hårt för sin omänsklighet (Veluten, Oldenziel & Davids, 2017). Vidare är det värt att nämna att MES-system som kan samla in stora mängder data rörande anställda, kunder eller leverantörer kräver stor uppmärksamhet och ställer stora utmaningar vad gäller säkerhetsåtgärder och ansvarstagande för att lagra och hantera dessa data på ett säkert sätt.

Genom att noggrant överväga potentiella positiva och negativa konsekvenser kan företag implementera MES på ett sätt som är både miljömässigt hållbart och etiskt ansvarsfullt.

## 7. Slutsatser

I detta kapitel presenteras svaren på examensarbetets frågeställning.

### 1. *Vilka behov har BraunAbility som kan tillgodoses genom en MES implementering?*

De behov som MES-implementering ska tillgodoses är: införande av datauppföljning i realtid, förbättrad visuell styrning på fabriksgolvet, förbättrad kvalitet på tillverkade enheter, effektivisering av produktionsprocesser, utvärdering av befintliga resursers effektivitet, information om resursutnyttjandegrad (för både personal och maskiner), underlag för förebyggande underhållsarbeten, stöd för Lean-resa som planeras genomföra mellan 2024-2026, tillgång till nyckeltal som OEE och FPY, identifiering av flaskhalsar, analys av produktionsstörningar och deras inverkan på slutprodukter och hela tillverkningskedjan.

### 2. *Vilka funktioner och moduler är nödvändiga för att möta företagets behov?*

Med avseende till företagets förutsättningar och ett antagande att systemet ska införas stegvist identifierades följande MES-funktionaliteter som mest nödvändiga vid den första implementeringsetappen:

- Datainsamling
- Prestandaanalys
- Resurshantering
- Personalhantering
- Detaljerad schemaläggning
- Dokumenthantering

### 3. *Vilka leverantörer erbjuder lämpliga MES- lösningar som fyller företagets krav?*

Med hänsyn till den reviderade frågeställning under projektets gång har försöket att presentera rekommendationer för ett specifikt system övergivit. Författaren har presenterat de tillgängliga lösningar som uppfyller företagets behov. Analysen av MES-systemleverantörer har lett till slutsatsen att samtliga leverantörer erbjuder lämpliga funktionaliteter. För att underlätta systemval har ytterligare kriterier införts. Dessa kriterier, som utförligt presenterats i kapitlet 5.4.9, kan fungera vägledande för företagsledningen i beslutsfattandet.

De leverantörer som analyserats under arbetsgång är:

- ANT Solution
- Balthzar AB
- Binar Solutions AB

- GoodSolution Sweden AB
- MTEK Industry AB
- Prevas Aktiebolag
- Symestic GmbH
- Queris Sp. z o.o.

## 8. Rekommendationer

Med hänsyn till individuella förutsättningar och behov rekommenderas att ett stegvis införande av MES-system för att säkerställa dess anpassning och nödvändiga förändringar. En av de centrala aspekterna som bör beaktas är behov hos den andra avdelning som även ska omfattas av MES-systemet. På grund av examensarbetsomfattning och tidsbegränsningar analyserades inte monteringsavdelningen under projektets gång. Detta kan i betydande utsträckning påverka implementeringen av MES-system. Därför anses det vara fördelaktigt att genomföra en analys för att identifiera monteringsavdelningens specifika behov på MES-funktionaliteter.

De genomförda intervjuerna och samtalen med företagets medarbetare visar att det kan vara nyttigt att påbörja MES-implementeringen med omfattande utbildning för personalen. För att dra nytta av de potentiella framtida fördelar är det viktigt att hantera anställdas motstånd mot förändringar så tidigt som möjligt. Eftersom de förändringar som MES-systemet ska medföra kommer att påverka hela verksamheten, spelar de anställdas medvetenhet en nyckelroll. Motstånd som kan uppstå är en naturlig del av förändringar och kan orsakas av faktorer som fruktan för det okända, risker för förlust av identitet hos anställda, förändringar inom maktrelationer, krav på extra arbete, nya investeringar eller fara för att bryta sociala band mellan anställda (Jacobsen & Thorsvik, 2021). Följande åtgärder kan bidra till en smidig och effektiv implementering av ett MES-system företaget:

1. Tydliggöra de fördelar som systemet kan leverera för de anställda.
2. Inkludera de anställda i implementeringsprocessen i ett tidigt skede.
3. Säkerställa resurser som kommer att arbeta med förändring samtidigt som utse ledare för förändringsprocesser.
4. Formulera en tydlig vision av vad företaget vill uppnå med implementeringen.
5. Vara öppen för kritiska synpunkter från berörda anställda (Jacobsen & Thorsvik, 2021).

Genom att vidta dessa åtgärder kan företaget skapa förutsättningar för en lyckad och effektiv implementering av MES-systemet.

Vid utvärdering av leverantörer bör, utöver de faktorer som omnämns i avsnitt 5.4.9, ytterligare kriterier såsom kostnader, implementeringstid samt tillgänglig service före, under och efter implementering beaktas (Chao och Li, 2006). Dessa aspekter har endast analyserats i begränsad omfattning under projektets gång, på grund av svårigheter att få tillgång till vissa data som författaren, i egenskap av student, inte hade tillgång till.

# Referenser

- Adle, S., Hägesten Nilsson, M. (2020). *Implementering av ett Manufacturing Execution System: En undersökning och kartläggning av systemets viktigaste funktioner för ett effektivt arbetssätt*. [Examensarbete, Linköping Universitet].  
<http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1449926&dswid=-2156>
- Agnafors, M., Levinsson, M. (2019). *Att tänka uppsats. Det vetenskapliga arbetets grundstruktur*. Malmö: Gleerups Utbildning AB
- Almström, P., Andersson, C., Ericson Öberg, A., Hammersberg, P., Kurdve, M., Landström, A., Shahbazi, S., Wiktorsson, M., Windmark, K., Winroth, M., Zackrisson, M. (2017). *Sustainable and resource efficient business performance measurement systems – The handbook*
- Alvehus, J. (2023). *Skriva uppsats med kvalitativ metod. En handbok*. (3. uppl.) Stockholm: Liber AB
- ANT Solution (u.d.). *System MES- Manufacturing Execution System*.  
<https://antsolutions.eu/products/mes-manufacturing-execution-system/>
- Balthzar (u.d.). *Balthzar, ett komplett system för produktionsuppföljning*.  
<https://www.balthzar.se/produkter/systemet>
- Binar (u.d.). *MES system*. <https://www.binarsolutions.com/produkter-tjanster/mes-system/>
- Blom, L.-L., Karlsson, J. (2023). *Förstudie inför implementering av Manufacturing Execution System*. [Examensarbete, Chalmers Tekniska Högskola].  
<https://odr.chalmers.se/items/61b9dac4-f418-4b5d-8e2f-e498ff98d317>
- Blomkvist, P., Hallin, A. (2015). *Metod för teknologer. Examenarbete enligt 4-fasmodellen*. Lund: Studentlitteratur AB
- Brattberg, A., Dirfors, L. (2021). *Implementering av Manufacturing Execution System. Kartläggning av funktioner och behov av ett MES för VBG*. [Examensarbete, Högskolan Väst].  
<http://hv.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1580138&dswid=-7450>
- BraunAbility (u.d.), A. *Products*. <https://www.braunability.eu/en/products/>
- BraunAbility (u.d.), B. *Corporate presentation*. <https://www.braunability.eu/en/about-us/corporate-presentation/>
- Chao, L., Li, Q. (2006). A Unified Decision Model for Evaluation and Selection of MES Software. I: Wang, K., Kovacs, G.L., Wozny, M., Fang, M. (Red.) *Knowledge Enterprise: Intelligent Strategies in Product Design, Manufacturing, and Management* (vol. 207, s. 291-296) Boston: Springer. [https://doi.org/10.1007/0-387-34403-9\\_96](https://doi.org/10.1007/0-387-34403-9_96)
- Capa-Data (u.d.). *Produkter*. <https://www.copadata.com/sv/produkter/platform-editorial-content/industriella-styrssystem/>

- Cottyn, J., Van Landeghem, H., Stockman, K., & Derammelaere, S. (2011). A method to align a manufacturing execution system with Lean objectives. *International Journal of Production Research*, 49(14), s. 4397–4413. <https://doi.org/10.1080/00207543.2010.548409>
- Dalen, M. (2015). *Intervju som metod*. (2. uppl.) Malmö: Gleerups Utbildning AB
- Devezas, T., Leitão, J., Sarygulov, A. (Red.). (2017). *Industry 4.0. Entrepreneurship and Structural Change in the New Digital Landscape*. Springer. <https://doi-org.proxy.lib.chalmers.se/10.1007/978-3-319-49604-7>
- Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*. Berkeley, CA: Apress. <https://doi-org.proxy.lib.chalmers.se/10.1007/978-1-4842-2047-4>
- Good Solutions (u.d.). *RS Productions OEE*. <https://docs.goodsolutions.se/gtkrpp/rs-production-oe>
- Hjelström, T., Isaksson, A., Nilsson, H. (2022). *Företagsvärdering med fundamental analys*. (2 uppl.) Lund: Studentlitteratur AB.
- Holweg, M., Davies, J., De Meyer, A., Lawson, B., & Schmenner, R. (2018). *Process Theory: The Principles of Operations Management*. Oxford: OUP Oxford.
- Höst, M., Regnell, B., & Runeson, P. (2006). *Att genomföra examensarbete*. Lund: Studentlitteratur AB
- Jacobsen, D. I., Thorsvik, J. (2021). *Hur moderna organisationer fungerar*. (5. uppl.) Lund: Studentlitteratur AB.
- Jana, P., Tiwari, M. (2021). *Lean Tools in Apparel Manufacturing*. Elsevier. Hämtad från <https://app.knovel.com/kn/resources/kpLTAM0003/toc?cid=kpLTAM0003>
- Kechaou, F., Addouche, S.-A., & Zolghadri, M. (2024). A comparative study of overall equipment effectiveness measurement systems. *Production Planning & Control*, 35(1), s. 1–20. <https://doi.org/10.1080/09537287.2022.2037166>
- Kletti, J. (2007). *Manufacturing Execution System- MES*. Heidelberg: Springer. <https://doi-org.proxy.lib.chalmers.se/10.1007/978-3-540-49744-8>
- Kurpjuweit, S., Reinerth, D., Schmidt, C. G., & Wagner, S. M. (2018). Implementing visual management for continuous improvement: barriers, success factors and best practices. *International Journal of Production Research*, 57(17), s. 5574–5588. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1553315>
- Liker, J. K. (2022). *The Toyota Way. 14 ledningsprinciper för Lean i världsklass*. (2. uppl.) Stockholm: Liber AB.
- Lundberg, R. (2022). *SSAB:s nya Manufacturing Execution System (MES): Framgångsfaktorer för utformandet av en kravspecifikation*. [C-uppsats, Handelshögskolan vid Karlstads universitet]. <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1670243&dswid=-2944>

- MESA. (1997). *White Paper #01: The Benefits of MES: A Report from the Field*. MESA International. Hämtad från: <http://www.mesa.org/knowledge-base/details.php?id=48>
- MTEK (u.d.). *MBrain*. <https://www.mtek.se/mbrain>
- Nationalencyklopedin A (u.å.) *Tredje industriella revolutionen*. Hämtad 2024-03-29 från <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/tredje-industriella-revolutionen>
- Nationalencyklopedin B (u.å.) *Fjärde industriella revolutionen*. Hämtad 2024-03-29 från <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/fj%C3%A4rde-industriella-revolutione>
- Nestell, J. G., & Olson, D. L. (2017). *Successful ERP Systems: A guide for businesses and executives*. Business Expert Press.  
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/chalmers/detail.action?docID=5165162#>
- Ortiz, Ch., A. & Park, M., R. (2019). *Visual controls. Applying visual management to the factory*. Productivity Press. <https://doi.org/10.4324/9781466503267>
- Paulson, U. (2020). *Examensarbeten. Att skriva uppdragsbaserade uppsatser och rapporter*. Lund: Studentlitteratur AB
- Petersson, P., Olsson, B., Lundström, T., Johansson, O., Broman, M., Blucher, D., Alsterman, H. (2015). *Lean. Gör avvikelser till framgång*. (2 uppl.) Bromma: Part Media.
- Popkova, E., G., Ragulina, Y., V., Bogoviz, A. V. (2019). *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21<sup>st</sup> Century*. (vol. 169) Springer. <https://doi-org.proxy.lib.chalmers.se/10.1007/978-3-319-94310-7>
- Queris (u.d.). *Queris MES*. <https://queris.pl/en/mes-system/>
- Saenz de Ugarte, B., Artiba, A., & Pellerin, R. (2009). Manufacturing execution system – a literature review. *Production Planning & Control*. 20(6), s. 525–539. <https://doi.org/10.1080/09537280902938613>
- Santos, J., Wysk, R. A., Torres, J. M. (2006). *Improving production with Lean Thinking*. Newark: John Wiley & Sons.
- Shojaeinasab, A., Charter, T., Jalayer, M., Khadivi, M., Ogunfowora, O., Raiyani, N., Yaghoubi, M., Najjaran, H. (2002). Intelligent manufacturing execution systems: A systematic review. *Journal of Manufacturing Systems*. Vol.62 s. 503-522. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.01.004>.
- Symestic (u.d.). *Our Mission*. <https://www.symestic.com/en-us/about-us>
- Syreishchikova, N. V., Pimenova, D. Y., Mikolajczyk, T., Moldovan, L. (2020). Automation of Production Activities of an Industrial Enterprise based on the ERP System. *Procedia Manufacturing*. Vol. 46, s. 525-532. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.03.075>
- Ustundag, A., Cevican, E. (2018). *Industry 4.0: Managing the digital transformation*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5>

Vleuten, E., Oldenziel, R. & Davids, M. (2017). *Engineering the future, understanding the past: a social history of technology*. Amsterdam: Amsterdam University Press.

Visma. (2021, Mars 21). *ERP- vad är ett ERP- system*. Hämtad 2024-03-30 från: <https://vismaspcs.se/ekonomiska-termer/vad-ar-erp>

Womack, J. P., Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Free Press. London: Simon & Schuster.



INSTITUTIONEN FÖR TENIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION  
AVDELNINGEN FÖR SUPPLY AND OPERATIONS MANAGEMENT  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2024  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



**CHALMERS**