



CHALMERS

Intelligent planering av monteringslinor

En behovsanalys av krav och förutsättningar i svensk industri

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Ekonomi och produktionsteknik

ISABEL BJÖRKLUND

JOSEFINE THORELL

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

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2025

www.chalmers.se

Intelligent planering av monteringslinor

En behovsanalys av krav och förutsättningar i svensk industri

ISABEL BJÖRKLUND
JOSEFINE THORELL

TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION
Avdelning för Supply and Operations Management
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2025

Intelligent planering av monteringslinor
En behovsanalys av krav och förutsättningar i svensk industri

Isabel Björklund
Josefine Thorell

© Isabel Björklund, 2025
© Josefine Thorell, 2025

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

Göteborg, Sverige 2025

Göteborg, Sverige 2025

Intelligent planering av monteringslinor

En behovsanalys av krav och förutsättningar i svensk industri

ISABEL BJÖRKLUND

JOSEFINE THORELL

Institutionen för Teknikens ekonomi och organisation

Chalmers tekniska högskola

FÖRORD

Detta examensarbete omfattar 15 högskolepoäng och utgör ett avslutande obligatoriskt moment på programmet Ekonomi- och produktionsteknik. Arbetet har genomförts under våren 2025 vid institutionen Teknikens ekonomi och organisation på Chalmers tekniska högskola, i samarbete med företaget Empir Industry.

Vi vill rikta ett stort tack till respondenterna från Parker Hannifin, Swegon och Volvo Penta för att de ville delta i våra intervjuer. Deras insikter och erfarenheter har varit mycket värdefulla för arbetets innehåll och kvalitet.

Vi vill även tacka vår handledare på Empir Industry, Jesper Broberg, för ett stort engagemang och givande samtal.

Ett särskilt tack riktas också till vår handledare och examinator Peter Almström, vars stöd och vägledning har varit ovärderligt under hela arbetets gång.

Sammanfattning

Tillverkningsindustrin står inför ökande krav på flexibilitet, korta ledtider och hantering av produktvariation. I detta examensarbete undersöks hur ett intelligent planeringssystem kan utformas för att bättre stödja planering och optimering av monteringslinor. Studien bygger på en kvalitativ metod där litteraturstudier kombinerats med intervjuer från tre svenska industriföretag: Parker Hannifin, Swegon och Volvo Penta. Resultaten visar att nuvarande planeringssystem präglas av fragmenterad information, manuell hantering och begränsad återkoppling i realtid. Både planerare och produktionsledare efterfrågar system som är mer integrerade, proaktiva och användarvänliga. Studien identifierar ett antal behov och krav kopplade till funktionalitet, datakvalitet och användargränssnitt, samt belyser vikten av att inkludera olika aktörers perspektiv vid utformning av framtida system. Arbetet utgör ett teoretiskt bidrag till förståelsen för hur digitalisering kan stödja produktionsplanering i komplexa monteringsmiljöer.

Nyckelord: Planeringssystem, monteringslinor, intelligent produktion, produktionsplanering, kravanalys, datadriven styrning, variantproduktion, digitalisering

Abstract

The manufacturing industry faces increasing demands for flexibility, short lead times, and the ability to handle product variation. This thesis explores how an intelligent planning system can be designed to improve the planning and optimization of assembly lines. The study is based on a qualitative methodology combining literature review with interviews at three Swedish manufacturing companies: Parker Hannifin, Swegon and Volvo Penta. The results indicate that current planning practices are characterized by fragmented information, manual routines, and limited real-time feedback. Both planners and production managers express a need for systems that are more integrated, proactive, and user-friendly. The study identifies several needs and requirements related to functionality, data quality, and user interfaces, and highlights the importance of involving various stakeholders in the system design process. The thesis contributes to a theoretical understanding of how digitalization can support production planning in complex assembly environments.

Key Words: Planning systems, assembly lines, intelligent manufacturing, production planning, requirements analysis, data-driven control, variant production, digitalization

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. Inledning	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte.....	2
1.3 Avgränsningar.....	2
1.4 Precisering av frågeställningar.....	3
2. Teoretisk Referensram	4
2.1 Tidsbegrepp inom produktion och planering.....	4
2.2 Produktionsplanering i monteringsmiljöer.....	5
2.2.1 Operativ, taktisk och strategisk planering.....	5
2.2.2 Massproduktion och variantproduktion.....	5
2.2.3 Mixed- model problematik.....	6
2.2.4 Linjebalansering och cykeltid.....	7
2.2.5 Kapacitetsplanering.....	7
2.2.6 Sekvensering.....	8
2.2.7 Rollfördelning i planeringsarbetet.....	9
2.3 Begränsningar i nuvarande planeringssystem.....	9
2.3.1 Brister i traditionella planeringsverktyg.....	10
2.3.2 Problem med fasta takttider och produktvariation.....	10
2.3.3 Koordinationsproblem och brist på realtidsåterkoppling.....	11
2.3.4 Kompetensberoende och begränsad operatörsfördelning.....	12
2.4 Intelligent planering och digitalisering i produktion.....	12
2.4.1 Vad är ett intelligent planeringssystem?.....	12
2.4.2 Systemlandskap: MES, ERP, APS och beslutsstöd.....	13
2.4.3 Prediktiv och datadriven planering.....	13
2.4.4 Exempel från tillämpningar.....	14
2.4.5 Mognadsgrad och framtida potential.....	14
2.4.6 Digitala tvillingar som möjliggörare för simulering.....	14
2.4.7 Tidsdata och elementartidssystem i intelligent planering.....	15
2.5 Processynsätt och systemperspektiv.....	15
2.5.1 Planering som process.....	16
2.5.2 Principer för processororienterad planering.....	16
2.5.3 Variation och mänskliga faktorer i planeringsflödet.....	16
2.5.4 Planering i ett systemperspektiv.....	17
2.6 Krav och behov i systemutveckling.....	17
2.6.1 Vad är ett behov respektive ett krav?.....	17
2.6.2 Användarcentrerad utveckling i industriella miljöer.....	18
2.6.3 Krav i föränderliga och komplexa produktionsmiljöer.....	18
2.6.4 Att hantera flera aktörers krav och prioriteringar.....	18
2.6.5 Systemkrav och användaracceptans.....	19
3. Metod	20
3.1 Forskningsdesign och genomförande.....	20
3.2 Urval av intervjurespondenter.....	21

3.3	Datainsamling.....	21
3.4	Analysmetod.....	22
3.5	Etiska överväganden.....	22
4.	Resultat.....	23
4.1	Översikt över fallföretagen.....	24
4.2	Hur ser den nuvarande planeringsprocessen ut i praktiken?.....	25
4.3	Vilken typ av data används i planeringsprocessen?.....	26
4.4	Hur hanteras omplanering och störningar i dagsläget?.....	27
4.5	Vilka utmaningar upplevs i dagens planeringssystem?.....	27
4.6	Vilka behov och önskemål finns kring framtida planeringssystem?.....	28
5.	Analys och Diskussion.....	29
5.1	Behov, hinder och möjligheter i övergången till intelligent planering.....	29
5.2	Produktionsdata som stöd för planering.....	30
5.2.1	Digitala tvillingar som möjliggörare för simulering och optimering.....	31
5.3	Användarnas krav och förväntningar på framtida system.....	31
5.4	Metodreflektion.....	32
5.5	Övergripande reflektioner och implikationer.....	32
6.	Slutsats.....	33
6.1	Besvarande av frågeställningarna 1-3.....	33
6.2	Kravspecifikation för ett intelligent planeringssystem för monteringslinor.....	34
6.3	Förslag på vidare forskning.....	37
7.	Referenser.....	39
	Bilaga 1.	
	Intervjuguide.....	43

1. Inledning

Tillverkningsindustrin står inför en växande komplexitet i takt med att kundkrav förändras, produktvarianter ökar och behovet av flexibla lösningar tilltar. I denna kontext blir planering och optimering av monteringsflöden en allt mer central utmaning. Monteringslinor utgör navet i många tillverkningsprocesser, och hur dessa planeras påverkar i hög grad både effektivitet och leveransförmåga. Å andra sidan består många befintliga planeringssystem av begränsningar kopplade till fragmenterad information, statiska arbetsätt och låg återkoppling från produktionen. I denna studie undersöks hur ett intelligent planeringssystem skulle kunna bidra till att hantera dessa utmaningar. Kapitlet introducerar studiens bakgrund, syfte, avgränsningar och forskningsfrågor, och lägger därmed grunden för det fortsatta arbetet.

1.1 Bakgrund

Tillverkningsindustrin befinner sig i en brytpunkt där ökande produktvariation, kortare ledtider och höga krav på flexibilitet sätter traditionella planeringsmetoder under press (Holweg et al., 2018; Blecker & Friedrich, 2006). För monteringslinor innebär detta att balansen mellan kapacitet, sekvensering och resursutnyttjande blir allt svårare att upprätthålla, särskilt i så kallade mixed-model-miljöer där arbetsinnehållet varierar mellan produkter (Thomopoulos, 2014). Parallellt visar forskning att fasta takttider och fragmenterade informationsflöden skapar obalanser som reducerar genomströmningen och ökar beroendet av manuella åtgärder (Mönch et al., 2021; Wang et al., 2010).

Digitaliseringen har öppnat nya möjligheter att hantera dessa utmaningar. Genom att koppla samman sensordata med olika produktionssystem, såsom MES (Manufacturing Execution Systems) och ERP (Enterprise Resource Planning), kan produktionsflöden visualiseras och optimeras kontinuerligt. MES fungerar som en länk mellan planering och produktion och möjliggör spårning, övervakning och återkoppling i realtid. Systemet samlar in data från maskiner och operatörer och används för att analysera avvikelser samt säkerställa att planerade aktiviteter genomförs korrekt (Brecher et al., 2024).

ERP hanterar istället administrativa och logistiska funktioner såsom inköp, lagerstyrning och orderhantering, och fungerar som ett centralt nav för transaktionsdata inom organisationen. Dock har ERP-systemen begränsad förmåga att hantera detaljerade och sekventiella planeringsbeslut i realtid (Brecher et al., 2024).

Tillsammans utgör dessa system en digital infrastruktur där realtidsdata möjliggör proaktiv styrning av produktionssystemet. Prediktiva analysmetoder och digitala tvillingar gör det dessutom möjligt att förutse störningar och anpassa planeringen innan de påverkar produktionen (Schneider et al., 2020).

I detta examensarbete, som genomförs i samarbete med teknik- och digitaliseringsföretaget Empir Industry AB, undersöks hur planering och optimering av monteringslinor kan

förbättras med stöd av intelligenta, datadrivna system. Företaget har tidigare utvecklat lösningar inom produktionsteknik och MES-system (Manufacturing Execution Systems). Arbetet kartlägger behov och utmaningar i dagens planeringsmetoder och analyserar potentialen hos system som bygger på kontinuerlig datainsamling och intelligent analys.

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att undersöka hur ett intelligent planerings- och optimeringssystem för monteringslinor bör utformas för att bättre hantera variation, störningar och komplexitet i dagens tillverkningsmiljöer. I en kombination av litteraturstudier och intervjuer med representanter från industrin kartläggs nuvarande planeringsmetoder, deras begränsningar och de behov som finns hos användare och beslutsfattare. Arbetet syftar vidare till att identifiera vilka tekniska, organisatoriska och mänskliga krav som ett framtida planeringssystem bör uppfylla för att skapa ökad flexibilitet och effektivitet i produktionen.

1.3 Avgränsningar

Detta examensarbete är teoretiskt och explorativt till sin karaktär. Det fokuserar primärt på att identifiera och analysera behov samt krav kopplade till planering och optimering av monteringslinor i industriell produktion. Arbetet avgränsas till att behandla planering på operativ och taktisk nivå, med särskilt fokus på hur ett intelligent system skulle kunna stödja resursfördelning, sekvensering och omkonfigurering i miljöer med hög produktvariation. Arbetet omfattar inte faktisk systemutveckling eller en implementation av ett digitalt verktyg, utan syftar till att lägga en teoretisk och behovsbaserad grund för framtida utveckling.

Studien inkluderar inte detaljerad simulering eller visualisering av produktionsflöden i programvaror, då detta ligger utanför projektets aktuella inriktning. Även om koncept som digitala tvillingar, AI och avancerade algoritmer är relevanta för framtida lösningar, är dessa teknologier inte föremål för djupgående teknisk analys inom ramen för detta arbete. Fokus ligger istället på att utreda hur produktionsdata, mänskliga faktorer och organisatoriska processer samverkar i planeringsarbetet, och vilka krav detta ställer på ett sådant stödsystem för planering.

Arbetet bygger på insamling av kvalitativ data genom intervjuer med representanter från industriföretag verksamma inom montering, i detta fall Parker Hannifin, Swegon och Volvo Penta. Resultaten begränsas därmed till den typ av produktion och de processmiljöer som dessa företag representerar. Studien behandlar inte specifikt planering inom helt automatiserade eller kontinuerliga produktionssystem, utan är avgränsad till monteringslinor där människor är centrala aktörer och där variation i arbetsinnehåll och kompetens påverkar planeringen.

Arbetet omfattar inte någon analys av ekonomiska aspekter exempelvis lönsamhet, kostnadskalkyler eller investeringar. Slutligen omfattar arbetet inte en utvärdering av specifika existerande systemlösningar på marknaden, utan fokuserar på att formulera generella krav och identifiera brister i dagens arbetssätt utifrån ett process- och användarperspektiv.

1.4 Precisering av frågeställningar

För att besvara syftet har följande frågeställningar formulerats:

1. Vilka behov, hinder och möjligheter upplever industrin i övergången till mer intelligent och datadriven planering av monteringsflöden?

2. Hur uppfattar industrin möjligheterna att använda historisk och realtidsbaserad produktionsdata som stöd för planering av monteringsflöden?

3. Vilka krav ställer olika användargrupper (t.ex. planerare, montörer och ledning) på ett intelligent planeringssystem för monteringslinor?

4. Hur kan en kravspecifikation för ett intelligent planeringssystem utformas utifrån identifierade behov inom monteringsindustrin?

2. Teoretisk Referensram

För att förstå förutsättningarna för planering av monteringslinor och identifiera krav på framtida system krävs en teoretisk grund att utgå ifrån. Denna referensram syftar till att belysa centrala begrepp, principer och forskningsperspektiv relaterade till produktionsplanering, variantproduktion och intelligent systemutveckling. Kapitlet inleds med en begreppsförklaring av tidsrelaterade termer som är centrala för studiens analys och diskussion. Därefter följer en genomgång av planeringens olika nivåer och utmaningar i monteringsmiljöer med hög variation, samt en analys av nuvarande systembegränsningar. Vidare behandlas teorier kring intelligent planering och digitalisering, följt av ett processororienterat synsätt på planering. Avslutningsvis presenteras teorier om behovsanalys och kravinsamling i industriella utvecklingsprojekt. Den teoretiska referensramen utgör därmed ett analysverktyg för att förstå och tolka det empiriska materialet i ljuset av befintlig forskning.

2.1 Tidsbegrepp inom produktion och planering

I detta avsnitt förklaras några centrala tidsrelaterade begrepp som använts genomgående i arbetet.

Takttid

Takttid anger det tidsintervall som får användas för att färdigställa varje enhet för att möta kundens efterfrågan. Den hjälper till att balansera arbetsstationer och säkerställa ett jämnt produktionsflöde. Takttiden beräknas som tillgänglig produktionstid dividerat med antal efterfrågade enheter (Holweg et al., 2018)

Cykeltid

Cykeltid är den tid som går mellan att två färdiga enheter lämnar en process, och beskriver den faktiska produktionstakten. Den kortaste möjliga cykeltiden begränsas av processens flaskhals, det vill säga den resurs med lägst kapacitet (Holweg et al., 2018).

Elementartidssystem

Ett elementartidssystem används för att uppskatta standardtider i manuellt arbete genom att dela upp arbetsmoment i små, definierade rörelser med fasta tidsvärden. Grunden för dagens system lades av MTM (Methods-Time Measurement), och det vanligaste systemet i svensk industri idag är SAM(Sekvensbaserad aktivitets- och metodanalys) (Almström, 2024)

Sekvensbaserad Aktivitets- och Metodanalys (SAM)

SAM är ett elementartidssystem som används för att fastställa standardtider i manuellt arbete. Metoden utgår från analys av sekvenser i industriella arbetsmoment, till exempel hur ett objekt eller ett verktyg hanteras. Varje sekvens består av definierade aktiviteter med tillhörande tidsvärden, vilket möjliggör en konsekvent och jämförbar tidsanalys som kan användas vid balansering och kostnadsberäkningar (Almström, 2024).

2.2 Produktionsplanering i monteringsmiljöer

Att planera produktion inom monteringsmiljöer innebär att samordna resurser, aktiviteter och beslut för att nå målsättningar som hög kapacitetsutnyttjande, jämnt arbetsflöde och tillförlitliga leveranser (Bidanda, 2023). Monteringslinor är vanligt förekommande i tillverkningsindustrier med stora serier och upprepade moment, där arbetsuppgifter utförs i en fast sekvens längs en lina (Thomopoulos, 2014). I takt med att kundkraven ökar och produktportföljer breddas behöver dock många företag hantera flera produktvarianter inom samma produktionssystem och detta ställer vidare högre krav på planering och styrning (Blecker & Friedrich, 2006).

Det här avsnittet introducerar teoretiska begrepp som är centrala för planering i monteringslinor. Fokus ligger särskilt på produktionssystem som hanterar flera varianter, och avsnittet behandlar därför teman som planeringsnivåer, linjebalansering, cykeltid, kapacitet och sekvensering. Syftet är att skapa en teoretisk grund för det fortsatta analysarbetet kring krav på framtida planeringssystem.

2.2.1 Operativ, taktisk och strategisk planering

Produktionsplanering sker på tre olika nivåer: strategisk, taktisk och operativ (Blazewicz et al., 1994). Skillnaden mellan dessa nivåer handlar om hur lång tid framåt man planerar, hur detaljerad planeringen är, och vilken typ av beslut som fattas. Dock hänger de ihop och behöver fungera tillsammans för att skapa ett effektivt produktionssystem.

Strategisk planering handlar om långsiktiga beslut, till exempel investeringar i nya maskiner, hur resurser ska fördelas och vilken kapacitet verksamheten ska ha (Maimon et al., 1998). Taktisk planering omvandlar de strategiska riktlinjerna till mer konkreta planer för kommande veckor eller månader. Här planeras till exempel bemanning och hur produktionsvolymerna ska fördelas (Bidanda, 2023). Operativ planering fokuserar på den dagliga driften. Det handlar om att bestämma i vilken ordning produkterna ska tillverkas, hur material ska levereras och hur resurser används, ofta under tidspress och med ändrade förutsättningar (Blazewicz et al., 1994).

Dessa planeringsnivåer påverkar varandra. De strategiska besluten sätter ramarna för vad som är möjligt på taktisk och operativ nivå. Likaså kan erfarenheter från den dagliga produktionen ge viktig återkoppling till de övergripande besluten (Maimon et al., 1998). Bidanda (2023) betonar att det är viktigt att nivåerna hänger ihop, eftersom beslut som fattas isolerat kan skapa ineffektivitet eller leda till felaktiga prioriteringar.

2.2.2 Massproduktion och variantproduktion

Massproduktion innebär tillverkning av stora volymer av enhetliga produkter med målet att uppnå låga enhetskostnader genom standardisering och storskalighet. Enligt Holweg et al. (2018) möjliggör denna modell ett högt kapacitetsutnyttjande och minskade lagerkostnader

genom jämnt flöde och specialiserad utrustning. Den har länge varit dominerande inom tillverkningsindustrin, särskilt där efterfrågan varit stabil och produktutbudet begränsat. I takt med att marknaden förändrats och efterfrågan blivit mer differentierad har dock massproduktionens begränsade flexibilitet blivit en utmaning. Holweg menar att den ökade komplexiteten ofta leder till minskad anpassningsförmåga, vilket har gjort att många företag rört sig mot mer kundanpassade och flexibla produktionsformer.

Variantproduktion utgör ett sådant alternativ, där flera produktversioner tillverkas inom samma produktionssystem. Blecker och Friedrich (2006) beskriver hur produktvarianter i allt högre grad skapas genom modulära produktarkitekturer, vilket gör det möjligt att kombinera olika egenskaper i slutmontering. Detta möjliggör variation utan att hela produktionen måste omorganiseras.

En särskild form av variantproduktion är 'mass customization', där målet är att uppnå både skalfördelar och kundanpassning. Holweg et al (2018) betonar att tekniska framsteg har möjliggjort att produkter kan tillverkas till låg kostnad och ändå anpassas till kundens specifikationer.

Skillnaderna mellan massproduktion och variantproduktion får direkta konsekvenser för planeringsarbetet. I system med hög produktvariation behövs större flexibilitet i både kapacitet och schemaläggning, samt förmåga att hantera fler materialflöden och orderkombinationer. Detta ställer högre krav på planeringssystemens förmåga att samordna resurser och sekvenser på ett effektivt sätt än i mer homogena och repetitiva produktionsmiljöer (Blecker & Friedrich, 2006; Holweg et al., 2018).

2.2.3 Mixed- model problematik

När flera produktvarianter tillverkas på samma monteringslina uppstår särskilda utmaningar som skiljer sig från mer homogena produktionssystem. I en mixed-modelmiljö varierar exempelvis arbetsinnehåll, materialbehov och monteringsstid mellan de olika modellerna, vilket gör det svårt att uppnå ett jämnt flöde och balanserad arbetsfördelning (Thomopoulos, 2014).

En av de centrala utmaningarna är att sekvensera produkterna på ett sätt som minimerar variationen i arbetsbelastning mellan stationerna. Om exempelvis flera tidskrävande modeller hamnar efter varandra kan det skapa lokala överbelastningar och därmed förseningar i flödet. Thomopoulos (2014) lyfter vikten av sekvenseringslogik som tar hänsyn till både arbetsinnehåll och komponenttillgång.

Utöver sekvensering måste även arbetsmomenten fördelas smart mellan operatörer och stationer. I en mixed-model-lina kan samma station behöva hantera olika moment beroende på vilken produkt som passerar, vilket kräver både flexibilitet i bemanning och en planering som minimerar väntan och dubbelarbete (Thomopoulos, 2014).

För att hantera denna komplexitet används ibland avancerade metoder för linjebalansering där variantvariation vägs in redan i arbetsfördelningen. Blecker och Friedrich (2006) visar hur optimeringsalgoritmer, som till exempel tabu-sökning, kan användas för att skapa balanserade linor även när produktmixen är hög och monteringsmomenten varierar kraftigt mellan modeller.

2.2.4 Linjebalansering och cykeltid

Linjebalansering handlar om att fördela arbetsuppgifter mellan olika stationer i en monteringslina, så att arbetsbelastningen blir så jämn som möjligt längs hela flödet. Om linan är obalanserad riskerar vissa stationer att bli överbelastade medan andra får för lite att göra. Det leder till kapacitetsförluster och ett sämre flöde genom hela produktionen (Thomopoulos, 2014).

Ett viktigt begrepp i detta sammanhang är cykeltid, alltså den maximala tid som varje station får använda för att kunna nå det planerade produktionsmålet. Om arbetet på en station tar längre tid än cykeltiden skapas köer och störningar. Därför är det viktigt att arbetsfördelningen utgår från tillförlitliga tidsdata och flödeskrav som stämmer överens med det uppsatta produktionsmålet (Thomopoulos, 2014).

I produktioner där innehållet i arbetet varierar mycket, till exempel vid montering av olika produktvarianter, blir det svårare att uppnå en helt balanserad linan. Det kan leda till så kallad balanseringsförlust, alltså ineffektivitet som uppstår på grund av variationerna. För att minska denna förlust används ibland strukturerade metoder eller digitala verktyg som hjälper till att fördela arbetsuppgifterna på ett rimligt sätt utifrån de resurser som finns tillgängliga (Thomopoulos, 2014).

En monteringslina som är välbalanserad i förhållande till cykeltiden ger ett stabilt produktionsflöde, bättre utnyttjande av resurser och mindre variation i genomloppstiderna. Forskning visar att linjebalansering är särskilt viktigt i varianttillverkning, där det är avgörande för att kunna jobba effektivt och skalbart (Dolgui et al., 2005). I ett planeringssystem som ska stödja beslutsfattande i sådana miljöer är det därför avgörande att kunna ta hänsyn till både cykeltid och arbetsfördelning.

2.2.5 Kapacitetsplanering

Kapacitetsplanering handlar om att se till att en produktionsenhet har tillräckligt med resurser för att kunna möta den förväntade efterfrågan under en viss tidsperiod. Det kan till exempel handla om att planera hur många personer som behövs, vilken maskinutrustning som krävs, hur mycket arbetsyta som behövs samt hur skift, lager och buffertar ska organiseras (Bidanda, 2023).

En viktig utmaning i kapacitetsplaneringen är att hantera osäkerheten i efterfrågan. Om kapaciteten är för stor kan det leda till onödiga kostnader för resurser som inte används fullt ut. Om den istället är för liten kan det orsaka problem som förseningar, flaskhalsar och längre

ledtider. Därför behövs både bra prognoser och flexibilitet i hur resurser används, så att produktionen kan anpassas när arbetsbelastningen varierar (Maimon et al., 1998).

När produktionen innehåller många olika produktvarianter blir kapacitetsplaneringen ännu mer komplex. Det beror på att olika produkter kan ha helt olika arbetsinnehåll, cykeltider och krav på resurser. Då räcker det inte att bara titta på den genomsnittliga belastningen, man måste också ta hänsyn till hur varje enskild produkt påverkar flödet, för att undvika obalans (Bidanda, 2023).

Ett exempel på kapacitetsanalys inom elektronisk montering finns i en fallstudie från Ericsson, beskriven av Kobza et al. (2002). Där använde man kvantitativ data och en metod för att analysera begränsningar i produktionen, och lyckades identifiera vilken resurs som var den största flaskhalsen. Studien visade att det gick att förbättra flödet märkbart genom mindre justeringar i bemanning och resursfördelning, utan att göra några nya investeringar. Det visar hur viktigt det är att inte bara tänka på hur mycket kapacitet man har, utan också hur den används och samordnas i förhållande till efterfrågevariationer.

2.2.6 Sekvensering

Sekvensering innebär att bestämma i vilken ordning produkter eller arbetsmoment ska utföras i produktionen. I monteringslinor är det särskilt viktigt att ha en genomtänkt sekvens, eftersom den påverkar flödet genom linan och hur effektivt resurserna används. En bra sekvens kan minska omställningstider, jämna ut arbetsbelastningen och minska behovet av interna transporter (Blazewicz et al., 1994).

När flera produktvarianter tillverkas, särskilt i så kallade mixed-modelmiljöer, blir sekvenseringen mer komplicerad. Olika varianter kan skilja sig åt i hur lång tid de tar att montera, hur mycket arbete de kräver och vilket material som behövs. Därför påverkar sekvensen inte bara produktionens tempo, utan också logistiken och tillgången till rätt komponenter (Thomopoulos, 2014).

Sekvenseringen behöver också ta hänsyn till begränsningar i produktionen, både tekniska och organisatoriska. Ett exempel är att liknande arbetsmoment inte bör placeras efter varandra på närliggande stationer, eftersom det kan skapa överbelastning och minska effektiviteten. För att hantera sådana utmaningar används ofta särskilda sekvensregler eller algoritmer som hjälper till att välja en ordning som fungerar utifrån aktuella mål och resurser (Maimon et al., 1998).

Ett centralt koncept för att stödja en balanserad och stabil sekvensering i Lean-sammanhang är Heijunka. Det syftar till att jämna ut arbetsbelastningen över tid, både vad gäller volym och variantmix, och är en grundläggande princip i Toyotas produktionssystem. Istället för att producera stora serier av en produktvariant åt gången, fördelas olika varianter i ett återkommande mönster för att reducera variation i resursanvändning och skapa stabila materialflöden. Detta minskar risken för flaskhalsar och ger ett bättre utnyttjande av kapacitet utan att behöva förlita sig på buffertlager (Liker, 2021).

Sekvensering bör ses som en viktig del av hela produktionsplaneringen. I miljöer där efterfrågan varierar snabbt och där produktionen går i högt tempo, krävs system som kan ta fram sekvenser som är anpassade efter de resurser och flödeskrav som gäller just då.

2.2.7 Rollfördelning i planeringsarbetet

Planering i en produktionsmiljö bygger på att flera olika roller samarbetar; alla med olika ansvar, perspektiv och tidshorisonter. För att planeringen ska fungera effektivt krävs det att rollerna är tydligt fördelade, särskilt i företag där strategiska beslut fattas centralt och det dagliga arbetet styrs närmare produktionen (Bidanda, 2023).

I större industriföretag delas planeringsarbetet ofta upp mellan olika funktioner som produktionsplanering, arbetsledning och tekniskt stöd. Produktionsplanerare ansvarar till exempel för hur kapaciteten ska användas, hur mycket som ska produceras och när. Arbetsledare hanterar det dagliga arbetet på produktionslinan, medan tekniska experter, som produktionsingenjörer, bidrar med exempelvis tidsdata, balanseringsförslag eller instruktioner. Alla dessa roller har ett inflytande på planeringen och behöver därför ha ett bra informationsflöde mellan sig (Bidanda, 2023).

För att undvika att olika delar av organisationen drar åt olika håll, är det viktigt att alla arbetar mot samma mål och delar samma förståelse för vad produktionen kräver och vilka begränsningar som finns. Holweg et al. (2018) lyfter fram vikten av att ha en god samordning inom organisationen. I komplexa miljöer kan beslut på taktisk nivå annars hamna i konflikt med verkligheten i det dagliga arbetet. Därför behövs det en tydlig samverkan mellan de som fattar besluten och de som utför dem.

För att planeringsarbetet ska fungera väl krävs alltså inte bara bra verktyg, utan också tydliga ansvarsförhållanden och fungerande kommunikation. Att klargöra vem som har vilka roller i planeringsarbetet kan generera bättre beslutfattande och minska risken för missförstånd och brister i samordningen mellan olika nivåer.

2.3 Begränsningar i nuvarande planeringssystem

Många industriföretag använder idag etablerade verktyg som ERP eller MRP- system, Excel och olika manuella rutiner för sin produktionsplanering. Dessa lösningar har vuxit fram över tid, ofta som svar på specifika behov, men räcker inte alltid till när det gäller att hantera den variation och komplexitet som kännetecknar dagens monteringsmiljöer.

Material Requirements Planning (MRP) lade grunden för datorstödd planering, men saknar funktioner för att ta in återkoppling från produktionen i realtid (Wang, Zhang & Dai, 2010). Istället bygger planeringen idag ofta på historisk data och reaktiva beslut, snarare än på aktuella förutsättningar. Detta gör systemen sårbara för störningar, förändrade tider och nya planeringsbehov (Almström, 2024).

Holweg et al. (2018) pekar på att moderna produktionsmiljöer kräver planeringslösningar som är mer flexibla och anpassningsbara, system som kan hantera både förändringar i efterfrågan och variation i arbetsinnehåll. I detta kapitel belyses de viktigaste begränsningarna med dagens planeringssystem, och hur dessa påverkar möjligheterna till effektiv och proaktiv styrning av monteringsflöden.

2.3.1 Brister i traditionella planeringsverktyg

I traditionell tillverkningsindustri bygger planeringen ofta på en stegvis modell, där beslut tas i turordning, från strategiska överväganden till mer detaljerad operativ schemaläggning. Planeringen börjar vanligtvis med uppskattningar av kapacitetsbehov och resurstillgång över längre tidsperioder, med målet att balansera tillgång och efterfrågan under relativt stabila förhållanden. Problemet med detta upplägg är att tidiga beslut påverkar de senare stegen, vilket kan göra det svårt för systemet att hantera förändringar eller störningar som uppstår längre fram i processen (Holweg et al., 2018).

Om planeringssystemet inte får återkoppling från den operativa verksamheten i realtid, uppstår ett glapp mellan när beslut tas och när de genomförs. Det gör det svårt att snabbt anpassa planeringen om något oväntat händer. Resultatet blir ofta att personalen måste göra manuella justeringar för att få arbetet att fungera i praktiken (Yang & Hernandez, 2023).

En fallstudie från elektronikindustrin visar på just detta. Där använde man ett traditionellt planeringssystem för en monteringslina av Bluetooth-högtalare, men det klarade inte att hantera variationer i ordervolymer. När man istället införde en genetisk algoritm blev resursanvändningen bättre och cykeltiderna kortare. Det visar hur viktigt det är att använda flexibla metoder i miljöer där förutsättningarna snabbt kan förändras (Yang & Hernandez, 2023).

För att hantera denna typ av komplexitet har forskare föreslagit olika optimeringsmetoder, till exempel metaheuristiker och modeller som kan hantera flera mål samtidigt. Zhang et al. (2022) presenterar en hybridmodell som testats i olika produktionsmiljöer. Modellen bygger på fasta indata och uppdateras inte medan produktionen pågår, vilket gör att den fungerar sämre i situationer där mycket förändras snabbt.

Slutligen pekar Boysen, Fliedner och Scholl (2008) på att traditionella modeller för linjebalansering ofta utgår från förenklade antaganden, som att alla arbetsmoment är lika, att flödet är linjärt och att resurserna är enhetliga. Men i verkligheten varierar både produkter, arbetsmoment och resurser. Därför behövs mer flexibla och verklighetsnära modeller för att kunna planera effektivt i moderna monteringsmiljöer.

2.3.2 Problem med fasta takttider och produktvariation

Fasta takttider är ett vanligt planeringssätt i monteringsystem och innebär att varje arbetsmoment ska ske inom ett fast tidsintervall. Det fungerar bra när man tillverkar likartade produkter med jämnt arbetsinnehåll, eftersom det ger ett standardiserat och förutsägbart flöde.

Men i miljöer där olika produktmodeller kräver olika mycket arbete blir det här upplägget problematiskt. Då kan arbetsfördelningen bli ojämn och resurserna användas ineffektivt (Mönch, Huchzermeier & Bebersdorf, 2021).

En fallstudie från Fendts traktormontage visar att fasta takttider i en blandad monteringslina skapade stora skillnader i arbetsbelastning mellan stationerna. Det ledde både till kvalitetsproblem och arbetsmiljöutmaningar. Av att införa variabla takttider och en zonbaserad balanseringsmodell kunde man anpassa arbetsfördelningen efter hur komplexa momenten var. Det gav bättre flexibilitet och kvalitet i utförandet (Mönch et al., 2021).

Bocewicz et al. (2018) beskriver också problem med fasta takttider när det sker oväntade avvikelser i produktionen. Om ett moment tar längre tid än planerat påverkas hela flödet, vilket ofta kräver manuell omplanering. De föreslår istället att införa justerbara tidsmarginaler som gör att man kan anpassa planeringen utan att behöva ändra hela strukturen.

Holweg et al. (2018) menar att variation i arbetsmoment, cykeltid och efterfrågan inte ska ses som undantag, utan något som planeringen måste utgå ifrån. System som bygger på fasta antaganden har svårt att hantera förändringar i praktiken.

Dessutom visar Schmid, Montreuil och Limère (2022) att traditionella system ofta behandlar materialförsörjning och monteringsplanering som separata delar. Det kan skapa obalans i arbetsbelastningen och lågt resursutnyttjande. En planering av dessa delar tillsammans, kan förbättra både samordning och flödesstabilitet.

2.3.3 Koordinationsproblem och brist på realtidsåterkoppling

När planeringsfunktionerna inte har tillgång till aktuell information om exempelvis orderstatus, resursanvändning eller avvikelser, uppstår koordinationsproblem. Utan återkoppling i realtid bygger planeringen ofta på antaganden istället för fakta, vilket kan leda till ineffektivitet och sämre leveransprecision. Yang och Hernandez (2023) visar hur bristen på direktkoppling mellan ERP-system och produktionen gör att viktig information når planeringen med fördröjning, vilket försvårar snabba Anpassningar vid störningar.

Wang, Zhang och Dai (2010) visar att många ERP- och MES-system saknar automatiserade funktioner för att överföra information direkt från verkstadsgolvet. I stället krävs manuell återrapportering, vilket gör att fel och avvikelser kan missas i tid och inte tas med i nästa planering.

Även på operativ nivå skapar datakvaliteten problem. Almström (2024) påpekar att planeringsbeslut ofta bygger på uppskattningar snarare än faktiska tider, eftersom tillförlitlig tidsdata för specifika arbetsmoment ofta saknas. Det ökar risken för fel i bedömningar av resursbehov och cykeltider.

Sahara och Aamer (2022) lyfter i sin studie att avsaknaden av realtidsintegration bromsar informationsflödet och gör det svårare att fatta snabba och korrekta beslut i produktionen. Det

visar hur viktigt det är med direkt återkoppling, särskilt i miljöer där efterfrågan och kapacitet snabbt kan ändras.

2.3.4 Kompetensberoende och begränsad operatörsfördelning

I många monteringsystem kräver vissa arbetsmoment särskild teknisk utrustning eller specifik kompetens. Det leder ofta till att dessa uppgifter placeras på fasta stationer som bemannas av utvalda operatörer. Detta innebär att flödet i produktionen blir starkt beroende av att rätt personer finns på plats. Mönch, Huchzermeier och Bebersdorf (2021) visar hur detta beroende gör det svårare för systemet att anpassa sig när bemanningen ändras eller när produktens innehåll varierar. Kompetensfördelningen blir alltså en flaskhals när man försöker skapa balans i arbetsbelastningen eller hantera variationer i produktionen.

Boysen, Fliedner och Scholl (2008) beskriver också hur arbetsmoment som kräver specifik personal eller stationstillhörighet leder till så kallade fixeringskostnader. Det innebär att det krävs extra arbete och resurser för att kunna flytta arbetsuppgifter eller ändra på linans upplägg. Sådana begränsningar gör att systemet blir mindre flexibelt, särskilt när nya produktvarianter ska införas eller när man snabbt behöver ändra planeringen.

Holweg et al. (2018) lyfter att produktionssystem med stor variation och små serier ofta kräver att operatörerna har bred kompetens. Om arbetsuppgifterna inte kan anpassas efter vem som faktiskt finns tillgänglig, ökar risken för kapacitetsproblem och ojämnt flöde. Det kan leda till förseningar och sämre effektivitet, särskilt om någon operatör saknas eller om efterfrågan förändras i rapid takt.-

2.4 Intelligent planering och digitalisering i produktion

Tillverkningsindustrin möter idag en ökande variation, större komplexitet och krav på ökad flexibilitet. Det gör att behovet växer av ett smartare sätt att planera och styra produktionen. I det här avsnittet förklaras vad som menas med intelligenta planeringssystem inom industrin. Fokus ligger på hur digitalisering, realtidsdata och dataanalys kan förbättra beslutsfattandet i moderna produktionsmiljöer. Avsnittet innehåller både definitioner och översikter av system, och visar hur olika typer av produktionsdata kan användas i planeringen.

2.4.1 Vad är ett intelligent planeringssystem?

Ett intelligent planeringssystem är ett system som kombinerar realtidsdata, historisk information och algoritmbaserad analys. Det används för att stödja, automatisera och förbättra beslutsfattande inom produktion. Till skillnad från traditionella planeringsverktyg, som ofta är sekventiella och reaktiva, har intelligenta system en förmåga att agera proaktivt och anpassa sig dynamiskt genom ständig återkoppling från produktionen (Burzyńska, 2024).

Sådana system kan se olika ut. Det kan handla om regelbaserade system (RBS), fallbaserade system (CBS), eller en kombination av båda. Regelbaserade system använder if-then-logik för

att fatta beslut utifrån uppsatta regler. Fallbaserade system lär sig av tidigare situationer och använder den kunskapen för att ge rekommendationer i nya lägen. Ofta kombineras dessa metoder med AI-teknik, vilket gör det möjligt att fatta automatiska beslut i realtid (Burzyńska, 2024).

2.4.2 Systemlandskap: MES, ERP, APS och beslutsstöd

I dagens industriella IT-miljöer finns flera viktiga systemtyper som tillsammans skapar grunden för digital produktionsplanering. MES-system (Manufacturing Execution Systems) fungerar som en länk mellan planering och produktion. De möjliggör spårning, övervakning av produktion och återkoppling i det dagliga arbetet. MES samlar in produktionsdata från maskiner och operatörer, och kan användas för att analysera avvikelser, uppdatera status i realtid och säkerställa att planerade aktiviteter genomförs korrekt. Det är centralt för att uppnå hög synkronisering mellan plan och verkligt utfall (Brecher et al., 2024).

ERP-system (Enterprise Resource Planning) hanterar administrativa och logistiska funktioner, till exempel inköp, lagerstyrning och orderhantering. Ett modernt ERP-system fungerar som en databärare för verksamheten och binder samman olika funktioner, men har begränsad kapacitet för att hantera sekventiella, detaljerade beslut i produktionsmiljön. I den digitala infrastrukturen som beskrivs i konceptet Internet of Production fungerar ERP som ett nav för transaktionsdata, medan realtidsinformation ofta bearbetas i andra system (Brecher et al., 2024).

APS-system (Advanced Planning and Scheduling) används för att skapa detaljerade produktionsplaner som tar hänsyn till tillgängliga resurser och prioriteringar. Till skillnad från traditionella planeringssystem strävar APS efter att optimera planerna med hänsyn till olika begränsningar. Enligt Kjellsdotter Ivert (2012) möjliggör APS ett mer dynamiskt och responsivt planeringssätt där flera alternativa planer kan utvärderas och den mest effektiva väljas ut. APS-system är särskilt relevanta i komplexa miljöer med många produktvarianter, varierande ledtider och begränsade resurser.

Trenden går mot att dessa system kopplas ihop i realtid med data från sensorer och analyser. AI-teknik används för att hantera variation och osäkerhet. I modellen "Internet of Production" (IoP) beskrivs hur en digital infrastruktur gör det möjligt att föra data mellan utveckling, produktion och användning. Detta skapar förutsättningar för planeringsbeslut som anpassas efter aktuella produktionsförhållanden och för att system kan stödja varandra i en kontinuerlig beslutsprocess (Brecher et al., 2024).

2.4.3 Prediktiv och datadriven planering

En viktig egenskap hos intelligenta planeringssystem är att de använder data för att förutse framtida händelser och fatta bättre beslut. Historisk data kan exempelvis avslöja mönster i cykeltider, kapacitetsutnyttjande och störningar. Realtidsdata gör det i sin tur möjligt att justera planeringen direkt när något avviker. En kombination av dessa datatyper kan inte bara reagera på förändringar, utan också förutse dem och agera utifrån det (Burzyńska, 2024).

I detta sammanhang nämns ofta digitala tvillingar som ett sätt att koppla samman den fysiska produktionen med en digital modell. Med hjälp av dessa modeller kan man simulera, optimera och kontinuerligt uppdatera planeringsunderlaget. Om man tillämpar maskininlärning på den data som digitala tvillingar samlar in, kan man identifiera mönster som påverkar resultatet och använda dem för att fatta bättre beslut (Schneider et al., 2020).

2.4.4 Exempel från tillämpningar

Inom gjuteriproduktion har datadrivna system visat sig särskilt effektiva för att upptäcka defekter. Analyser av historisk processdata kan identifiera dolda samband mellan olika parametrar och produktkvalitet. Det gör det möjligt att både förutsäga och minska antalet fel. Burzyńskas studie (2024) visar att detta kan ge stora kostnadsbesparingar genom lägre defektfrekvens och förbättrad effektivitet.

Ett annat exempel är modellen baserad på IoP som utvecklats vid RWTH Aachen. Där samlas data från maskiner, operatörer och produkter i ett gemensamt datalager. Systemet används inte bara för att planera material- och arbetsflöden, utan också för att optimera variantanpassning, resursfördelning och underhållsstrategier (Brecher et al., 2024).

2.4.5 Mognadsgrad och framtida potential

Trots att tekniken för intelligenta planeringssystem har utvecklats mycket varierar graden av tillämpning kraftigt mellan olika företag och branscher. Det finns fortfarande hinder, till exempel bristande datakvalitet, dålig integration mellan system och organisatoriska utmaningar. Dock visar forskningen att en kombination av realtidsdata, digitala skuggor och AI-algoritmer öppnar upp för nya möjligheter. Planering kan bli en integrerad del av det dagliga flödet i produktionen, snarare än en separat aktivitet (Schneider et al., 2020; Brecher et al., 2024).

2.4.6 Digitala tvillingar som möjliggörare för simulering

Digitala tvillingar har blivit ett centralt begrepp inom modern tillverkning och används allt mer som en teknisk och konceptuell grund för avancerad planering och simulering. En digital tvilling kan beskrivas som en virtuell representation av ett fysiskt objekt eller system, där realtidsdata från sensorer och styrsystem möjliggör en spegling av det verkliga tillståndet. Dessa modeller används inte enbart för visualisering, utan även för prediktion, optimering och beslutsstöd i produktionsmiljöer (Ostaševičius, 2022). För intelligent planering innebär detta att förändringar i t.ex. produktionssekvenser, bemanningsnivåer eller ordermix kan testas i ett simulerat format innan åtgärder genomförs i verkligheten. Detta ökar robustheten i beslutsfattandet och minskar risken för driftstörningar. I praktiken kräver ett sådant arbetssätt en väl integrerad systemmiljö där data från ERP-, MES- och APS-system kontinuerligt flödar in i modellen. På så sätt möjliggörs realtidsuppdatering av planeringsläget och anpassning till störningar i produktionsflödet (Ostaševičius, 2022).

För att digitala tvillingar dock ska kunna användas effektivt krävs en tillräckligt detaljerad modell av produktionssystemet. Detta inkluderar bland annat geometrisk struktur, resurstillgångar, materialflöden samt definierade regler för processlogik. Modellen behöver även valideras genom historiska data och testkörningar. Den digitala tvillingen fungerar då som en digital testbädd för alternativa scenarier, vilket i sin tur stödjer såväl sekvensering som kapacitets- och balanseringsbeslut. I en framtida implementering av intelligenta planeringssystem bedöms digitala tvillingar vara en nödvändig komponent. Både för att möjliggöra prediktiv planering, men även för att bygga in simulativa funktioner i APS-lösningar (Ostaševičius, 2022).

2.4.7 Tidsdata och elementartidssystem i intelligent planering

Ett elementartidssystem är ett metodiskt verktyg för att bestämma hur lång tid en arbetsuppgift bör ta att utföra under normala förhållanden. Istället för att använda historisk utfallsdata bygger systemet på en uppdelning av arbetet i mindre elementarrörelser eller standardiserade arbetsmoment, vilka var och en har ett definierat tidsvärde. Dessa värden kan summeras och justeras för att uppskatta den totala arbetstiden för en given aktivitet (Almström, 2012).

Till skillnad från databaserade system som förlitar sig på observerade utfallstider, syftar elementartidssystem till att definiera en ideal tid, det vill säga den tid som krävs om arbetet utförs utan störningar, förseningar eller överprestation. Denna typ av tid kallas ibland planeringstid eller grundtid. Den möjliggör att planering sker utifrån ett standardiserat och jämförbart underlag, snarare än påverkas av tillfälliga variationer i produktionsmiljön. Det gör systemet särskilt användbart i miljöer där man vill kunna planera nya arbetssätt eller bedöma förändringar i arbetsinnehåll utan att invänta historiska data.

Ett etablerat elementartidssystem innehåller även regler för hur man ska justera för personliga behov, mindre störningar och andra faktorer som påverkar genomförandet. Därigenom av att inkludera dessa faktorer skapas en mer realistisk bild av den totala arbetstiden, samtidigt som själva grundtiden kan användas för effektiv jämförelse och analys. Tidsdata som genereras på detta sätt kan användas direkt som indata till planeringssystem, vilket minskar beroendet av återkommande mätningar och ger en högre grad av kontroll över arbetsinnehåll och beläggningsplanering (Almström, 2012).

2.5 Processynsätt och systemperspektiv

Planering i komplexa produktionsmiljöer kräver mer än en linjär syn på hur beslut fattas och aktiviteter organiseras. För att förstå planeringens roll i monteringsflöden behöver man betrakta den i relation till de processer och system där den verkar. Ett processynsätt innebär att fokus flyttas från enskilda funktioner till hur aktiviteter hänger ihop över tid och rum. Likaså ger ett systemperspektiv möjlighet att analysera planeringens beroende av tekniska, organisatoriska och mänskliga faktorer.

Detta kapitel undersöker hur planering kan förstås som en pågående process snarare än en punktinsats, vilka principer som kännetecknar processororienterad planering, samt hur variation och mänskliga faktorer påverkar planeringsflödet. Avslutningsvis diskuteras hur ett systemperspektiv kan bidra till en mer helhetsnära förståelse av planeringens funktion i dagens tillverkningsmiljöer.

2.5.1 Planering som process

I produktionsmiljöer där variation och komplexitet är stora har planering traditionellt setts som en linjär aktivitet, ofta uppdelad i olika beslutsnivåer. Ett processinriktat synsätt ser istället planering som en pågående och interaktiv process. Här samverkar aktörer, aktiviteter och informationsflöden över tid (Holweg et al., 2018). Med detta synsätt blir planering en integrerad del av hela produktionssystemet, snarare än ett separat verktyg.

Begreppen flöde, variation och kapacitet är centrala i detta sammanhang. Flödet av material, komponenter och information ses som en helhet, inte som separata funktioner. Variation i orderinnehåll, arbetsmoment och tillgång till resurser betraktas som en naturlig del av monteringsmiljön snarare än som avvikelser (Khakhonova et al., 2018). Kapacitet handlar därför om hur väl systemet kan hantera dessa variationer.

2.5.2 Principer för processororienterad planering

Holweg et al. (2018) presenterar fyra begrepp som beskriver hur produktionssystem kan bli mer flödeseffektiva: takt, flöde, nollfel och dragande system. Även om dessa principer har sin grund i repetitiv tillverkning kan de användas för att analysera miljöer med hög variation och komplexitet.

Takt handlar om att anpassa produktionstakten till efterfrågan, vilket i praktiken kan utgå från både prognoser och faktiska order, beroende på hur processen är uppbyggd. Flöde beskriver hur material och arbete rör sig jämnt och utan störningar genom produktionen, vilket påverkas av kapacitetsfördelning och hur känsligt systemet är för störningar (Eberts et al., 2012). Nollfel innebär att man fokuserar på att undvika att fel sprids vidare i processen, vilket stärker kvalitet och stabilitet. Dragande system betyder att produktionen styrs av verklig efterfrågan, inte av antaganden i planeringen. Det påverkar hur planeringen struktureras och tidsätts (Rosin et al., 2020).

2.5.3 Variation och mänskliga faktorer i planeringsflödet

I monteringsmiljöer är produktionsvariation en ständig utmaning, särskilt när olika produktvarianter tillverkas i följd. Variation kan påverka allt från monteringsstider och resursbehov till materialflöden och personalfördelning, vilket gör det svårare att förutse arbetsbelastning och skapa effektiva sekvenser (Rahman et al., 2023).

Shen et al. (2017) visar att variation i arbetskraftens tempo, erfarenhet eller närvaro kan påverka tillförlitligheten i produktionen. Simuleringar visar att mindre variation i

bemanningen ökar chansen att produktionen följer planen, även om projektets längd inte nödvändigtvis blir kortare. Eberts et al. (2012) beskriver hur variation i arbetsmoment, maskintillgång och materialförsörjning kan orsaka störningar i flödet. Sådana avvikelser är ofta svåra att upptäcka i traditionella planeringsmodeller.

2.5.4 Planering i ett systemperspektiv

Att se planering ur ett systemperspektiv innebär att den förstås som en funktion i ett nätverk av ömsesidiga beroenden snarare än som en linjär beslutsprocess. Detta innefattar interaktioner mellan tekniska system, organisatoriska strukturer och de människor som arbetar i produktionen. Ciurana et al. (2008) visar att bristande samspel mellan teknisk planering och faktisk produktionsstyrning kan leda till suboptimeringar och svårigheter att hantera förändringar.

Bhaskar (2025) diskuterar hur kombinationen av flera metoder, som arbetsflödesanalys, flexibilitetsbedömning och informationsdelning, kan ge bättre insikt i hur planering fungerar i komplexa miljöer. Matthews och Marzec (2017) betonar också vikten av återkoppling och lärande i planeringen som en väg till långsiktiga förbättringar.

2.6 Krav och behov i systemutveckling

Utvecklingen av produktionsnära system, såsom planerings- och beslutsstöd för monteringslinor, kräver ett strukturerat tillvägagångssätt där verksamhetens behov identifieras, organiseras och omsätts i praktisk funktionalitet. I detta kapitel beskrivs centrala teorier och principer för behovsanalys och kravinsamling med särskilt fokus på tillverkningsindustrin och monteringsmiljöer. Betydelsen av att skilja mellan behov och krav lyfts fram, liksom användarcentrerade metoder och vikten av att flera aktörers perspektiv beaktas under utvecklingsarbetet.

2.6.1 Vad är ett behov respektive ett krav?

Ett behov handlar om något som saknas, efterfrågas eller upplevs som problematiskt i verksamheten. Det kan röra sig om en funktion som inte finns eller en förbättring som eftersträvas. Ett krav är istället en specifik formulering av detta behov, uttryckt som en funktion, egenskap eller begränsning som systemet måste uppfylla för att vara användbart (Barcelos et al., 2024). Krav delas ofta in i två kategorier: funktionella, till exempel att systemet ska kunna hantera sekvensering i realtid, och icke-funktionella, som att det ska vara användarvänligt eller ha korta svarstider.

Alla behov är inte alltid formulerade från början. Hane Hagström och Bergsjö (2025) visar hur visualisering av krav i workshops hjälpte deltagarna att identifiera behov som tidigare varit otydliga. Deras studie, som involverade 166 personer i ett omfattande designarbete, visar att en kombination av metoder för strukturering och validering av krav gav en mer heltäckande och välgrundad kravbild än vad traditionella insamlingsmetoder ofta leder till.

2.6.2 Användarcentrerad utveckling i industriella miljöer

Användarcentrerad design innebär att användarnas behov, arbetsförhållanden och erfarenheter tas i beaktande i varje fas av utvecklingsarbetet. Målet är att skapa lösningar som fungerar i det sammanhang där de faktiskt ska användas. Stockinger et al. (2021) beskriver ett vägledningssystem för montörer där användarperspektivet var centralt genom hela processen. Projektet inkluderade flera iterationer där feedback från montörer togs in och påverkade utformningen av informationsflödet och gränssnittet.

Resultatet visade att tydliga instruktioner och anpassad informationsmängd bidrog till ökad effektivitet och färre fel. Att användarna accepterade systemet visar vikten av att involvera dem tidigt och löpande i utvecklingsarbetet. Detta tillvägagångssätt är särskilt viktigt i produktionsmiljöer där förutsättningarna varierar mellan olika roller och individer, exempelvis vad gäller teknik, ergonomi och kompetensnivå.

2.6.3 Krav i föränderliga och komplexa produktionsmiljöer

I tillverkningsmiljöer sker förändringar ofta snabbt, parallellt med att processerna är komplexa och produktsortimentet varierar. Därför behöver kravhantering ses som en pågående process snarare än något som görs en gång. Barcelos et al. (2024) introducerar begreppet 'Continuous Requirements Engineering', där kraven ses som rörliga och uppdateras i takt med att verksamhetens förutsättningar förändras. Analysen visar att nya krav ofta växer fram i mötet mellan teknik, verksamhetsmål och mänskliga faktorer.

Inom ramen för Industri 4.0 innebär detta att kraven måste stödja både vertikal och horisontell integration av system. Dock krävs flexibilitet så att produktionssystem kan justeras utan att hela arkitekturen behöver byggas om. Förmågan att hantera krav som ändras under drift är en nyckelfaktor för framtidens planeringssystem.

2.6.4 Att hantera flera aktörers krav och prioriteringar

I ett produktionssystem samverkar många olika aktörer med skilda mål och perspektiv. Planerare behöver verktyg för att hantera resurser och prioritera, montörer behöver tydliga instruktioner och möjlighet till flexibilitet, medan ledningen eftersträvar kostnadseffektivitet och överblick. Att väga samman dessa behov kräver metodiskt stöd.

Qu et al. (2023) beskriver en metod där stakeholder value network och fuzzy Kano-modellen kombineras för att identifiera vilka krav som är mest betydelsefulla ur ett hållbarhets- och verksamhetsperspektiv. Studien visar hur krav kan visualiseras, kvantifieras och rangordnas utifrån intressenters inflytande samt hur angelägna de upplevs vara. En sådan strukturerad analys kan förbättra precisionen i kravformuleringen och minska risken för konflikter längre fram i utvecklingsprocessen.

2.6.5 Systemkrav och användaracceptans

Ett systems framgång beror till stor del på om användarna uppfattar det som relevant och fungerar i deras dagliga arbete. Mekadmi och Louati (2018) visar i sin studie av ERP-system att användarnöjdhet kan delas in i två delar: teknisk kvalitet och innehållskvalitet. Det handlar både om hur gränssnittet fungerar och om hur väl informationen i systemet stöttar det arbete som ska utföras. Ett system som är tekniskt välutvecklat men saknar relevans för användarens behov kommer sannolikt inte att tas i bruk. Av den anledningen bör kravspecifikationen inkludera både funktionella behov och de organisatoriska och psykosociala faktorer som påverkar upplevelsen av systemet. Kravinsamlingen bör därför kombinera strukturerade metoder, exempelvis enkäter, med mer öppna angreppssätt som observationer eller intervjuer.

3. Metod

Detta examensarbete är av kvalitativ och explorativ karaktär, med syfte att förstå behov och krav kopplade till planering och optimering av monteringslinor i industrin. Arbetet har bedrivits enligt en iterativ och flexibelt strukturerad forskningsprocess, där litteraturstudier och intervjuer har kombinerats för att skapa en djupare förståelse för ämnesområdet. Metodvalet har styrts av studiens syfte att belysa hur intelligenta planeringssystem kan utformas utifrån användarnas perspektiv, snarare än att pröva en hypotes eller genomföra kvantitativa mätningar.

Val av ansats och metod har gjorts i enlighet med de riktlinjer som ges av Patel och Davidson (2011), där forskningsprocessen beskrivs som en sekvens av beslut kring problemformulering, datainsamling, analys och tolkning. Arbetet har följt deras modell för kvalitativa undersökningar, där förståelse av människors uppfattningar, erfarenheter och handlingar står i fokus. Eftersom syftet varit att undersöka upplevda behov och hinder i praktiken, har vi valt att arbeta med en induktiv ansats, där analysen har växt fram ur det empiriska materialet snarare än ur en förutbestämd teorimodell.

3.1 Forskningsdesign och genomförande

Arbetet har genomförts i fyra huvudsakliga steg: inläsning av teori och tidigare forskning, planering och avgränsning av projektet, insamling av empiriskt material genom intervjuer samt analys och strukturering av resultaten. Processen har dokumenterats kontinuerligt i veckovisa fredagsrapporter till handledaren, vilka har fungerat som en metod för att följa upp progression, synliggöra valda arbetsätt och reflektera över insikter och svårigheter längs vägen.

Initialt fokuserades arbetet på att skapa en teoretisk förståelse för ämnesområdet genom en bred litteraturgenomgång, där litteraturen hämtades från Chalmers lib och Scopus Ai. Några få exempel av de söksträngar som använts är:

"assembly line planning" AND "mixed-model"

"cycle time" AND "line balancing"

"real-time planning" AND "data integration"

"process thinking" AND "production planning"

"real-time data" AND "manufacturing execution systems"

I detta skede lästes både vetenskapliga artiklar och facklitteratur inom områden som bland annat produktionsplanering, linjebalansering, MES-system och digitalisering för att skapa en grund för förståelsen av produktionssystem och processanalys. Denna litteraturstudie, som nämnt ovan med respektive exempel på söksträngar, låg vidare till grund för utformningen av intervjuguiden och val av forskningsfrågor.

Efter en inledande avgränsning och godkänd planeringsrapport påbörjades den empiriska datainsamlingen genom kvalitativa semistrukturerade intervjuer med tre industriföretag. Valet att genomföra intervjuer med representanter från industrin motiverades av Patel och Davidson (2011), som framhåller intervjuer som en lämplig metod när syftet är att förstå aktörers synsätt, erfarenheter och upplevda behov i sin yrkesutövning.

Ett mer praktiskt angreppssätt, exempelvis genom att använda simuleringsverktyg som Visual Components, diskuterades initialt som en möjlig del av studiens genomförande. Avsikten var att kombinera teoretisk analys med digital visualisering av planeringsscenarioer i monteringslinor. Efter dialog med handledare på både Chalmers och Empir Industry samt en översyn av tillgängliga resurser bedömdes dock att detta tillvägagångssätt skulle kräva en större teknisk insats och mer tid än vad som var möjligt inom ramen för arbetet. Beslutet togs därför att avgränsa studien till en kvalitativ och behovsorienterad analys, där fokus istället lades på att undersöka planering i praktiken och användarkrav genom litteratur och intervjuer.

3.2 Urval av intervjurespondenter

Målet var att fånga ett brett perspektiv på planeringsarbetet i praktiken, varför personer med olika roller och erfarenheter inkluderades. Under arbetets gång gjordes flera försök att kontakta olika företag med förfrågan om en intervju, för att få ett bredare perspektiv, dock utan återkoppling från majoriteten av de kontaktade företagen. Med en begränsad tidsram för arbetet blev därför urvalet av respondenter mindre än planerat, men fortfarande värdefullt för studien.

De tre intervjuerna som presenteras i denna rapport genomfördes med representanter från tre svenska industriföretag verksamma inom montering: Parker Hannifin, Swegon samt Volvo Penta. Totalt intervjuades åtta personer, fördelade på funktioner som produktionsledare, produktionstekniker, planeringsansvariga och chefer inom produktionsteknik.

3.3 Datainsamling

Intervjuerna genomfördes fysiskt på plats hos Volvo Penta i Vara och Swegon i Kvänum, samt digitalt med Parker Hannifin via e-post. Samtliga intervjuer var semistrukturerade, vilket innebär att en intervjuguide med teman och öppna frågor användes, men att utrymme gavs för följdfrågor och fördjupning där det bedömdes relevant. Denna flexibilitet möjliggjorde att respondenterna kunde lyfta fram egna prioriteringar och perspektiv, vilket är centralt i en kvalitativ metod (Patel & Davidson, 2011).

För att säkerställa datakvalitet dokumenterades intervjuerna genom inspelning och anteckningar direkt under samtalet, som sedan raderats permanent enligt överenskommelse med företagen.

Under de fysiska intervjuerna ledde den ena samtalet och den andra antecknade. Därefter sammanställdes materialet, alltså inspelningen och anteckningarna, till en strukturerad

intervjurapport, vilket möjliggjorde hög aktualitet och minskade risken för informationsförlust. Detta skickades sedan till respektive företag för godkännande innan det sammanställdes i denna rapport under avsnittet för kapitel 4. Resultat.

3.4 Analyismetod

Analysen av intervjumaterialet genomfördes i enlighet med Patel och Davidsons (2011) beskrivning av kvalitativ innehållsanalys. Det innebär att materialet först sorterades enligt arbetets frågeställningar och därefter analyserades utifrån återkommande teman, mönster och skillnader. Arbetet bedrevs induktivt, vilket innebär att analysen tog sin utgångspunkt i det insamlade materialet snarare än i på förhand bestämda kategorier.

Strukturering av resultatet gjordes manuellt, där citat och utsagor sammanställdes under respektive tema. För att bevara respondenternas perspektiv valdes att återge innehållet i form av sammanfattande löpande text utan direkta citat, men med noggrann hänsyn till tonläge och betydelsen i deras svar. Resultatet redovisas tematiskt i kapitel 4.

3.5 Etiska överväganden

Arbetet har bedrivits i enlighet med grundläggande forskningsetiska principer, där informerat samtycke, konfidentialitet och deltagarnas integritet varit vägledande. Alla respondenter informerades om studiens syfte, hur materialet skulle användas och att deltagandet var frivilligt. Inga namn eller känsliga uppgifter har registrerats, och företagsnamn används endast där det godkänts och bedöms relevant för resultatets förståelse.

4. Resultat

Detta kapitel redogör för de insamlade resultaten från intervjuerna med representanter från Parker Hannifin, Swegon och Volvo Penta. Resultatet är strukturerat efter studiens forskningsfrågor, med syfte att identifiera nuvarande arbetssätt, utmaningar samt behov och önskemål kopplade till planeringssystem för monteringsflöden. Redovisningen baseras på kvalitativ intervjudata, där samtliga deltagare besvarade majoriteten av frågorna. Inget betydande bortfall har noterats, men i vissa fall varierade djupet i svaren beroende på respondentens roll och verksamhetsområde.

De personer som deltog i intervjuerna representerade olika användargrupper inom respektive företag med nära koppling till planering, produktionsteknik och operativt arbete. På Parker Hannifin svarade en respondent som ansvarar för den produktionstekniska delen och CASAT som är deras planeringssystem. På Swegon deltog motsvarande funktioner i form av en produktionsteknisk chef, en produktionsplaneringschef samt en erfaren produktionstekniker. Detta gav ett bredare perspektiv över hela planeringen, både långsiktigt samt på operativ nivå och hur det fungerar i praktiken.

På Volvo Penta deltog en produktionsledare, en produktionstekniker, en produktionsplanerare samt en chef inom produktionsteknik. Tillsammans täckte de både långsiktig planering, det dagliga operativa arbetet, materialflöden och styrning av monteringen.

Urvalet av respondenter möjliggjorde insyn i både de systemmässiga förutsättningarna och de praktiska utmaningarna i den dagliga planeringen.

4.1 Översikt över fallföretagen

För att förstå de planeringsbehov och utmaningar som identifierats i intervjuerna är det viktigt att sätta in varje företag i sin produktionsmässiga kontext. Nedan följer en översikt över de tre fallföretagen.

Aspekt	Parker Hannifin	Swegon	Volvo Penta
Monteringssystem	Ej taktad stationär montering, varierande sektioner	Taktad lina med biflöden	Taktad lina (medelvärde per vecka), analog styrning
Variantbredd / Produkttyp	Hög variantbredd, komplexa order	Mycket hög variantbredd	Flera motorstorlekar, viss förutsägbarhet
Automationsnivå	Automatiserat flöde mellan Combinum, JDE, Oracle och Casat	Egna verktyg utvecklade tillsammans med Mbrain	Digitala skärmar och viss koppling mellan ERP och CASAT
Använda planeringssystem	ERP (JDE), Casat, Combinum, Kapplan	ERP (M3), sekvenseringsstöd i Mbrain	ERP (E1), CASAT,, Excel och whiteboard
MES eller liknande funktion	Saknas, manuell återkoppling	Begränsad återkoppling i Mbrain	Delvis visualisering i CASAT, önskar bättre realtidsdata
Planeringsdata	Sektioner (utan tid), orderdata, manuell känsla	Tider i Mbrain, buffertar, personalresurser, regler	Programtider från E1, materialtillgång, analog överblick
Simulering/Digital tvilling	Används ej, upplevt behov av stöd för heijunka	Begränsad simulering i sekvensering, stort framtidsintresse	Tidigare testat, upplevs som för komplext och tidskrävande
Elementartidssystem	Ja, tider sätts utifrån SAM och ligger till grund för prissättning men används inte i planeringssystemet	Delvis, används, men kompletteras av erfarenhetsbaserad planering	Ja, används, men kopplas inte direkt in i systemet idag
Omplanering och störningar	Sker dagligen, styrs manuellt, planerare har stort ansvar	Manuella regelverk, analog hantering, svårt att agera i realtid	Teams, whiteboard, telefon, hög grad av manuell flexibilitet
Framtida önskemål	Automatisk heijunka på tid, realtidsstyrning, mer tidshantering	Drag-and-drop, realtidsuppdateringar, digital tvilling önskas	Mer överblick i realtid, visualisering av status och flöden

Tabell 1. Översikt över fallföretagen

Parker Hannifin är en global ledare inom rörelse- och styrteknik, med huvudkontor i Mayfield Heights, Ohio, USA. Företaget grundades 1917 och har idag cirka 61 000 anställda världen över (Parker Hannifin, 2023). I Sverige har Parker Hannifin produktionsanläggningar i bland annat Borås, Skövde, Falköping och Trollhättan. Produktionen omfattar komponenter för hydraulik, pneumatik, filtrering och klimatkontroll. Produktionen sker i både högvolymslinor och mer flexibla celler, beroende på produktsegment. Denna variation i produktionstyper innebär att planeringssystemen måste kunna hantera både standardiserade processer och kundspecifika anpassningar.

Volvo Penta är ett dotterbolag till Volvo Group och specialiserar sig på tillverkning av motorer och kompletta kraftsystem för marina och industriella applikationer. Företaget har sitt huvudkontor i Göteborg och har produktionsanläggningar i bland annat Vara, Sverige, och Lexington, USA (Volvo Penta, 2023).

Produktionen omfattar både diesel- och bensinmotorer med effektområden från 10 till 1 000 hästkrafter. Tillverkningen präglas av hög komplexitet och variation, särskilt inom marinsegmentet där kundanpassade lösningar är vanliga. Monteringsprocesserna är ofta taktade och kombinerar manuell montering med automatiserade moment. Detta kräver avancerad planering för att balansera resurser och hantera variationer i efterfrågan.

Swegon är en svensk tillverkare av produkter och system för inomhusklimat, inklusive ventilationsaggregat, kyl- och värmesystem samt digitala tjänster för klimatoptimering. Företaget har sitt huvudkontor i Göteborg och produktionen i Kvänum, Arvika och Tomelilla. Produktionen kännetecknas av en kombination av standardiserade och kundanpassade lösningar, vilket innebär en måttlig till hög produktvariation. Montering sker huvudsakligen i linor med varierande grad av automation, där komponenter som fläktar, värmeväxlare och styrsystem integreras. Denna produktionsmiljö ställer krav på flexibilitet i planeringen för att hantera variationer i kundspecifika lösningar och leveranstider.

För att möjliggöra analys och jämförelse mellan företagen har vi använt en gemensam struktur baserad på planeringens huvudkomponenter: ERP-system, sekvenseringsstöd, realtidsåterkoppling (ofta via MES), tidsdatahantering samt nivå av systemintegration. Denna struktur återfinns i tabell 1, där skillnader och likheter tydliggörs utifrån nuläge, systemstöd och framtida ambitioner.

4.2 Hur ser den nuvarande planeringsprocessen ut i praktiken?

Hos Parker Hannifin sker planeringen i ett flöde där kundorder först hanteras av ERP-systemet JDE tillsammans med konfigurationsverktyget Combinum. Dessa system genererar automatiskt monteringsinstruktioner till CASAT. Planeraren arbetar därefter i ett system kallat Kapplan, som visualiserar antalet sektionmoment i produktionen. Systemet tar dock inte hänsyn till cykeltid eller arbetsinnehåll. All kommunikation mellan system är filbaserad och automatiserad, vilket möjliggör snabb generering av instruktioner. Trots detta sker ingen realtidsuppföljning, och planering baseras till stor del på sektioner snarare än tid.

Hos Swegon sker planeringen i ERP-systemet M3, i kombination med det sekvenseringsverktyg som utvecklats tillsammans med leverantören MTech. Planeringsarbetet påbörjas med en grov planering av vilka aggregat som ska produceras per dag, vilken sedan sekvenseras i det digitala stödsystemet. Den slutgiltiga planeringen bekräftas tre till fem dagar i förväg och fryses i samband med att ett turnummer sätts. Båda företagen uppger att de initialt planerar veckovis, men att många justeringar sker löpande beroende på förändrade förutsättningar.

I Volvo Pentas fall utgår planeringen till stor del från ERP-systemet EnterpriseOne (E1), där ordrar hanteras och produktionsstatus anges. Planeringssystemet CASAT används som ett visuellt verktyg för att distribuera information till stationerna i monteringslinan, men det är E1 som utgör kärnan i planeringsinformationen. Planeringsansvaret är till viss del centraliserat till Göteborg, medan lokala produktionsledare och planerare på plats gör dagliga anpassningar utifrån tillgång till material och bemanning

En gemensam nämnare hos samtliga företag är att planeringsprocessen i dagsläget inte fullt ut baseras på realtidsdata. Kopplingen mellan planering och produktion sker ofta med fördröjning, vilket försvårar dynamisk omplanering. Det finns begränsat stöd för MES-funktionalitet, vilket innebär att återkoppling från produktionsgolvet sker analogt eller via parallella kanaler. Detta leder till att planeringspersonalen behöver tolka information från flera system, snarare än att få ett samlat och uppdaterat läge.

4.3 Vilken typ av data används i planeringsprocessen?

Parker Hannifin använder sektionsdata från ERP-systemet som underlag för planering. Data om faktisk tid används inte aktivt i planeringssystemet, vilket skapar osäkerhet vid resurstilldelning och sekvensering. Istället förlitar sig planerare på erfarenhet och produktnamn för att uppskatta tidsåtgången för olika moment. Tidsdata finns i form av SAM-studier, som står för 'Sekvensbaserad Aktivitets- och Metodanalys' och är en metod för att analysera och fastställa tidsåtgången för arbetsmoment, för att vidare skapa standardtider för olika arbetsuppgifter inom produktion och montering. Dessa används på Parker Hannifin för att beräkna produktpriser och resurskostnader, men dessa är inte integrerade i det dagliga planeringssystemet.

Planeringsbesluten hos både Volvo Penta och Swegon grundas främst på produktionsordrar, kapacitetsdata, bemanningsinformation och historiska data. På Swegon bygger planeringen på en kombination av historiska produktionstider, buffertnivåer och tillgänglig kapacitet. Sekvenseringssystemet tar hänsyn till dessa parametrar och föreslår en ordningsföljd för att balansera flödena. Dock är mycket av regelverket för sekvenseringen baserat på manuell erfarenhet, särskilt vad gäller produktmix och belastning på biflöden. Prognosdata saknas i stor utsträckning, vilket påverkar möjligheten att planera långsiktigt.

Hos Volvo Penta är ordarnas statusnivå i E1 central för att styra flödet, där olika steg i processen representeras av specifika statuskoder. Även tillgång till material och information om störningar vägs in. För att få en korrekt bild krävs ofta manuell uppföljning i verkligheten, eftersom systeminformationen inte alltid är tillräckligt detaljerad i realtid.

Företagen uttryckte dock osäkerhet kring de använda tiderna i sina planeringssystem. Framför allt förekommer en utbredd användning av historiska data snarare än elementartidssystem, vilket enligt Almström (2024) kan begränsa precisionen och tillförlitligheten i planeringen. Swegon och Volvo Penta pekade dock på ambitionen att arbeta mer strukturerat med planerade tider, vilket tyder på en mognad i förståelsen för tidsdatahantering.

4.4 Hur hanteras omplanering och störningar i dagsläget?

Hos Parker Hannifin sker omplanering främst utifrån kundförfrågningar. Om material är tillgängligt justeras produktionsplanen, även om det riskerar att skapa överbelastning. Störningar dokumenteras i efterhand i ett Excelblad, vilket innebär att reaktionen på händelser sker för sent för att påverka pågående produktion. Vid personalbrist sker intern omfördelning av resurser inom arbetsgrupper. Beslut om omplanering fattas främst av planerare, men viktiga prioriteringar avgörs av produktionschefer.

På Swegon är omplanering mer begränsad efter att turnummer satts, då vissa biflöden startar flera dagar innan slutmontering. Vid behov kan produktion avbrytas temporärt, och komponenter som saknas hanteras genom att aggregat ställs åt sidan för att återupptas senare. Beslut om omplanering fattas gemensamt mellan planering och produktionsledning, och hanteras ofta genom personliga kontakter och lokala rutiner snarare än genom ett centraliserat systemstöd.

Hos Volvo Penta är flexibiliteten relativt hög i den lokala planeringen, även om den är beroende av centrala direktiv. När material saknas, bemanningen brister eller kvalitetsproblem uppstår sker justeringar av produktionssekvensen. Dessa hanteras manuellt, ofta genom observationer ute i produktionen och direkt kommunikation mellan funktioner. Förändringar kräver ofta att ordrar matas om i systemen, vilket innebär ett visst dubbelarbete. Kommunikationen sker huvudsakligen muntligt eller via Teams, och de slutliga besluten tas av lokala produktionsledare, även om Göteborg har det övergripande ansvaret.

Gemensamt för samtliga företag är att omplanering i stor utsträckning sker manuellt och ofta reaktivt. Inget av företagen uppgav att de idag använder sig av simuleringsstöd i praktiken, även om behovet av sådana funktioner uttrycktes tydligt. Förutsättningarna för dynamisk omplanering påverkas av bristen på integrerade system och realtidsdata. Företagen hanterar istället störningar genom erfarenhetsbaserade beslut, lokala buffertar och ad-hoc-justeringar mellan produktionsfunktioner.

4.5 Vilka utmaningar upplevs i dagens planeringssystem?

Parker Hannifin lyfter särskilt bristen på tidsbaserad planering som ett problem. Systemet hanterar endast sektioner, vilket skapar stora variationer då vissa sektioner kräver betydligt längre tid än andra. Planerare måste därför kompensera manuellt baserat på tidigare erfarenheter. Företaget beskriver ett stort behov av ett systemstöd för att kunna tillämpa heijunka som är utjämnad produktion baserad på faktisk tid snarare än antal.

Swegon lyfter särskilt bristen på prognosdata som ett hinder för långsiktig planering. Eftersom orderböcker ofta är korta och kundförutsättningarna förändras snabbt, blir det svårt att planera produktionen effektivt. Mycket tid går åt till manuella justeringar och att balansera produktmixen. Även här är arbetssättet delvis analogt, där erfarenhet och dialog spelar en avgörande roll. Det framkommer också att mycket av tiden läggs på att hantera undantag snarare än att optimera standardflöden.

Hos Volvo Penta är en av de tydligaste utmaningarna att det inte finns tillgång till realtidsdata som visar exakt var en order faktiskt befinner sig i flödet. Detta försvårar snabb omplanering vid störningar. Systemet saknar också integration mellan E1 och CASAT vad gäller statusinformation, vilket innebär att olika system måste användas parallellt. Den analoga hanteringen, med tavlor och Excel, bidrar till att information lätt kan gå förlorad.

4.6 Vilka behov och önskemål finns kring framtida planeringssystem?

Parker Hannifin efterfrågar ett intelligent planeringssystem som möjliggör automatisk hejnjunka utifrån tidsdata, samt dynamisk omplanering i realtid. Detta skulle minska beroendet av manuella justeringar och förbättra produktionsutjämnningen. Företaget ser stor potential i att använda tidsdata från SAM-studier direkt i planeringen, men saknar idag ett system som integrerar dessa. Visualisering, enkel översikt över kapacitet, samt reaktionsförmåga vid störningar beskrivs som centrala funktioner i ett framtida system.

Vidare uttrycker både Swegon och Volvo Penta ett tydligt behov av mer flexibla och användarvänliga planeringsverktyg. En viktig funktion som efterfrågas är möjligheten att i realtid se var en order befinner sig i flödet, och att systemet kan ge rekommendationer för omplanering vid avvikelser. Visualisering i form av drag-och-släpp-funktioner, grafiska flöden och färgkodade varningar efterfrågas av flera deltagare, hos de båda företagen. Även stöd för att hantera produktmix och simulera olika scenarios nämns som önskemål.

Ett återkommande tema är önskan om att systemen ska arbeta mer proaktivt, att de identifierar risker innan de inträffar och föreslår alternativa åtgärder. Vidare framhålls vikten av att användargränssnittet är enkelt och intuitivt, så att det inte krävs specialistkunskap för att göra ändringar i planen. Det finns även ett grundläggande behov av bättre integration mellan olika system, för att minska mängden dubbelarbete och öka datakvaliteten. För att detta ska bli verklighet lyfts vikten av att framtida system utformas med slutanvändarnas behov i fokus, där både produktionspersonal och planeringsfunktioner får sina krav tillgodosedda.

5. Analys och Diskussion

I detta kapitel diskuteras och analyseras resultatet i relation till den teoretiska referensramen, med fokus på att tolka och analysera de insikter som framkommit i intervjuerna. Diskussionen är strukturerad utifrån studiens tre forskningsfrågor, följt av en metodreflektion och en övergripande analys av implikationer för framtida systemutveckling. Målet är att förstå vad resultaten innebär i en större kontext, och att förklara hur dessa kan bidra till utvecklingen av mer intelligenta planeringssystem för monteringslinor.

5.1 Behov, hinder och möjligheter i övergången till intelligent planering

Intervjuerna med Parker Hannifin, Swegon och Volvo Penta visar ett gemensamt behov av mer flexibla, förebyggande och användarvänliga planeringssystem. Nuvarande arbetssätt består av manuell hantering och bristande integration mellan system, vilket gör det svårt att hantera variation och oförutsedda händelser i produktionen. Detta överensstämmer med Holweg et al. (2018), som beskriver hur många befintliga planeringssystem vuxit fram utifrån statiska logiker och därför saknar förmåga att anpassa sig till förändrade produktionsförhållanden.

Ett tydligt hinder som lyfts fram av samtliga företag är bristen på tillgång till realtidsinformation. Parker Hannifin uttrycker exempelvis att störningar i flödet ofta följs upp först i efterhand, vilket försvårar snabba beslut och riskerar att påverka leveransprecision. Även Volvo Penta beskriver svårigheter att se var en order befinner sig i realtid, vilket leder till manuell dubbelkontroll och osäkerhet i omplanering. Dessa erfarenheter bekräftar Wang, Zhang och Dais (2010) beskrivning av glappet som uppstår när planering och produktion inte hänger ihop informationsmässigt.

Dock synliggör även intervjuerna flera möjligheter. Respondenterna efterfrågar system som inte bara visar status, utan även kan ge rekommendationer och varningar vid avvikelser. Ett sådant beslutsstöd skulle minska beroendet av personlig erfarenhet och kunna förbättra planeringens robusthet, särskilt i miljöer där produktmixen varierar kraftigt från dag till dag. Burzyńska (2024) lyfter just denna typ av prediktiv planering som ett sätt att förutse och agera på störningar innan de påverkar flödet. Parker Hannifins uttalade behov av automatiserad heijunka-planering och tidsbaserad sekvensering visar dessutom att även företag med hög automatiseringsgrad kan sakna förutsättningar för att skapa balans i arbetet, vilket tyder på att teknisk infrastruktur i sig inte är tillräcklig.

En annan viktig observation är att önskemålen från användarna inte enbart handlar om avancerade tekniska funktioner, utan snarare om bättre stöd för det vardagliga arbetet. Visualisering, tydliga flöden och enkelhet i gränssnittet lyfts fram som centrala behov, vilket överensstämmer med principerna för användarcentrerad utveckling (Stockinger et al., 2021). Tillsammans pekar dessa insikter på att intelligent planering i praktiken måste utgå från

användarnas verklighet, där systemets funktion inte bara avgörs av dess algoritmer, utan av hur väl det stödjer arbetet under föränderliga förhållanden.

Utifrån teorin om planering i variantflöden (t.ex. Holweg et al., 2018) framgår att flexibilitet, realtidsstöd och visualisering är avgörande för att hantera komplexitet. Samtliga fallföretag uttrycker ett behov av att minska beroendet av manuell erfarenhet vid beslut, samt att i högre grad arbeta datadrivet. För att uppnå detta krävs funktioner som möjliggör realtidsuppföljning, förslag till omplanering och en helhetsbild av produktionsläget vilket kan åstadkommas genom en MES-lösning kopplad till ett intelligent planeringssystem.

5.2 Produktionsdata som stöd för planering

Intervjuerna visar att alla tre företag använder någon form av data i sin planering, men att sättet de gör det på ofta är begränsat. Den data som används handlar i första hand om orderlistor, historiska cykeltider och kapacitetsinformation, medan realtidsdata och faktisk tidsåtgång ofta saknas eller hanteras manuellt. Detta skapar ett glapp mellan den planering som sker i systemen och den verklighet som råder i produktionen.

Hos Parker Hannifin blir detta särskilt tydligt. De använder ett system som heter Kapplan, där planeringen sker utifrån hur många sektioner som ska tillverkas. Problemet är att olika sektioner kan ta väldigt olika lång tid att montera, vilket systemet inte tar hänsyn till. Planerarna tvingas därför använda sin magkänsla och tidigare erfarenheter för att avgöra hur mycket tid som egentligen behövs. Ett tydligt exempel på detta är att planeringssystemet inte kan särskilja mellan sektioner som tar olika lång tid. Respondenten från Parker Hannifin beskriver hur vissa sektioner kräver betydligt mer arbetstid än andra, men att systemet ändå behandlar dem som likvärdiga. Detta gör att planeringen i praktiken bygger på uppskattningar snarare än på faktiska tidsvärden, vilket ökar risken för obalans och felprioriteringar.

Detta är ett tydligt exempel på vad Almström (2024) beskriver som en vanlig brist i industrin: tidsdata finns ofta, men används inte aktivt i planeringssystemen. I Parker Hannifins fall existerar tidsvärden från SAM-studier, men dessa används främst för att sätta priser och kostnader, inte som grund för hur produktionen planeras. Det innebär att det finns värdefull data som inte kommer till nytta i det dagliga arbetet.

Även hos Swegon och Volvo Penta förekommer liknande utmaningar. Trots att båda företagen använder viss historisk data, till exempel tidigare cykeltider, är kopplingen mellan dessa och realtidssituationen svag. Informationen om var en order befinner sig i flödet är ofta fördröjd eller ofullständig. På Volvo Penta behöver produktionsledarna till exempel gå ut fysiskt på golvet för att verifiera status, eftersom systemen inte är helt uppdaterade eller integrerade. Det här skapar dubbelarbete och gör det svårare att reagera snabbt på förändringar.

Flera forskare lyfter vikten av att kombinera historisk och realtidsdata för att kunna fatta bättre beslut i planeringen (Wang et al., 2010; Brecher et al., 2024). När systemen inte ger aktuell information tvingas användarna skapa sina egna arbetsmetoder, vilket leder till beroende av personliga erfarenheter och risk för inkonsekvens.

Dock är önskemålen från företagen tydliga. De vill ha planeringssystem som använder sig av faktisk cykeltid, där realtidsinformation integreras med tidigare erfarenheter och tekniska data. Parker Hannifin beskriver detta som en förutsättning för att kunna arbeta med heijunka; alltså att planera jämnt och balanserat utifrån faktisk arbetsbelastning. Det ligger i linje med Thomopoulos (2014), som betonar vikten av att använda just tid och arbetsinnehåll som grund i variantproduktion. När planeringen bara utgår från antal, som idag, finns risk att resursfördelningen blir snedfördelad.

Det blir också tydligt att data i sig inte räcker. Det krävs system som kan tolka och presentera informationen på ett sätt som gör den användbar i praktiken. Flera respondenter lyfter behovet av tydliga visualiseringar, integrerade gränssnitt och möjlighet att agera direkt på insikterna. Det är först då som produktionsdata blir ett reellt stöd för planering, inte bara en källa till efterkalkylering.

5.2.1 Digitala tvillingar som möjliggörare för simulering och optimering

För att kunna simulera alternativa produktionsscenarier och skapa optimerade planer krävs en digital representation av verkligheten, det vill säga en digital tvilling. Detta är inte ett fristående verktyg, utan en integrerad modell som bygger på tillgång till realtidsdata, strukturerade tidsunderlag och korrekta materialflöden. Ett APS-system som använder simulering som planeringsprincip förutsätter tillgång till just en sådan digital tvilling. Därför bör framtida planeringssystem designas med möjlighet att gradvis bygga upp denna typ av digital modell.

5.3 Användarnas krav och förväntningar på framtida system

En av de mest konsistenta observationerna i resultatet är att olika användargrupper har olika förväntningar på planeringssystemet. Planerare efterfrågar överblick, prioriteringsstöd och integration mellan system, medan operativ personal vill ha tydliga visualiseringar och möjlighet att snabbt agera på avvikelser. Detta speglar resonemangen hos Qu et al. (2023), som visar hur olika aktörer inom produktionssystem har olika värdeperspektiv, och hur krav därför måste balanseras för att systemet ska bli användbart för hela organisationen.

Respondenterna nämner även behovet av drag-och-slapp-funktioner och även färgkodning som stöd för operativa beslut. Detta hänger ihop med användarcentrerade utvecklingsprinciper, där utformningen av gränssnittet behöver anpassas till hur användare tänker och arbetar i praktiken. Stockinger et al. (2021) visar exempelvis hur tydliga visualiseringar och möjlighet att styra flöden enkelt bidrar till att system accepteras och används på riktigt i produktion. Det är också en påminnelse om att teknologisk potential inte är tillräcklig i sig. Användaracceptans avgör systemets genomslag, vilket även bekräftas i studier av Mekadmi och Louati (2018).

5.4 Metodreflektion

Att genomföra semistrukturerade intervjuer med representanter från företag inom industrin har visat sig vara en lämplig metod för att fånga både gemensamma mönster och företagsspecifika variationer. Patel och Davidson (2011) lyfter intervjuens styrka i att synliggöra aktörernas egna prioriteringar, vilket bekräftas i denna studie. Å andra sidan finns begränsningar. Eftersom urvalet omfattar endast tre företag, kan resultatet inte generaliseras till hela industrin. Fokus ligger snarare på att ge en fördjupad förståelse för vilka behov och utmaningar som finns i just de kontexter som studerats.

Valet att inte använda direktcitat av svaren från respondenterna i resultatet kan ha minskat möjligheten att förmedla respondenternas röst fullt ut, men har å andra sidan bidragit till en mer strukturerad och sammanhållen analys och diskussion.

5.5 Övergripande reflektioner och implikationer

Studiens resultat visar tydligt att övergången till intelligent planering inte primärt är ett tekniskt problem, utan snarare ett organisatoriskt och systemmässigt sådant. Planeringen behöver inte ersätta mänsklig bedömning, utan förstärka den, med rätt information vid rätt tidpunkt. För att detta ska bli möjligt krävs ett helhetsperspektiv där teknik, arbetsprocesser och användarbeteenden samverkar (Holweg et al., 2018; Ciurana et al., 2008).

En central insikt från intervjuerna är att nuvarande planeringssystem främst fungerar som passiva informationsbärare. För att fungera som verkligt beslutsstöd behöver framtida system vara proaktiva, identifiera avvikelser, föreslå åtgärder och möjliggöra omplanering i realtid. Det förutsätter att systemen byggs upp kring en tydlig processlogik, där planering baseras på standardiserade tider enligt elementartidssystem snarare än historiska utfall.

Dock bör data inte bara vara tillgänglig, den måste vara begriplig också. Gränssnitt, informationsflöden och arbetsroller behöver utformas med förståelse för operativa behov och det dagliga arbetets logik, vilket överensstämmer med teorier om användarcentrerad systemutveckling (Stockinger et al., 2021).

För att ett planeringssystem ska kunna utgöra ett aktivt stöd i utvecklingen mot mer intelligent produktion krävs att det kan hantera både långsiktig struktur och daglig flexibilitet. APS-system, som enligt teorin som Kjellsdotter Ivert (2012) beskriver, kan simulera och optimera produktionsutfall, kräver underliggande modellering, ofta i form av en digital tvilling. Samtidigt framgår det tydligt att utan integration mot operativa system (MES) och tydlig visualisering av status i realtid, får dessa planeringsmoduler begränsad praktisk effekt.

Till sist tyder resultaten på att planering bör förstås som en process snarare än en punktinsats. Ett intelligent planeringssystem måste kunna följa flöden över tid, förstå variationer och anpassa sig till förändrade förutsättningar. Först då blir det mer än ett koncept; det blir ett verkligt stöd i produktionens dagliga genomförande.

6. Slutsats

Syftet med detta arbete har varit att undersöka hur ett intelligent planerings- och optimeringssystem för monteringslinor bör utformas, med utgångspunkt i de behov, utmaningar och krav som användare inom industrin upplever. I kombination av litteraturstudier med kvalitativa intervjuer har arbetet gett en nyanserad bild av hur planeringsarbetet ser ut i praktiken och vilka förutsättningar som krävs för att utveckla mer effektiva system. Utifrån detta kan nu frågeställningarna besvaras i följande delkapitel.

6.1 Besvarande av frågeställningarna 1-3

1. Vilka behov, hinder och möjligheter upplever industrin i övergången till mer intelligent och datadriven planering av monteringsflöden?

Respondenterna lyfter ett tydligt behov av planeringssystem som är mer flexibla, datadrivna och integrerade. Dagens planeringsarbete präglas ofta av manuella rutiner, bristande systemintegration och otillräcklig tillgång till realtidsinformation. Många arbetar i flera parallella verktyg som inte samverkar, vilket leder till fragmenterade arbetsflöden och låg transparens. Ett konkret hinder är frånvaron av MES-funktionalitet, vilket innebär att produktionsgolvet och ERP-systemet inte är direkt kopplade.

Intelligent planering upplevs som en eftersträvtvärd riktning, särskilt om den kan minska beroendet av individers erfarenhet och ge stöd vid snabba förändringar. En viktig möjlighet är att skapa system där planering, simulering och omplanering kan ske dynamiskt, baserat på aktuell status i produktionen. Här framhålls behovet av digitala tvillingar, alltså digitala modeller av monteringsystemet som en grundförutsättning för att kunna simulera och optimera produktionsplaner.

2. Hur uppfattar industrin möjligheterna att använda historisk och realtidsbaserad produktionsdata som stöd för planering av monteringsflöden?

Företagen är medvetna om potentialen i både historisk och realtidsdata, men få har lyckats omsätta detta i praktisk användning. Historisk data används främst som grov referens för cykeltider, men saknar ofta kvalitet och spårbarhet. Realtidsdata är ännu mer outnyttjat, när den finns måste den ofta samlas in manuellt och visualiseras i separata system. Detta skapar ett glapp mellan den data som finns i verksamheten och den som används i den dagliga planeringen.

Ett återkommande önskemål är ett planeringssystem som automatiskt samlar, strukturerar och visualiserar data från produktionen till exempel genom MES eller sensorer kopplade till maskiner och arbetsstationer. Många nämner också att viss tidsdata redan existerar, till exempel från elementartidsberäkningar eller standardtider i produktberedning, men att dessa inte integreras med planeringsarbetet. Här finns alltså en system- och processbrist snarare än en databristproblematik.

3. Vilka krav ställer olika användargrupper (till exempel planerare, montörer och ledning) på ett intelligent planeringssystem för monteringslinor?

De olika användarna i produktionen har olika krav. Planerare vill ha funktioner för att styra och prioritera ordrar, kunna testa olika lösningar (scenarier) och snabbt kunna fatta beslut om något förändras. Montörer behöver tydlig och aktuell information om vad de ska göra, gärna i form av enkla visualiseringar. Ledningen efterfrågar en överblick som kopplar ihop den övergripande planen med det som händer i produktionen varje dag.

Gemensamt för alla är att systemet ska vara lätt att använda, fungera bra i praktiken och gå att anpassa efter olika situationer. Ett viktigt krav är att olika delar av verksamheten kan samarbeta i samma system. Det är särskilt viktigt i företag där arbetsmomenten skiljer sig mycket åt, men där detta inte syns i nuvarande planering och är något som ofta leder till ojämn arbetsbelastning trots att systemen ser avancerade ut.

6.2 Kravspecifikation för ett intelligent planeringssystem för monteringslinor

För att besvara den fjärde forskningsfrågan “*Hur kan en kravspecifikation för ett intelligent planeringssystem för monteringslinor utformas?*” har en kravspecifikation tagits fram baserat på den genomförda behovsanalysen och tidigare forskning.

Kraven delas in i funktionella, icke-funktionella och organisatoriska, och grundas i både de empiriska behoven (kap. 4) och den teoretiska förståelsen för planering i komplexa produktionsmiljöer (kap. 2).

Funktionella krav

- *Systemet ska visa i realtid var varje order befinner sig i monteringsflödet.*
Detta krav grundas i behovet av att minska koordinationsproblem och möjliggöra snabb återkoppling, vilket enligt Holweg et al. (2018) och Wang et al. (2010) är centralt i moderna produktionssystem där beslut annars riskerar att baseras på inaktuella data. Intervjuszvaren visar även att avsaknaden av denna funktion leder till manuell kontroll och ineffektiv omplanering.
- *Systemet ska stödja export och bearbetning av planeringsdata till en digital modell (digital tvilling) av produktionssystemet.*
Syftet är att kunna simulera alternativa scenarier och analysera konsekvenser av förändringar i ordremix, resursfördelning eller bemanning före implementering (Ostaševičius, 2022).
- *Systemet ska kunna integreras med ett MES-system för att möjliggöra spårning, statusuppdatering och återkoppling från produktionen i realtid.*
Funktionen ska stödja synkronisering mellan planerade aktiviteter och faktiskt genomförande, samt kunna bearbeta data från maskiner och operatörer (Brecher et al.,

2024).

- *Systemet ska kunna föreslå alternativa omplaneringar vid exempelvis materialbrist eller personalfrånvaro.*
Prediktiva och datadrivna planeringsmodeller, som beskrivs av Burzyńska (2024), möjliggör proaktiva beslut och ökad robusthet i flödet. Respondenterna uttrycker ett behov av att minska beroendet av erfarenhetsbaserade ad hoc-lösningar och istället få stöd från systemet.
- *Systemet ska stödja både grovplanering (vecko- eller dagsnivå) och finplanering (sekvensering på timnivå).*
Teorin om planeringsnivåer (operativ, taktisk och strategisk) understryker vikten av att dessa samverkar effektivt (Blazewicz et al., 1994; Bidanda, 2023). Respondenterna beskriver idag en uppdelning där taktisk planering ofta bryts av oplanerat på operativ nivå.
- *Användaren ska kunna dra och släppa ordrar för att ändra sekvens visuellt, med automatisk uppdatering av påverkan på flödet.*
Detta speglar behovet av ett användarnära gränssnitt, enligt principer från användarcentrerad design (Stockinger et al., 2021) och krav på att beslutsunderlag ska vara överskådliga även i pressade situationer.
- *Systemet ska kunna generera produktionsplaner som optimeras utifrån definierade begränsningar såsom kapacitet, sekvenser, materialtillgång och prioriteringsregler.*
Planeringen ska kunna ske iterativt och hantera flera alternativa lösningar. Funktionen ska motsvara principerna i ett APS-system, såsom beskrivs i Kjellsdotter Ivert (2012).
- *Systemet ska hantera olika produktvarianter och ta hänsyn till hur dessa påverkar arbetsbelastning, komponentbehov och cykeltider.*
Mixed-model-problematiken (Thomopoulos, 2014) kräver planeringslogik som kan anpassa sig efter variantvariation. Intervjuerna visade att dagens system inte kan visualisera dessa konsekvenser, vilket försvårar sekvenseringen.
- *Systemet ska kunna planera utifrån tidsdata snarare än endast antal eller sektioner.*
Detta krav grundas i behovet av att koppla planeringen till faktiskt arbetsinnehåll, snarare än att basera den på antalsdata som inte speglar den faktiska tidsåtgången. I mixed-modelproduktion är variationen i arbetsmoment ofta stor, vilket gör att sektioner inte kan betraktas som jämförbara. Thomopoulos (2014) och Blecker och Friedrich (2006) betonar att cykeltider och arbetsinnehåll bör vara vägledande vid sekvensering och resursfördelning. I intervjun framkommer att Parker Hannifin idag tvingas göra manuella justeringar och uppskattningar på grund av att planeringssystemet saknar denna funktionalitet.

- *Systemet ska stödja utjämnad planering (heijunka) baserat på faktisk cykeltid.*
För att minska variation och skapa jämnare arbetsbelastning efterfrågar Parker Hannifin ett systemstöd för automatisk heijunka-planering. Detta innebär att planeringen aktivt bör utjämnas över tid baserat på momentens tidsåtgång snarare än endast på kvantitet. Holweg et al. (2018) samt Eberts et al. (2012) lyfter betydelsen av variation och takt i processororienterad planering, där utjämning är centralt för att uppnå flödeseffektivitet. I intervjumaterialet beskrivs avsaknaden av detta som en konkret begränsning i dagens arbetssätt.
- *Systemet ska kunna hämta in och kombinera data från olika källor (t.ex. ERP, MES och manuella inmatningar) och presentera dessa i ett samlat gränssnitt.*
Enligt Brecher et al. (2024) är integration av systemdata centralt i IoP-konceptet (Internet of Production). Detta behov återkommer i respondenternas frustration över att tvingas navigera mellan flera parallella system.

Icke-funktionella krav

- *Systemet ska vara användarvänligt och enkelt att lära sig, även för personer utan teknisk bakgrund.*
Som Mekadmi och Louati (2018) visar, är teknisk funktionalitet inte tillräcklig om inte användaracceptansen finns. Respondenterna efterlyste tydliga instruktioner och ett logiskt flöde.
- *Systemet bör kunna hantera och presentera planeringstid utifrån definierade elementartider snarare än enbart baseras på historisk utfallsdata.* Detta innebär stöd för att importera eller mata in standardiserade tidsvärden för arbetsmoment, till exempel från SAM-system, och använda dessa i kapacitets- och sekvenseringsberäkningar (Almström, 2012).
- *Visualiseringen ska vara tydlig, till exempel med färgkoder för flaskhalsar, varningar för förseningar eller risker.*
Detta krav anknyter till processsynsättets fokus på variation och återkoppling (Holweg et al., 2018), där realtidsfeedback minskar variationens negativa effekter.
- *Systemet ska vara flexibelt och kunna anpassas till olika produktionsmiljöer och förändrade arbetssätt.*
Barcelos et al. (2024) betonar vikten av kontinuerlig kravuppdatering i industriella miljöer. Detta speglas även i respondenternas behov av lokala anpassningar.

Organisatoriska krav

- *Systemet ska stödja samverkan mellan olika användargrupper, till exempel planerare, produktionsledare och montörer.*
Holweg et al. (2018) framhåller att rollfördelning och informationsflöde är avgörande i planeringsarbetet. Intervjuerna visade tydligt att samordning mellan nivåer ofta

brister.

- *Det ska gå att anpassa vyer och funktioner beroende på användarens roll i organisationen.*
Detta följer principerna för rollbaserad systemdesign där olika behov kräver olika funktionalitet, vilket även framkommer i teorier kring användarcentrering och stakeholder-analys (Qu et al., 2023).
- *Det ska finnas möjlighet att samla in feedback från användarna löpande för att förbättra systemet över tid.*
I linje med ‘continuous requirements engineering’ (Barcelos et al., 2024) bör systemet tillåta iterativ utveckling där nya behov kan fångas och implementeras.
- *Systemet bör integreras med befintliga arbetssätt och inte kräva omfattande förändringar i produktionsorganisationen vid införandet.*
Detta krav stöds av både teoretiska och empiriska insikter om att teknik måste anpassas till människors arbetslogik för att bli framgångsrik (Mekadmi & Louati, 2018; Stockinger et al., 2021).

6.3 Förslag på vidare forskning

Framtida studier kan med fördel fördjupa sig i hur intelligenta planeringssystem implementeras i praktiken, samt vilka organisatoriska förutsättningar som krävs för ett effektivt och hållbart användande. Det finns också behov av att studera hur mänskliga faktorer såsom erfarenhet, kommunikation och lärande påverkar acceptans och nytta i operativ miljö.

För att lyckas med implementeringen behöver planeringssystem utformas med utgångspunkt i faktiska arbetsprocesser, med fokus på användbarhet, integration och hantering av variation i realtid. En viktig lärdom från denna studie är att framtidens system inte enbart kräver tekniska lösningar, utan en samverkande arkitektur där ERP, MES och APS integreras med stödjande strukturer såsom elementartidssystem och digitala tvillingar. Företag som arbetar med standardiserade tider står bättre rustade att ta steget mot intelligent planering.

Därför bör framtida forskning fokusera på hur tidshantering, systemdesign och användarbeteenden kan kombineras i helhetliga modeller som stöttar proaktivt beslutsfattande. Slutligen visar resultaten att planering bör förstås som en kontinuerlig process snarare än ett engångsbeslut. Det är något som kräver verktyg som kan följa flöden, hantera avvikelser och anpassa sig över tid.

7. Referenser

Almström, P. (2024). *Time data management – En handbok* (2:a uppl.). Chalmers tekniska högskola, Institutionen för industri- och materialvetenskap.

Barcelos, L. V., Antonino, P. O., & Nakagawa, E. Y. (2024). *Requirements engineering in Industry 4.0: State of the art and directions to continuous requirements engineering*. *Systems Engineering*, 27(5), 955–971. <https://doi.org/10.1002/sys.21753>

Bhaskar, H. L. (2025). *Optimizing manufacturing sector through business process reengineering and lean integration: A B2Lean methodology approach*. *Operations Research Forum*.

Bidanda, B. M. (Ed.). (2023). *Maynard's industrial and systems engineering handbook* (6th ed.). McGraw-Hill Education.

Blazewicz, J., Ecker, K. H., Schmidt, G., & Weglarz, J. (1994). *Scheduling in computer and manufacturing systems*. Springer.

Blecker, T., & Friedrich, G. (Eds.). (2006). *Mass customization: Challenges and solutions*. Springer.

Bocewicz, G., Nielsen, I., Banaszak, Z., & Majdzik, P. (2018). *A cyclic scheduling approach to maintaining production flow robustness*. *Advances in Mechanical Engineering*, 10(3), 1–12. <https://doi.org/10.1177/1687814018766652>

Boysen, N., Fliedner, M., & Scholl, A. (2008). *Assembly line balancing: Which model to use when?* *International Journal of Production Economics*, 111(2), 509–528. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.02.026>

Boysen, N., Fliedner, M., & Scholl, A. (2009). *Production planning of mixed-model assembly lines: Overview and extensions*. *Production Planning & Control*, 20(5), 455–471. <https://doi.org/10.1080/09537280903011626>

Brecher, C., Schuh, G., van der Aalst, W., Jarke, M., et al. (2024). *Internet of Production: Fundamentals, Methods and Applications*. Interdisciplinary Excellence Accelerator Series.

Burzyńska, A. (2024). *Review of data-driven decision support systems and methodologies for the diagnosis of casting defects*. *Archives of Foundry Engineering*, 24(4), 126–135.

Ciurana, J., Garcia-Romeu, M. L., Ferrer, I., & Casadesús, M. (2008). *A model for integrating process planning and production planning and control in machining processes*. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 24(5), 532–544.

Dar-El, E. M., & Rabinovitch, M. (1988). Optimal planning and scheduling of assembly lines. *International Journal of Production Research*, 26(9), 1433–1450.

<https://doi.org/10.1080/00207548808947890>

Dolgui, A., Soldek, J., & Zaikin, O. (Eds.). (2005). *Supply chain optimisation: Product/process design, facility location and flow control*. Springer.

Eberts, D., Rottnick, R., Schneider, G., & Buhmann, O. (2012). *Managing variability within wafer test production by combining lean and six sigma*. ASMC Conference Proceedings, IEEE.

Hane Hagström, M., & Bergsjö, D. (2025). *Using visual requirements modeling to design human-centric manufacturing systems for novel products – A comprehensive predictive case study*. *Systems Engineering*, 28(2), 255–269. <https://doi.org/10.1002/sys.21792>

Holweg, M., Davies, P., De Meyer, A., Lawson, B., & Schmenner, R. (2018). *Process theory: The principles of operations management*. Oxford University Press.

Huchzermeier, A., & Mönch, T. (2023). *Mixed-model assembly lines with variable takt and open stations*. *Production and Operations Management*, 32(3), 704–722.

<https://doi.org/10.1111/poms.13893>

Kjellsdotter Ivert, L. (2012). *Advanced planning and scheduling systems in supply chain planning: A multiple case study of system use and benefit realization*. Chalmers University of Technology.

Khakhonova, N. N., Koltsova, T. A., Shilova, L. F., & Kovalev, A. S. (2018). *Development of internal control methodology by using statistical methods of variability assessment of material flow business processes*. *European Research Studies Journal*, 21(1), 228–238.

Kobza, J. E., Ellis, K. P., & Vites, F. J. (2002). *Improving throughput for an electronic assembly line using a constraint analysis methodology*. *Production Planning & Control*, 13(3), 262–273. <https://doi.org/10.1080/09537280110092717>

Maimon, O., Khmelnitsky, E., & Kogan, K. (1998). *Optimal flow control in manufacturing systems: Production planning and scheduling*. Springer.

Matthews, R. L., & Marzec, P. E. (2017). *Continuous, quality and process improvement: Disintegrating and reintegrating operational improvement? Total Quality Management & Business Excellence*, 28(11–12), 1292–1311.

Mekadmi, S., & Louati, R. (2018). *An evaluation model of user satisfaction with enterprise resource planning systems*. *The Electronic Journal of Information Systems Evaluation*, 21(2), 143–157.

- Mönch, T., Huchzermeier, A., & Bebersdorf, P. (2021). *Variable takt times in mixed-model assembly line balancing with random customisation*. *International Journal of Production Research*, 59(23), 6994–7013. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1810005>
- Ostaševičius, V. (2022). *Digital twins in manufacturing: Virtual and physical twins for advanced manufacturing*. Springer Nature Switzerland AG.
- Parker Hannifin. (2023). *Parker: Global ledare inom rörelse- och styrsystem*. Hämtad 23 maj 2025, från <https://www.parker.com/se/sv/home.html>
- Patel, R., & Davidson, B. (2019). *Forskningsmetodikens grunder: Att planera, genomföra och rapportera en undersökning* (5:e uppl.). Studentlitteratur.
- Qu, Y., Wang, Y., Ming, X., & Chu, X. (2023). *Multi-stakeholder's sustainable requirement analysis for smart manufacturing systems based on the stakeholder value network approach*. *Computers & Industrial Engineering*, 177, 109043. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109043>
- Rahman, M. S. T., Hasan, S., Shah, S., & Ganji, E. N. (2023). *A review of assembly line balancing heuristics and value stream mapping*. In 2023 IEEE International Conference on Technology Management, Operations and Decisions (ICTMOD 2023). IEEE.
- Rosin, F., Forget, P., Lamouri, S., & Pellerin, R. (2020). *Impacts of Industry 4.0 technologies on Lean principles*. *International Journal of Production Research*, 58(6), 1644–1661.
- Sahara, C. R., & Amer, A. M. (2022). *Real-time data integration of an internet-of-things-based smart warehouse: A case study*. *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, 18(3), 319–335. <https://doi.org/10.1108/IJPCC-12-2021-0205>
- Schmid, N. A., Montreuil, B., & Limère, V. (2022). *A case study on the integration of assembly line balancing and feeding decisions*. *IFAC-PapersOnLine*, 55(10), 52–57. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.07.389>
- Schneider, M., von Hofen, S., Gehring, M., & Ryffel, L. (2020). *Data-driven decision support by digital twins in manufacturing*. In 2020 7th Swiss Conference on Data Science (SDS) (pp. 53–59). IEEE.
- Shen, Y., Zygmunt, K. J., & Wandahl, S. (2017). *Reducing variability of workforce as a tool to improve plan reliability*. *Procedia Engineering*, 196, 794–801.
- Stockinger, C., Stuke, F., & Subtil, I. (2021). *User-centered development of a worker guidance system for a flexible production line*. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 31(5), 532–545. <https://doi.org/10.1002/hfm.20901>

Swegon. (2023). *About us*. Hämtad 23 maj 2025, från <https://www.swegon.com/na/about-us/Swegon+1Swegon+1>

Thomopoulos, N. T. (2014). *Assembly line planning and control*. Springer.

Volvo Penta. (2023). *Marine and Industrial Applications*. Hämtad 23 maj 2025, från <https://www.volvopenta.com/en-us/Volvo Penta+2Volvo Penta+2Volvo Penta+2>

Wang, M., Zhang, X., & Dai, Q. (2010). *An integration methodology based on SOA to enable real-time closed-loop MRP between MES and ERP*. In 2010 International Conference on Computing, Control and Industrial Engineering (CCIE) (Vol. 2, pp. 540–543). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CCIE.2010.82>

Yang, Q., & Hernandez, A. A. (2023). *Manufacturing execution system of Bluetooth speaker pen holder assembly line based on genetic algorithm*. Technological University of the Philippines.

Zhang, H., Li, J., Hong, M., Man, Y., & He, Z. (2022). *Cost optimal production-scheduling model based on VNS-NSGA-II hybrid algorithm—Study on tissue paper mill*. Processes, 10(10), 2072. <https://doi.org/10.3390/pr10102072>

Bilaga 1.

Intervjuguide

1. Bakgrundsfrågor

- a) Kan du kort beskriva din roll och vilka delar av produktionen du arbetar med?
- b) Hur ser planeringsprocessen ut hos er idag, och hur samspelar ERP-systemet med CASAT/MBrain i den dagliga planeringen?
- c) Använder ni simulering i ert planeringsverktyg idag?

2. Nulägesbeskrivning

- a) Vilken typ av data ligger till grund för planeringen (t.ex. orderlistor, kompetensdata, historiska störningar)?
- b) Hur planeras och omplaneras produktionen hos er idag?
- c) Hur hanterar ni förändringar som uppstår under dagen t.ex. störningar, ändrad produktmix eller personalbrist?
- d) Vem fattar de slutgiltiga besluten vid omplanering – planerare, produktionsledning eller operatörsteam?
- e) Hur kommuniceras förändringar ut till operatörer och supportfunktioner?

3. Utmaningar i dagens arbetssätt

- a) Vilka är de största utmaningarna ni upplever med dagens planeringslösning?
- b) Hur hanteras produktmix och varierande cykeltider?
- c) Hur mycket tid läggs på manuella justeringar/uppdateringar i era planeringstabeller varje vecka?

4. Behov och önskemål för framtida system

- a) Om ni fick önska fritt hur skulle ett "drömverktyg" för planering se ut?
- b) Vilken typ av data skulle ni behöva samla in och använda för att optimera planeringen bättre?
- c) Hur viktigt är det att ett framtida system kan reagera i realtid (dynamisk omplanering)?

- d) Skulle ni vilja använda digitala tvillingar eller AI-drivna prognoser för realtidsomplanering?

5. Övrigt och avslutning

- a) Har ni något övrigt ni vill lägga till som kan vara av intresse för oss?

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

Göteborg, 2025
www.chalmers.se



CHALMERS