

Förbättrad Integration mellan Konstruktion och
Produktion:

En Fallstudie hos SAAB Kockums

Alexandra Rytten Torudd



LUND
UNIVERSITY

CODEN:LUTMDN/(TMMV-5369)/1-61/2024

Förbättrad Integration mellan Konstruktion och
Produktion:
En Fallstudie hos SAAB Kockums

Coverphoto

Copyright 2024 Alexandra Rytten Torudd

Published by

Division of Production and Materials Engineering
Faculty of Engineering LTH, Lund University
P.O Box 118, SE 221 00 Lund, Sweden

Avdelningen för Industriell Produktion
Lunds Tekniska Högskola
Handledare: Christina Widmark
SAAB: Oscar Rundbäck Martinsson
SAAB: Viktor Liljekvist
Examinator: Mats Andersson

Abstract

In complex product development, effective integration between design and production is crucial to minimizing time and costs. This project focuses on SAAB Kockums (SK), a global player in submarine manufacturing, aiming to identify and propose improvements for the development opportunities related to the design and production guidelines (KPA) for piping systems.

The purpose is to explore the development opportunities SK has in terms of collaboration between design and production. By analyzing the existing piping system KPA, several improvement opportunities have been identified that can lead to time efficiency and economic benefits for the company. The focus has been on finding solutions that facilitate the manufacturing and assembly of piping systems, as well as simplifying the work for constructors.

The analysis shows that by further developing the identified opportunities, SK can improve the transition from design to production. This is particularly important for piping systems, where the complexity and need for precision are high. The final recommendations include continued improvement of communication between departments, implementation of new materials, continuous evaluations and improvements, new designs, and optimized delivery and handling of multiclamps. Additionally, improved sorting of extension nuts and efficient warehouse management are suggested to reduce assembly workers' search time and minimize the risk of incorrect use of components.

In summary, improving the piping system KPA and increasing integration between product development and production can lead to significant benefits for SK in terms of both time efficiency and economic gains. By implementing the proposed measures, SK can ensure a more efficient and cost-effective production process.

Sammanfattning

I komplex produktutveckling är effektiv integration mellan design och produktion avgörande för att minimera tidsåtgång och kostnader. Projektet riktar sig mot SAAB Kockums (SK), en global aktör inom u-båtstillverkning. Projektet går ut på att identifiera och lägga fram förbättringsförslag för de utvecklingsmöjligheter som finns kopplat till konstruktions och produktionsanvisningar (KPA) för rörsystem.

Syftet är att undersöka vilka utvecklingsmöjligheter SK har kopplat till samarbetet mellan konstruktion och produktion. Genom att analysera det befintliga rörsystems-KPA har flera förbättringsmöjligheter identifierats som kan leda till tidseffektivisering och ekonomisk vinning för företaget. Fokus har varit att hitta lösningar som underlättar tillverkning och montering av rörsystem, samt att förenkla arbetet för konstruktörerna.

Analysen visar att genom att vidareutveckla de utvecklingsmöjligheter som tagits fram kan SK förbättra övergången från konstruktion till produktion. Detta är särskilt viktigt för rörsystemen, där komplexiteten och behovet av precision är hög. Den slutliga rekommendationen inkluderar fortsatt förbättrad kommunikation mellan avdelningar, implementering av nya material, utförande av kontinuerliga utvärderingar och förbättringar, ny konstruktion samt optimerad leverans och hantering av multiclamps. Dessutom föreslås förbättrad sortering av förlängningsmuttrar och effektiviserad lagerhantering för att minska montörernas söktid och minimera risken för felaktig användning av komponenter.

Sammanfattningsvis kan förbättring av rörsystems-KPA och ökad integration mellan produktutveckling och produktion leda till betydande fördelar för SK, både i form av tidseffektivisering och ekonomisk vinning. Genom att implementera de föreslagna åtgärderna kan SK säkerställa en mer effektiv och kostnadseffektiv produktionsprocess.

Förord

Detta examensarbete skrivs på avdelningen för Industriell Produktion i samarbete med SAAB Kockums.

Jag skulle vilja tacka alla som get mig stöd under examensarbetets gång, både på SAAB Kockums och LTH och ett speciellt tack till Oscar Rundbäck Martinsson och Christina Widmark som tagit sig tid att hjälpa till under hela processens gång.

Definitioner & Förkortningar

B2B - Business-to-Business

DFMA - Design For Manufacture and Assembly

FMV - Försvarets materielverk

ISO-standard - International Standardization Organisation. En global standardiseringsbank för att garantera samma kvalitet inom olika områden oavsett land och organisation.

KPA - Konstruktion och Produktions Anvisning

KPI - Key Performance Indicator

PICK - Possible, Implement, Consider och Kill

SK - SAAB Kockums

U&E - Ulrich & Eppinger

Innehåll

Abstract	i
Sammanfattning	iii
Förord	v
Definitioner & Förkortningar	vii
Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 SAAB Kockums	2
1.2.1 Kopplingen mellan Produktutveckling och Produktion	2
1.2.2 Produktutveckling och produktion på SK	2
1.2.3 Konstruktion och Produktions Anvisningar (KPA)	3
1.2.4 Rörsystem	3
1.2.5 Multiclamp	4
1.3 Problemformulering	5
1.4 Syfte	5
1.5 Avgränsningar	5
Teori	7
2.1 Produktionssystem	7
2.1.1 Produktionslayout	8
2.1.2 Produktionsprestanda	8
2.2 Metodik enligt Ulrich & Eppinger	9
2.2.1 Sex steg för produktutveckling	9
2.3 Prioriteringsmetod	11
2.4 Design för Tillverkning och Montering	13
2.4.1 Arbetsprocess för DFMA	13
2.4.2 Riktlinjer för Design For Manufacturing and Assembly	13
Metod	17
3.1 Övergripande steg	17

3.2	Detaljerat tillvägagångssätt	18
3.2.1	Projektets 6 steg	19
3.3	Intervjuunderlag	20
3.4	Källkritik	21
3.4.1	Intervjuunderlag	21
3.4.2	Användandet av Metodiken	21
Resultat		23
4.1	Nulägesanalys	23
4.1.1	Produktionssystem	23
4.1.2	Användande av KPA	24
4.1.3	Utvecklingsmöjligheter	25
4.2	Sammanställning av utvecklingsmöjligheter	26
4.2.1	Framtagna lösningsförslag	27
4.3	Utvärdering av lösningsförslag	28
4.4	Konceptutveckling	28
4.4.1	Sammanställning av behov och mätbara värden	29
4.4.2	Mätbara värden	29
4.4.3	Marknadsundersökning	31
4.4.4	Val av lösningsförslag	32
4.4.5	Kostnad	34
4.4.6	Logistikhantering	34
4.5	Övergripande design	37
4.5.1	Val av designlösning	37
4.5.2	Gummibussning	38
4.5.3	Lösningar kopplat till den interna hanteringen	39
4.6	Detaljerad design	40
4.6.1	Konstruktion för multiclamps	40
4.6.2	Intern hantering	41
4.7	Test och förfining av slutprodukt	42
4.8	Trendspaning	42
4.8.1	Byggrör	42
4.8.2	Rörkompetensgruppen	43
4.8.3	Slangklämma	43
Diskussion		45
5.1	Produktframtagning och utvecklingsområden	45
5.1.1	Intervjuunderlag	45
5.1.2	Avvikelsehantering	47
5.1.3	Beslutsfattande	48
5.2	Lösningsförslag	48
5.2.1	Produktionslayout kopplat till metodik	48

5.2.2	Produktutveckling	49
5.2.3	Konceptutveckling	49
5.2.4	Ekonomi kopplat till konstruktion	50
5.2.5	Effektivisering av logistik och montering	51
5.3	Slutgiltiga lösningen	51
5.3.1	Intern hantering	51
5.3.2	Konstruktion	53
5.3.3	Resultat kopplat till ekonomisk vinning och tidseffektivisering	55
5.3.4	Avgränsningar	55
5.4	Kommunikation	55
	Slutsats	57

Figurer

1.1	Flödeskarta för produktframtagning [4]	1
1.2	Flödeskarta mellan produktutveckling och produktion på SK	2
1.3	Komponenter till multiclamp	4
2.1	Korrelation mellan produktionstakt, driftstopp och kvalitetsavvikelser [1]	9
2.2	De olika stegen i ett designprojekt [13]	10
2.3	Processen för konceptutveckling	10
2.4	PICK Diagram	12
2.5	Komponentsymmetri vid DFMA [3]	15
3.1	Övergripande tidsplan	18
3.2	Projektplanering utifrån Ulrich & Eppingers metodik	18
4.1	Användandet av interna dokument på SK	24
4.2	Förändringsförslag i PICK diagram	28
4.3	Behov kopplade till mätbara värden	31
4.4	Lösningförslag för multiclamps	32
4.5	Procentuell jämförelse av kostnad för multiclamps	34
4.6	Logistikflödet för multiclamps på SK	35
4.7	Monterad Multiclamp	36
4.8	Jämförelse mellan nuvarande och alternativ gummibussning	38
4.9	Rörkoppling	43
4.10	Skyllhållare	44
5.1	Kraftfördelning mot multiclamp	54

Tabeller

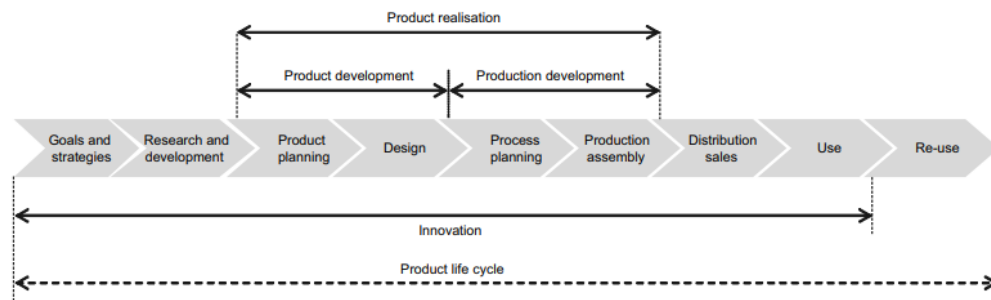
3.1	Intervjuunderlag	19
4.1	Resultat från intervjuer angående upplevda utvecklingsområden . .	25
4.2	Lösningförslag kopplat till utvecklingsmöjligheter	26
4.3	Sammanställning av behov	29
4.4	Mätbara värden kopplade till behov	30
4.5	Jämförelse mellan olika lösningar	33
4.6	Jämförelse mellan Lösningförslag 1 och 2	41
5.1	Kategorisering av problemområden i relation till avdelningar	46

Inledning

1.1 Bakgrund

Produktframtagning inom organisationer bygger vanligtvis på samarbete mellan olika avdelningar. Vid ökad komplexitet krävs även ökad integration inom organisationen. Integrationen kan definieras på tre nivåer: vertikal, horisontell och tvärfunktionell. Tvärfunktionell integration innebär samarbete mellan avdelningar från olika delar av organisationen för att tillsammans nå en gemensam lösning[1].

När det gäller framtagandet av komplexa produkter involverar detta oftast flera delar av organisationen. Figur 1.1 illustrerar produktframtagningens flödesschema och markerar den tydliga avgränsningen mellan produkt- och produktionsutveckling. Historiskt sett har det funnits en distinkt uppdelning mellan design och produktion, med attityden “vi designar, ni bygger”[2] som visar på den tydliga avgränsningen vid produktrealisering. Emellertid har samarbete med produktion tidigt under processen visat sig minska den totala tiden för designfasen med upp till 40% samt minskar den totala kostnaden för produkten avsevärt[3].



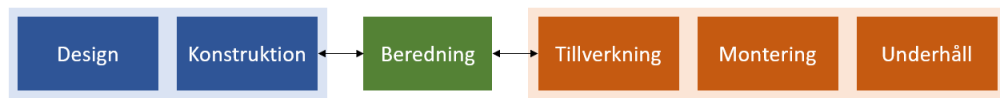
Figur 1.1: Flödeskarta för produktframtagning [4]

1.2 SAAB Kockums

SAAB Kockums (SK), tidigare Kockums Mekaniska Verkstad AB, utgör en av SAAB-koncernens fyra affärsområden; Aeronautics, Dynamics, Kockums och Surveillance. SK specialiserar sig på undervattensområdet och tillverkar U-båtar och yt-fartyg[5]. De är huvudleverantör till Försvarets Materielverk (FMV) och ansvarar för design, konstruktion, tillverkning, driftsättning och verifiering av farkosterna[6]. SK är en av tre aktörer globalt som säljer u-båtar till internationella kunder. Företaget byggde sin första u-båt på Kockums varv i Malmö 1914 och har sedan dess tillverkat över 70 u-båtar i Sverige, varav mer än hälften i Malmö. Idag ligger huvudkontoret i Malmö, intill de historiska varvslokalerna, medan tillverkning, montering och underhåll huvudsakligen sker i Karlskrona. [7]

1.2.1 Kopplingen mellan Produktutveckling och Produktion

Tillverkning av en u-båt kräver betydande resurser. SKs nuvarande projektet, A26, består av två u-båtar som beställdes 2015 och förväntas vara leveransklara 2027 respektive 2028 [8]. I relation till projektets omfattning och komplexitet har SK kort en begränsad tid att utveckla och tillverka dessa u-båtar. Tidspresen innebär att produktutveckling och produktion måste ske parallellt för olika delar av u-båten i största möjliga utsträckning. I figur 1.2 förenklas kopplingen mellan produktutveckling och produktion som en del av produktframtagandet, som illustreras med "produktrealisering" i figur 1.1.



Figur 1.2: Flödeskarta mellan produktutveckling och produktion på SK

1.2.2 Produktutveckling och produktion på SK

Produktutveckling och produktion följer en process där de sker efter varandra. Inom produktutvecklingsavdelningen, belägen på huvudkontoret i Malmö, har design och konstruktion ett nära samarbete. Här säkerställs kravspecifikationer gentemot FMV innan de färdiga ritningarna överförs till produktion. Produktionen, som huvudsakligen sker på varvet i Karlskrona, omfattar tillverkning och montering enligt konstruktionsritningarna. I Karlskrona sker även underhåll av befintliga farkoster.

Beredningsavdelningen fungerar som en länk mellan konstruktion och produktion. De tar emot ritningar från konstruktion och planerar tillverkning och montering, både generellt genom en övergripande tidsplanering men även ner på detaljnivå

med färdiga arbetskort som produktion sedan används av produktionspersonalen. Beredningen ansvarar även för planering av kontinuerligt underhåll och reparation.

1.2.3 Konstruktion och Produktions Anvisningar (KPA)

Inom komplex produktutveckling är det avgörande att minimera potentiella missförstånd mellan avdelningar och minska användningen av unika komponenter. Missförstånd kan få allvarliga konsekvenser, särskilt om de inte upptäcks i tid[9]. Unika komponenter syftar till de produktspecifika delar som inte finns tillgängliga som standardkomponenter och som ofta tillverkas i begränsade serier, i detta fallet u-båten.

Konstruktion och Produktions anvisningar (KPA) används på SK för att underlätta kommunikation och standardisering vid produktframtagning. KPAna fungerar som interna ISO-standarder och finns i olika former på företaget. De används för att underlätta kommunikation mellan konstruktion och produktion och fungerar som standardisering för konstruktionsarbetet. Till skillnad från beredningsavdelningen, som planerar produktionen utifrån konstruktionerna, är KPA ett hjälpmedel för att båda avdelningarna ska förstå varandra och följa samma standarder. Målet är att minska behovet av att utveckla underlag för varje enskild komponent genom att använda KPAna som generella riktlinjer för flera komponenter av liknande karaktär.

1.2.4 Rörsystem

I moderna u-båtar finns över 10 000 unika rör[10] och ca 100km kabel[11]. Dessa system är komplexa att konstruera eftersom de måste samspela med varandra i trånga utrymmen på u-båten samtidigt som de måste vara tillgängliga för underhåll och besättningens åtkomst. Vid tillverkning delas rören in i klenrör ($D_y \leq 38mm$) och större rör ($D_y > 38mm$), där klenrör utgör den största delen av alla rör i u-båten. Rörkonstruktionen påverkar tillverknings- och monteringsprocessen, särskilt då klenrör är mer lätthanterliga på grund av sin mindre yttre diameter och tunnare rörtjocklek.

Tillverkning av rören varierar beroende på deras placering och användningsområde. På SK klassificeras rören i tre kategorier: förtillverkade rör, delvis förtillverkade rör och passrör. Kategoriseringen är utifrån tillverknings- och monteringsmetod samt vilka övriga komponenter som ingår i de berörda området på u-båten. För att hantera komplexiteten kring rörsystemen används ett övergripande KPA samt mer detaljerade ritningar för enskilda komponenter.

1.2.5 Multiclamp

Multiclamps är en typ av rörhållare som främst används för klenrör inombords på SK:s u-båtar. Konstruktionen visas i figur 1.3 och är anpassad för att stå emot yttre påverkan som rören kan utsättas för. Multiclamps finns i flera utföranden både när det kommer till storlek, antal rör som kan hållas och färg. Konstruktionen består av två hållare som omsluter en gummibussning, illustrerat till höger i figur 1.3. Hållarna består av målat svartstål, medan övriga stålkomponenter består av rostfritt stål. För att montera multiclampen används två hylsor, fyra skruvar och åtta distansbrickor, vilket illustrerat i figur 1.3. Den färdiga multiclampen, med det aktuella röret placerat, syns till höger i figuren.



Figur 1.3: Komponenter till multiclamp

Multiclampen finns tillgängliga i tre olika storlekar på SK, anpassade efter vilken rörstorlek de ska användas för. För större rör, som inte faller under kategorin klenrör, används andra typer av rörhållare anpassade efter rörets storlek. Multiclampen finns både som singulära enheter, likt den som visas i figur 1.3, samt i en dubbelvariant som kan hålla två separata rör parallellt. Multiclampen är stapelbara och vid stapling används passbrickor mellan hållarna för både den övre och undre multiclampen. Tillverkning av komponenterna för multiclamps sker hos underleverantörer och SK står själva för blästring och målning av hållare samt montering.

1.3 Problemformulering

De befintliga KPAna är en bra grund för SK, men vid komplex produktutveckling blir vissa konstruktioner för avancerade och går utanför ramen för KPAna. Rörssystemen är ett tydligt exempel på detta då det är invecklat och tidskrävande att hantera, både under konstruktion och produktion. Därför finns det potential att öka standardiseringen och minska missförstånd mellan olika stadier i tillverknings- och konstruktionsprocessen.

1.4 Syfte

Syftet med arbetet är att analysera det befintliga rörsystems-KPA för att ta fram förbättringsförslag som underlättar för konstruktion och produktion. Utgångspunkten för förbättringsförslagen kommer främst att baseras på ekonomisk vinning och tidseffektivisering, där fokus ligger på konstruktion, tillverkning och montering. Mer specifikt kommer följande frågeställningar behandlas:

- Vilka utvecklingsmöjligheter finns kopplat till konstruktion och produktion kopplat till rör KPA?
- Vilka lösningar kan tas fram med utgångspunkt mot konstruktion för att underlätta produktionen?
- Vad kommer slutresultatet av förändringsförslagen resultera i kopplat till tidseffektivisering och ekonomisk vinning?

Från SK:s sida efterfrågas även en trendspaning gällande förbättringar av det berörda området. Det innebär att utvecklingsmöjligheter som framkommit under projektets gång, men som ännu inte utvärderats, ska presenteras. Det kan även inkludera större förändringar som kan genomföras på sikt kopplat till tillverkning och montering.

1.5 Avgränsningar

Eftersom rapporten publiceras vid projektets slut kommer hemligstämplad information att presenteras som underlag för de slutliga förslagen. Detta innebär att vissa avsnitt kommer generaliseras för att undvika att avslöja konfidentiell information. Utvecklingen av rörsystems-KPA kommer att begränsas till djupare analys av 1-2 områden samt mer övergripande analys av andra relevanta delar för slutresultatet.

Teori

I teorikapitlet beskrivs olika typer av produktionssystem, Ulrich & Eppingers sex steg i produktutvecklingsprocesser samt grunderna i Design for Manufacturing and Assembly (DFMA). Det läggs betoning på hur designförändringar och produktionslayout kan optimera kostnader, kvalitet och produktionstakt. Dessutom framförs faktorer som är avgörande för att förstå och förbättra produktionsprocesser, samt betydelsen av intervjuer som kvalitativ metod för informationsinsamling.

2.1 Produktionssystem

Produktionssystem kan definieras på flera olika sätt och kan delas upp både efter olika flödestyper och skillnaden mellan manuell och automatisk produktion. Det som är avgörande för vad och hur man producerar är ofta produktspecifikationer och tillgängliga resurser. En grundläggande indelning är baserad på produktionsvolymen [1]:

- **Lågvolymsproduktion:** Karakteriseras av tillverkning i små volymer och är ofta specialtillverkade för specifika kunder. Produktionen måste vara anpassningsbar och flexibel för att hantera olika krav och specialanpassningar efter kundens behov. Exempel på lågvolymsprodukter inkluderar u-båtar, stora maskiner, fixturer och specialverktyg.
- **Serietillverkning:** Involverar medelstor produktion av produkter som ofta köps in mot lager. Denna produktionsform erbjuder både viss flexibilitet samtidigt som stora volymer kan tillverkas. Exempel på serietillverkade produkter är böcker, verktyg och säsongsbaserade produkter.
- **Masstillverkning:** Kännetecknas av hög volymproduktion av en specifik produkttyp. Här används ofta specialverktyg som är optimerade för produkten. Denna typ av produktion har låg flexibilitet men kan upprätthålla en hög produktionstakt och låga tillverkningskostnader. Exempel på produkter är spikar, pappersark och andra standardkomponenter.

2.1.1 Produktionslayout

Produktionsvolymen påverkar ofta layouten för produktionen. Förutom volymen kan produktionslayouten även vara anpassad efter hur material hanteras eller hur utrustning är arrangerad. Layouten för produktion delas ofta in i följande tre kategorier [1]:

- **Produktorienterad layout:** Här sker tillverkning, bearbetning och montering på samma plats. Denna layout är vanligtvis associerad med långa produktionstider och korta serier eller lågvolymsstillverkning. Typiska produkter är stora, tunga och otympliga, som båtar och flygplan.
- **Processororienterad layout:** Maskiner och annan utrustning är arrangerad efter vilken typ av tillverkning och bearbetning de utför. Uppdelningen kan vara utifrån bearbetningsmetod eller materialtyp. Produkterna flyttas mellan olika områden under tillverkning beroende på vilken bearbetning som behöver utföras. En nackdel är att materialhantering och intern godshantering kan bli tidskrävande, speciellt om produkterna behöver flyttas fram och tillbaka mellan olika bearbetningsområden. Denna layout är vid serietillverkning.
- **Flödesorienterad layout:** Utrustningen är placerad i den ordning de används för att bearbeta produkten. Det finns ett tydligt flöde genom hela produktionen och layouten kan även associeras med löpande band där olika produktionslinor hanterar olika produkter. Layouten är vanlig vid massproduktion och långa serietillverkningar med liten variation mellan produkter.

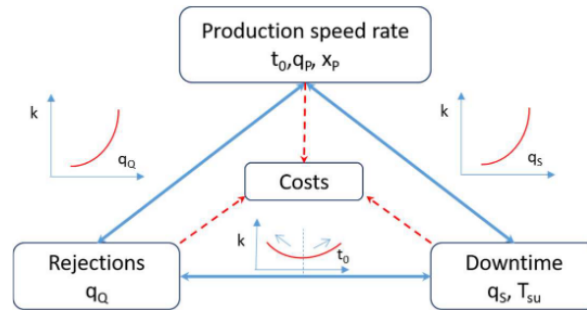
Produkttillverkning kan innefatta kombinationer av olika komponenter och med det kombinationer av olika tillverkningsstorlekar och layouter. Ofta specialiserar sig en organisation på en typ av tillverkning som sedan kombineras med andra komponenter från underleverantörer.

2.1.2 Produktionsprestanda

För att mäta en produktions prestanda används olika nyckeltal eller Key Performance Indicators (KPI). Detta är mätbara värden som ger en indikation på hur effektiv en produktion är [12]. Faktorer som påverkar producerbarhet och kostnad kan inkludera produktionsstakt, driftstopp och kvalitetsavvikelser. Figur 2.1 visar hur dessa faktorer påverkar varandra samt den slutliga produktkostnaden. Faktorerna kan användas för att identifiera problemområden kopplat till produktion och med det sänka den totala produktionskostnaden [1].

Utöver de övergripande faktorerna i figur 2.1 påverkas produktionskostnader och prestanda även av utrustning och specifika verktyg, materialval, hållbarhet i produktionsoperationer, personal och organisation, underhåll av utrustning och gra-

den av automatisering. Att optimera dessa aspekter kan leda till förbättrad effektivitet och minskade kostnader i produktionen [1].



Figur 2.1: Korrelation mellan produktionstakt, driftstopp och kvalitetsavvikelser [1]

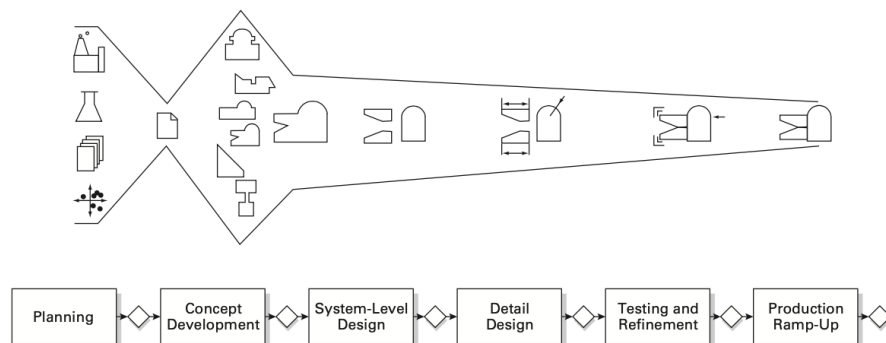
2.2 Metodik enligt Ulrich & Eppinger

Ulrich & Eppingers (U&Es) sex steg för produktutveckling syftar till att strukturera och leda utvecklingsprocesser samt fungera som en grund för pågående förbättringsarbete. Konkret framtar författarna tre huvudsakliga syften för användningen av denna metodik. De strukturerade stegen utgör en värdefull vägledning för beslutsfattande, vilket underlättar för alla inblandade att förstå vilka faktorer som har lett fram till de beslut som fattas. Stegen fungerar även som en checklista för att säkerställa att alla relevanta områden beaktas och förhindra att viktiga delar förbises. Slutligen fungerar stegen som en form av självdokumentation, där varje steg dokumenteras under processens gång för att ge en grund för arbetsflödet och beslutsfattandet. Författarna betonar även att metodiken bör anpassas beroende på det specifika utvecklingsarbetet [13].

2.2.1 Sex steg för produktutveckling

Steg 0: Planering

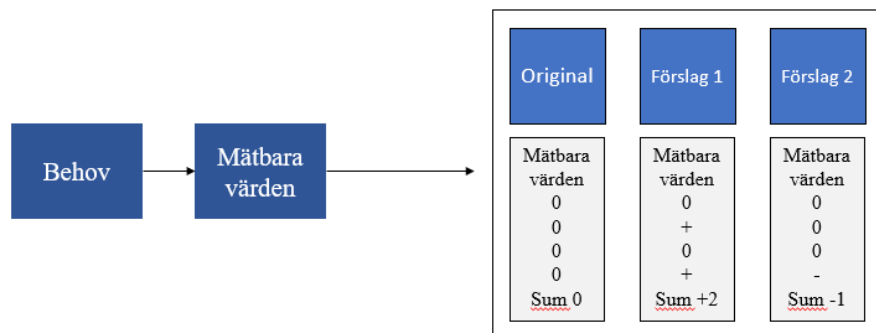
U&Es sex steg (visas i figur 2.2), inleds med planeringsfasen, vilket utgör grunden för projektet genom efterforskning av tillgångar både inom och utanför företaget. Målet med detta steg är att formulera uppdragsbeskrivning, affärsmål, viktiga antaganden, begränsningar och marknadssegment. Planeringsfasen involverar ofta samarbete mellan olika avdelningar för att säkerställa att viktiga aspekter beaktas från olika områden [13]. I figur 2.2 illustreras detta steg med ett bredare segment för att visa mångfalden av möjligheter innan projektet riktas mot ett specifikt område.



Figur 2.2: De olika stegen i ett designprojekt [13]

Steg 1: Konceptutveckling

Efter att ett specifikt segment valts ut fortsätter utvecklingen i steg 1, se figur 2.2. Här genomförs konceptutveckling och selektion mellan olika förslag. Konkret innebär detta att sammanställa behoven för produkten och definiera hur dessa behov kan mätas. Detta görs genom att identifiera behov, till exempel “cykeln ska vara lätt”, och matcha dem med mätbara värden, såsom “cykeln vikt i kilo”. Utifrån dessa behov jämförs olika förslag för att välja det mest lämpliga alternativet enligt figur 2.3. Steg 1 innefattar därmed en behovsutvärdering, generering av koncept och selektion av det mest lovande alternativet för utveckling[13].



Figur 2.3: Processen för konceptutveckling

Steg 2: Övergripande design

Efter att konceptutvecklingen går processen vidare till steg 2, där fokus ligger på att utforma en övergripande design för produkten. Designen formuleras utifrån tidigare definierade behov och det vada marknadssegmentet. I detta steg tas även

hänsyn till tekniska möjligheter och produktionsaspekter. Ett inlett samarbete med underleverantörer är vanligt för att identifiera eventuella begränsningar innan detaljdesignen påbörjas. Målet är att skapa en övergripande design som gör det möjligt att olika avdelningar, såsom produktion, ekonomi och marknadsföring, att arbeta parallellt med planering av den slutliga produkten [13].

Steg 3: Detaljerad design

Efter att den övergripande designen har fastställts går processen vidare till steg 3, där designen genomförs. Detta innebär att definiera den slutliga geometrin, materialval och toleranser för produkten. Målet är att utarbeta en detaljeras dokumentation som inkluderar planering och kostnadsbedömning för tillverkning och montering [13].

Steg 4: Test och förfining av slutprodukt

När den detaljerade designen är klar går processen in i steg 4, där produkten testas och förfinas. Prototyper tas fram för att utvärdera funktioner. Målet är att säkerställa att produkten uppfyller de specifika kraven och att inga stora förändringar behöver göras i detta skede [13].

Steg 5: Produktupptrappning

Slutligen går processen in i steg 5, där produktionslinan testas med den nya produkten innan den lanseras på marknaden. Detta innebär att operatörer tränas i nya arbetsmoment och att maskiner och mjukvara justeras för att passa den nya produkten. Feedback samlas in efter testproduktionen och målet är att successivt trappa upp produktionen i takt med produktsläpp ökad efterfrågan [13].

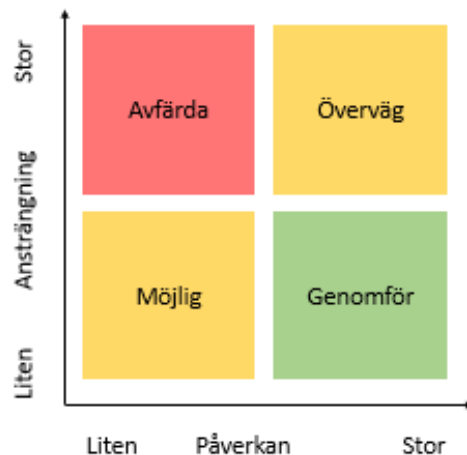
U&Es metodik fokuserar främst på produktutveckling men kan även tillämpas inom andra utvecklingsområden. De olika stegen kommer att användas som struktur för projektet, med viss justering för att passa det bredare fokus som projektet kräver jämfört med en enskild produkt.

2.3 Prioriteringsmetod

Inom utvecklingsarbete är effektiv prioritering avgörande för att säkerställa framsteg och prioritera resursanvändning. Ett verktyg som används för detta ändamål är PICK-diagramet, vars namn står för Possible, Implement, Consider och Kill. Ursprungligen introducerat av Lockheed Martin och förankrat inom Lean och Six Sigma-metodik, utgör detta diagram ett visuellt hjälpmedel för att strukturera och prioritera förbättringsidéer inom olika organisationer [14].

PICK-diagrammet fungerar genom att jämföra den förväntade ansträngningen att implementera en idé med dess förväntade påverkan[15]. Ansträngningen bedöms utifrån faktorer såsom kostnad, systemkomplexitet, tidsram och antalet involverade avdelningar. På andra axeln bedöms den förväntade påverkan utifrån kriterier som kvalitetsförbättringar, ekonomiska besparingar och tidsbesparingar[14].

Baserat på denna jämförelse kategoriseras idéerna i ett av fyra segment, representerade i figur 2.4. Idéer som kräver liten ansträngning men också förväntas ha liten påverkan klassificeras som "Möjlig". Detta rör sig till exempel om förändringar som byte av underleverantör för komponenter som inte direkt påverkar produktionen. För organisationer är det avgörande att bedöma om sådana idéer är tillräckligt värdefulla att genomföra, eller om det finns mer lönsamma förbättringsområden att fokusera på. Idéer med låg ansträngning men hög förväntad påverkan klassificeras som "Genomför". Det är vanligtvis dessa idéer som eftersträvas, eftersom de erbjuder hög avkastning i förhållande till resursinsatsen. Idéer som kräver stor ansträngning men bara förväntas ha låg påverkan bör avfärdas direkt. Dessa idéer kräver för stora resurser i förhållande till vilken avkastning de har i organisationen. Slutligen representerar kategorin "Överväg" idéer som kräver betydande ansträngning men också förväntas ha stor påverkan, såsom uppbyggnad av en ny produktionslina. Här måste organisationen noga överväga om de är villiga att göra de nödvändiga investeringarna för en sådan omfattande förändring [14].



Figur 2.4: PICK Diagram

2.4 Design för Tillverkning och Montering

Inom designutveckling är det avgörande att ta hänsyn till ett brett spektrum av parametrar för att optimera produkters utförande och ekonomi. En parameter att ta hänsyn till är Design for Manufacturing and Assembly (DFMA), som introducerades under 1960-talet i takt med ökad automatisering inom tillverkningssektorn. Designutveckling utifrån DFMA fokuserar på att förenkla tillverknings- och monteringsprocesserna under produktframtagning. Huvudsyftena med att använda DFMA kan sammanfattas enligt följande[3]:

- Det fungerar som en vägledning för att minimera tillverknings- och monteringskostnader genom hela designprocessen.
- Det utgör ett jämförelseverktyg för att analysera konkurrenters produkter och bedöma deras tillverknings- och monteringskostnader, samt identifiera produktionsutmaningar.
- DFMA används som ett verktyg för “should-cost” för företag, vilket ger en uppskattning av produktionskostnader och underlättar förhandlingar med leverantörer.

Vid produktframtagning fokuserar DFMA på att förenkla tillverknings- och monteringsprocesser. Genom att integrera riktlinjer från DFMA i konceptutvecklingen kan tid och resurser sparas genom att adressera produktionsrelaterade frågor tidigt i designprocessen.

2.4.1 Arbetsprocess för DFMA

Innan arbetsprocessen för DFMA påbörjas vid produktframtagning, integreras riktlinjerna för DFMA med U&Es steg för konceptutveckling. Riktlinjerna för DFMA fungerar som behov och hanteras som bedömningsunderlag för de förbättringsförslag som läggs fram i U&Es steg för övergripande design.

Behoven utgår ifrån tillverkning och monterbarhet. När processen går vidare till övergripande design, gör eventuella justeringar av konstruktionen för att underlätta montering och tillverkning. Utöver montering och tillverkning beaktas också materialval, tillverkningsmetoder och kostnadseffektivitet kopplade till tillverkning. Målet är att optimera produktdesignen med hänsyn till befintliga produktionsförutsättningar.

2.4.2 Riktlinjer för Design For Manufacturing and Assembly

Design för DFMA är en metod som strävar efter att minimera kostnader och maximera effektiviteten i produktionsprocessen. Genom att integrera DFMA-principen kan företag optimera sina produkter för tillverkning och montering. Här listas

några riktlinjer som kan användas vid implementering av DFMA vid produktutveckling:

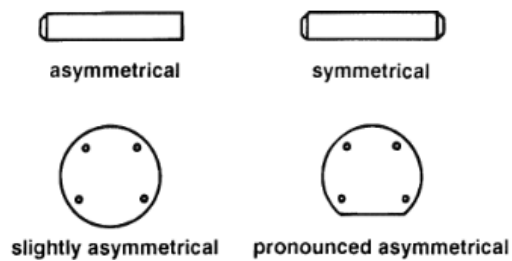
- **Tidseffektivisering:** Genom att rationalisera tillverkningsprocessen och minimera onödiga moment kan tid och kostnader sparas. Det kan innebära att välja tillverkningsmetoder som är snabbare eller att förenkla designen för att minska monteringstiden.
- **Materialoptimering:** Att välja lämpliga material och geometri för produkten kan minska materialkostnader. Det är dock viktigt att utformningen samtidigt inte kompromissar produktens funktionalitet och kvalitet. Materialval bör balanseras med hållbarhetskrav och tillverkningsprocessens behov.
- **Logistikoptimering:** Designförändringar kan göra det möjligt att effektivisera logistikflöden för produkterna. Det kan innebära att minimera antalet olika komponenter eller att standardisera komponenter för att underlätta förpackning och transport. En del i logistikflödet innefattar även hantering i mellanlager där designförändringar kan minska behovet av lagerhållning i anslutning till produktion.
- **Standardisering:** Genom att standardisera komponenter och tillverkningsprocesser kan man minska komplexiteten och öka produktionstakten, vilket i sin tur kan leda till ökad effektivitet och lägre kostnader.
- **Flexibilitet:** Designen bör vara flexibel nog att hantera variationer i tillverkningsprocessen och möjliggöra enkel anpassning till förändrade krav eller produktionsförhållanden.

Designförändringar ser olika ut beroende på om montering eller tillverkning är företagets huvudsakliga sysselsättning. Vid manuell montering är det viktigt att förenkla och standardisera montörens arbete. Det innebär att använda komponenter som är lätta att hantera och minimera risken för felmontering och skador. Nedan listas några konkreta riktlinjer för att underlätta monteringsprocessen som nämns i U&E metodik kopplat till produkttillverkning [3] :

- Komponenterna bör ha antingen helt symmetriska eller tydligt asymmetriska former för att undvika felmontering och förkorta monteringstiden. Exempel på skillnaden mellan dessa illustreras i figur 2.5.
- Undvik små otympliga komponenter som är svåra att greppa, samt undvik komponenter som är vassa eller inoljade, då dessa kan vara svåra att hantera och kan leda till skador.
- Toleranserna för montering bör ge tillräckligt med utrymme så att det inte uppstår motstånd vid montering. Komponentens geometri bör heller inte ge utrymme för felplacering.

-
- Använd standardkomponenter för att underlätta montering och undvik design som kräver att montören måste hålla fast eller vända delar under montering.
 - Komponenterna bör monteras uppifrån för att dra nytta av gravitationen och underlätta monteringsprocessen.
 - Om monteringen inte kräver användning av verktyg kan det korta ner monterings tiden och effektivisera processen.
 - Försök designa så att komponenterna kan monteras med en linjär rörelse, vilket kan minska monterings tiden jämfört med mer komplicerade monteringsprocesser.

Genom att följa riktlinjerna kan produktdesign skapas som underlättar manuell montering och minskar risken för felaktig montering och skador.



Figur 2.5: Komponentsymmetri vid DFMA [3]

Metod

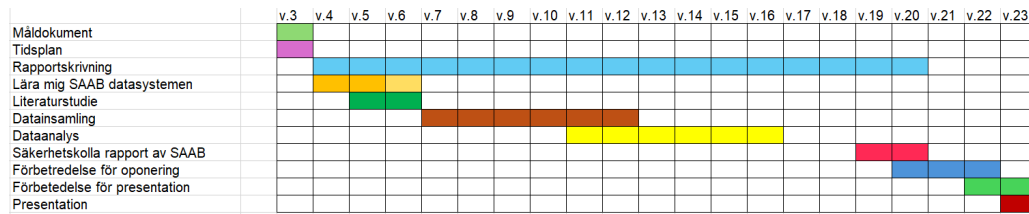
I detta kapitel presenteras de tillvägagångssätt som används för att genomföra examensarbetet. Utförandet bygger på en kombination av olika metodiker, vilka har anpassats för att passa projektets fokus mot konstruktion och produktion. Metoden är baserad på Ulrich & Eppingers sex steg för produktutveckling, vilket ger en strukturerad arbetsmetod som kan hantera de komplexa krav som ställs av SK och FMV.

3.1 Övergripande steg

Processen kommer att följa de övergripande stegen som presenteras nedan. Stegen kommer kombineras med den U& Es metodik tillsammans med underlag från DFMA samt i samråd med handledare på SK.

1. Genomföra nulägesanalys för att förstå hur KPA används i konstruktion och produktion idag, huvudsakligen genom intervjuer och företagsintern information.
2. Sammanställa de identifierade utvecklingsmöjligheterna baserat på nulägesanalysen.
3. Utvärdera utvecklingsmöjligheter utifrån påverkan och relevans för de specifika området.
4. Identifiera övergripande förbättringsområden och selektera till en eller två områden för djupare analys.
5. Analysera de valda områdena och utveckla förbättringsförslag med fokus på ekonomisk vinning, tidseffektivisering och samarbete med berörd persona.
6. Presentera förslag på förbättringsåtgärder tillsammans med relevant fakta.
7. Genomföra trendspaning kopplat till förbättringsområden som identifierats under projektets gång. Det innefattar både specifika förslag för KPA och generella observationer som inte analyserats djupare.

Utöver de övergripande stegen finns även sin tidsplan för projektets utformning enligt figur 3.1. Här visas de obligatoriska stegen för ett examensarbete samt en generaliserad planering av processen. Planen inkluderar kontinuerlig uppdatering av rapport under projektets gång. Vissa steg är direktkopplade till företaget, såsom att navigera i deras datorsystem. Dessutom måste SKs säkerhetsavdelning granska rapporten för att säkerställa att ingen hemlig information avslöjas.



Figur 3.1: Övergripande tidsplan

3.2 Detaljerat tillvägagångssätt

Eftersom projektets syfte kan appliceras på olika områden beroende på vad som framkommer under informationsinsamlingen, kommer metodiken att anpassas efter hur projektet utvecklas. Ulrich & Eppingers (U&E) sex steg för produktutveckling [13] utgör grunden för de olika faserna projektet kommer genomgå. Figur 3.2 visar de olika faserna för metodiken samt de primära målen för varje fas och vad som konkret utförs i de olika stegen. Varje steg beskrivs mer ingående nedan med utgångspunkt i U&Es metodik.

Fas	0	1	2	3	4	5
Primära mål	Definiera projektet och behoven	Ta fram relevant kravbild	Övergripande bild av slutkonceptet	Konkret förslag att lägga fram	Verifiera slutresultat	Testa produktionslina med förbättringsförslag
Vad utförs i detta steg	Hålla intervjuer, Sammanställa problemområden, Utvärdera och selektera problemområden	Tabell med behov, Tabell med mätbara värden kopplat till behov, Jämförelse mellan olika övergripande idéer	Övergripande förslag på förändringar, Mätpunkter för jämförelse av olika förslag mot varandra och mot ursprungsläget	Plan för förändringsförslaget, Lista över vilka som blir påverkade samt hur	Presentera förslag för ledning och berörda avdelningar, Göra pilottest	Implementera förbättringsförslag,

Figur 3.2: Projektplanering utifrån Ulrich & Eppingers metodik

3.2.1 Projektets 6 steg

Steg 0: Planering

Planeringsfasen, U&Es första steg, sätter grunden för projektet genom bred efterforskning. För SK innebär detta att intervjuer ligger till grund för en nulägesanalys. Nulägesanalysen ger en bild av de aktuella tillgångarna och hur de används inom företaget. Tabell 3.1 visar en lista över intervjuer som ligger till grund för den interna informationsinsamlingen på SK.

Tabell 3.1: Intervjuunderlag

Konstruktör 1	1 h
Konstruktör 2	30 min
Konstruktör 3	1 h
Rörkompetensgrupp	30 min
Teknisk Beredare 1	1 h
Teknisk Beredare 2	1,5 h
Teknisk Beredare 3	30 min
Produktionsteknik 1	1,5 h
Produktionsteknik 2	4 h
Monteringsansvarig 1	1 h
Inköpare	1 h

Intervjuerna används för att sammanställa och utvärdera utvecklingsområden. Områdena selekteras sedan med PICK-diagram till en eller två områden för vidare analys, i samråd med handledare och berörd personal på SK.

Steg 1: Konceptutveckling

I detta steg utvärderas de valda segmenten utifrån specifika behov. På SK är behoven starkt kopplade till FMV:s kravprofil för u-båtar, inklusive brandklass, stöttålighet och ljudnivå. Behoven kopplat till projektet delas upp i krav från FMV och behov som rörtillverkning, montering och underhåll, med fokus på DFMA. Behoven rangordnas och kopplas till mätbara värden, enligt figur 2.3, för att mer objektivt kunna utvärdera olika förslag. Utvärderingen av de olika förslagen utvärderas och rangordnas för vidareutveckling, med hänsyn till ekonomisk vinning och tidseffektivisering.

Steg 2: Övergripande design

Här påbörjas den övergripande designen för produkten eller förändringsförslaget. Fokus ligger både på produktutveckling med DFMA och förbättringsförslag för

produktion. Detta innefattar både utveckling av KPA samt vidareutveckling av koncept och vad förändringar kommer bidra med kopplat till produktion. Olika förslag utvärderas utifrån hur de kan mätas i tidseffektivisering och ekonomisk vinning samt hur väl de speglar de mätbara värdena.

Steg 3: Detaljerad design

Detta steg inkluderar en detaljerad plan för de förändringar som tagits fram i tidigare steg. Här säkerställs, tillsammans med SK att förändringarna uppfyller FMV:s kravprofil innan projektet går vidare.

Steg 4: Test och förfining av slutprodukt

Förbättringsförslaget presenteras för ledningen och ett pilottest genomförs för att identifiera och åtgärda eventuella brister. Detta steg utgör det slutgiltiga steget för projektet, där förändringsförslag presenteras. Implementering och uppföljning överlämnas till SK efter projektets avslut.

Steg 5: Produktupptrappning

Det sista steget fokuserar på att implementera och testa förbättringsförslaget. Detta innebär att följa de förändringar som gjorts i KPA och utvärdera deras effekt på produktionen. Målet är att successivt integrera förändringarna i den befintliga processen, förutsatt att responsen är positiv från de olika avdelningarna.

3.3 Intervjuunderlag

Vid informationsinsamling inom forskning och utveckling är det vanligt att använda både kvalitativa och kvantitativa metoder. Kvantitativa metoder, såsom enkätundersökningar, används för att samla in strukturerad data för statistisk analys och generera slutsatser. Kvalitativa metoder, som intervjuer, fokuserar på att få en djupare förståelse och insikt i ämnet [16].

När det gäller kvalitativ informationsinsamling är det viktigt att ha ett tydligt syfte och väldefinierade frågor för att få meningsfulla svar. Flexibilitet är nyckeln till framgångsrika intervjuer, vilket möjliggör följdfrågor och fördjupade diskussioner för att utforska ämnet mer ingående. Dessutom är det viktigt att beakta etiska aspekter, såsom konfidentialitet och respekt för deltagarnas integritet, under intervjuprocessen [16].

När intervjuerna har genomförts är det viktigt att dokumentera resultaten för att kunna använda dem som underlag. Detta kan inkludera transkribent av intervjuerna, sammanfattning av nyckelinsikter och analyser av mönster och trender.

Resultaten kan sedan på olika sätt integreras i rapporten beroende på hur underlaget bär vikt för slutsatser och rekommendationer[17].

3.4 Källkritik

3.4.1 Intervjuunderlag

En central del av informationsinsamlingen tidigt i projektet baseras på intervjuer, vilka ligger till grund för att förstå problembilden och nulägesanalysen. Eftersom mycket av den interna informationen inte är dokumenterad eller tillgänglig utanför företaget, måste den samlas genom intervjuer och muntlig kommunikation. Det är viktigt att vara medveten om att intervjuunderlaget kan innehålla subjektiva åsikter. Dessa måste beaktas innan beslut fattas baserat på information från intervjuerna. Det är också viktigt att notera vilken information som kommer från produktion respektive konstruktion och hur den skiljer sig mot varandra. Informationen från intervjuerna bör alltså användas för att dra generella slutsatser och som övergripande underlag. Mer specifika slutsatser eller lösningsförslag bör istället baseras på konkret data eller direkta observationer.

3.4.2 Användandet av Metodiken

Den metodik som används i projektet är baserad på produktutveckling enligt Ulrich & Eppinger modell tillsammans med övriga metodiker presenterade i teori kapitlet. Eftersom projektet inte bara omfattar produktutveckling utan också fokuserar på att identifiera orsaker till problemområden och generera generella lösningsförslag, fungerar metodiken bra som en utgångspunkt för processen. Under senare faser, när nya lösningsförslag har utvecklats, är det nödvändigt att gå ifrån den initiala metodiken och tillämpa mer produktionspecifika lösningar.

I övrigt är de källor som används i projektet främst från ämnesböcker, vetenskapliga artiklar eller källor i direktkontakt med SK:s egna källor. Källor utöver detta har främst används för begreppsbeskrivningar och mer övergripande information.

Resultat

I detta kapitel presenteras resultaten av de åtgärder och förändringar som genomförs under projektet. Fokus ligger på designoptimering av multiclamps och förbättringar kopplat till intern logistikhantering. Genom att utvärdera de framtagna lösningarna och jämföra dem med den ursprungliga situationen, ges en helhetsbild i relation med syftet med projektet.

4.1 Nulägesanalys

Steg ett i arbetsprocessen är att genomföra en nulägesanalys. Syftet är att få en övergripande förståelse för hur den berörda organisationen ser ut, hur KPA används idag och identifiera utvecklingsmöjligheter kopplade till rörtillverkning. Underlaget för nulägesanalysen utgörs av intervjuer samt intern information från SK.

4.1.1 Produktionssystem

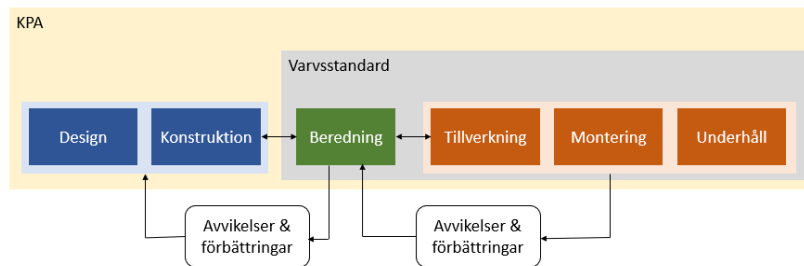
SK tillverkar i huvudsak ytfartyg och u-båtar på Karlskronavarvet. De u-båtar man tillverkar idag beräknas ta ca 13 år från beställning till leverans [8]. Tillverkningen sker i flera steg där slutresultatet, u-båten, kategoriseras som en lågvolymsprodukt enligt indelningen baserat på produktionsvolym [1]. Den huvudsakliga produktionen på SK består av lågvolymsproduktion alternativt serietillverkning av unika komponenter. Målet är att tillverka komplicerade komponenter internt och lägga ut masstillverkning och standardkomponenter till underleverantörer för att kunna fokusera på mer avancerad produktion internt.

Den huvudsakliga layouten man använder sig av på SK är processororienterad. Här delas tillverkning av olika komponenter upp beroende av tillverkningsprocess för att kunna hålla en hög specialisering och kunskapsnivå inom de specifika områdena. Exempelvis är rörtillverkning en process som har en separat geografisk placering enligt den processororienterade tillverkningen.

När u-båten ska monteras så går produktionslayouten över till produktorienterad. Anledningen till detta är att efterhand som u-båten monteras ihop, blir den otymplig att hantera och flytta. För att underlätta hantering byggs u-båten i olika sektioner som sedan monteras ihop. Modulerna underlättar för montering eftersom man då har större utrymme och möjlighet att använda sig av hjälpanordningar.

4.1.2 Användande av KPA

Inom SK finns olika system för hantering av information kopplat till produktframtagning, illustrerat i figur 4.1. KPA, som beskrivs som interna ISO-standarder, används övergripande i alla delar av processen. Dessa standarder omfattar monteringsanvisningar, dimensionering och andra regler för hur komponenter ska hanteras och konstrueras. Konstruktörerna använder KPA som underlag för deras ritningar, medan beredning och produktion använder KPA som riktlinjer tillsammans med arbetskort och konstruktioner. KPA är grundläggande för hela produktframtagandet och vid avvikelser kopplas kompetensteam in för att utvärdera dem. Teamet kopplat till rörkonstruktioner kallas för Rörkompetensgruppen och består av ansvariga från olika delar av produktframtagningsprocessen som bedömer om avvikelser kan godkännas. Konstruktörerna använder KPA som underlag för deras ritningar.



Figur 4.1: Användandet av interna dokument på SK

Utöver KPA har beredning och produktion tillgång till Varvsstandarder för olika tillverkningsprocesser. Varvsstandarderna beskriver bland annat maskintillgångar, tillgängliga tillverkningsmetoder, standarddimensioner och flöden. Varvsstandarderna används som planeringsunderlag för beredning. Ur dokumenten hämtas information om vilka dimensioner maskiner kan hantera samt hur produktionsflödet ser ut för olika tillverkningsavdelningar.

För att registrera avvikelser och förbättringsåtgärder har SK ett internt system som används i två steg. Beredningen hanterar konstruktörernas arbete och ger feedback kopplat till producerbarhet och materialval. Samarbetet mellan avdelningarna sker redan innan konstruktionen är färdig, och konstruktionssidan släpper

inte arbetet förrän det är redo att produceras. Avvikelse och förbättringsåtgärder från produktion hanteras via beredning, där tidsplanering och avvikelser från produktionsflödet utvärderas. I avvikelserapporteringen loggas även produktionsfel, såsom tillverkningsmoment som måste göras om eller delar som måste kasseras.

4.1.3 Utvecklingsmöjligheter

Utvecklingsmöjligheter kopplat till KPA och rörproduktion har identifierats genom intervjuer med berörd personal. Tabell 4.1 visar en sammanställning av de synpunkter som framkommit under samtliga intervjuer. Underlaget är kategoriserat efter avdelning, med representation från alla avdelningar kopplade till produktframtagandet. Resultatet från intervjuerna används som underlag för nästa steg i arbetsprocessen.

Tabell 4.1: Resultat från intervjuer angående upplevda utvecklingsområden

Konstruktörer (K)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Konstruktion som kan leda till hållfasthetsproblem. 2. Toleransavvikelser kan uppstå på grund utav monteringsordning. 3. Toleransavvikelser vid montering. 4. Utvecklingsmöjligheter kopplat till specifik svetsmetod. 5. Förslag på mer standardiserad konstruktion. 6. Förenklad konstruktion kopplat till specifika komponenter. 7. Konstruktionsändring kopplat till rör.
Teknisk Beredare (T)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ökad kvalitetskontroll vid tillverkning. 2. Intern hantering vid montering.
Monteringsansvarig (M)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Toleransavvikelser vid montering kan leda till problem. 2. Se över intern hantering vid montering. 3. Komponentval försvårar montering. 4. Hantering av specifika komponenter leder till extraarbete.
Fortsättning på nästa sida	

Tabell 4.1: Fortsättning från föregående sida

Produktions- teknik (PT)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se över val av komponent. 2. Intern hantering kopplat till underhåll kan förenklas. 3. Tydligare markering av komponent. 4. Kommunikationshantering kopplat till produktion.
-------------------------------------	--

4.2 Sammanställning av utvecklingsmöjligheter

De identifierade utvecklingsområdena, presenterade i tabell 4.1, sammanställs med övergripande lösningar i tabell 4.2. Tabell 4.2 inkluderar inte alla områden utan fokus ligger på lösningar som har störst potential att uppfylla syftet med arbetet. Alla berörda avdelningar är representerade kopplat till områdena i tabell 4.1. De ifyllda kolumnerna representerar vilket område som är kopplat till respektive lösningsförslag.

Tabell 4.2: Lösningsförslag kopplat till utvecklingsmöjligheter

K							T		M				PT				Lösningsförslag
1	2	3	4	5	6	7	1	2	1	2	3	4	1	2	3	4	
																	(Upplevda problemområden)
																	1. Fästa en platta i skrov som rörhållare kan monteras på för större toleransspann
																	2. Standardiserade vinkeljärn som har flera användningsområden
																	3. Utveckling av konstruktion och logistik i produktion kring multiclamps
																	4. Förändring i KPA och rörkompetensgruppens hantering av avvikelser
																	5. Se över skyltar på klenrör för bättre lösning

4.2.1 Framtagna lösningsförslag

Lösningsförslag 1

Rörhållarna placeras idag direkt mot spant, skott eller plattform i u-båten som målas innan montering av rör. Vid montering av rören kan små toleranser kan rörhållarna inte passar med rören. Eftersom de redan är målade tillsammans med spant, skott eller plattform gör att rörhållarna inte kan flyttas, vilket leder till att rören istället behöver justeras. För att motverka detta kan istället en annan lösning tas fram där en platta fästs direkt mot spant, skott eller plattform innan målning. Hål i plattan möjliggör justering av rörhållaren, vilket eliminerar behovet av att justera rören eftersom rörhållaren istället kan justeras.

Lösningsförslag 2

Idag konstrueras ofta nya vinkeljärn som fästordning för rörhållare. Ett bibliotek med standardkomponenter skulle underlätta för både produktion och konstruktionssidan. Konstruktörerna skulle lägga mindre tid på att konstruera lösningar, och produktionen skulle kunna förtillverka i större utsträckning genom att ha en uppfattning om komponenterna i förväg.

Lösningsförslag 3

Det finns aspekter att överväga kring hanteringen av multiclamps. Detta inkluderar interna hanteringsproblem som designmässiga aspekter som sprickbildning i färg och ospecificerade längder på passbrickor. Förbättringar i logistikflödet inom produktion kan ge stora tidsvinster. Genom att se över designen av multiclamps kan lösningar tas fram för problem som uppstår vid montering med förseningar och osäkerhet kring komponenter.

Lösningsförslag 4

Rörkompetensgruppens hantering av avvikelser från KPA kan förbättras genom kortare ledtider och minskade kostnader för till exempel svetsade detaljer. Produktionssidan anser att byggrör tillverkas i för stor utsträckning, och en minskning av byggrör faller i linje med viljan att minska antalet svetsade detaljer. Snabba beslut om avvikelshantering kan förhindra att produktionen stannar upp och med det minska driftstopp.

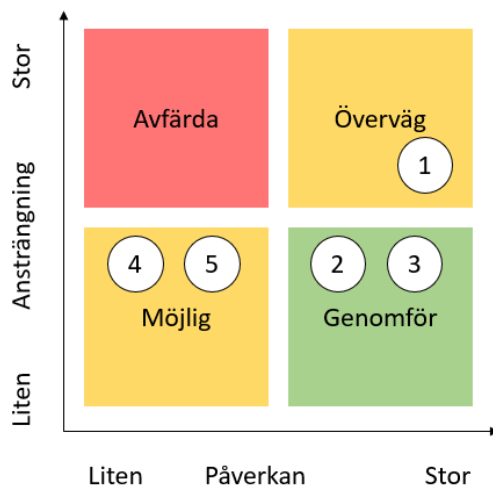
Lösningsförslag 5

Skyftar på mindre klenrör orsakar idag problem vid montering och underhåll. De mindre klenrören är svåra för montörerna att komma åt, och skyften sitter inte fast lika bra som på större rör. Dessutom har underhållspersonalen svårt att veta

vad en skylt hänvisar till när den sitter mellan två regle. Genom att se över fästansordningarna för skyltar på klenrör kan monteringstiden förkortas.

4.3 Utvärdering av lösningsförslag

Baserat på de sammanfattade lösningsförslagen i tabell 4.2 har förslagen placerats i ett PICK-diagram. Placeringen baseras dels på intervjuunderlag beskrivet i tabell 3.1, dels på hur stor del av SK:s verksamhet som involveras, samt egna reflektioner. PICK diagrammet utgår från påverkan och ansträngning hos de berörda avdelningarna kopplat till produktutveckling och produktion, visat i figur 1.2.



Figur 4.2: Förändringsförslag i PICK diagram

Ur PICK diagrammet i figur 4.2 framgår att lösningsförslag är aktuella att gå vidare med enligt PICK-metodiken[14]. Förslag 2 och 3 är placerade i kategorin "Genomför", vilket innebär att de med relativt liten ansträngning kan generera stor påverkan. Vid utvärdering med SK framkom att förslag 2 redan håller på att utvecklas internt, och därmed kommer projektet att gå vidare med förslag 3.

4.4 Konceptutveckling

Förslag 3 analyseras utifrån U&Es metodik för konceptutveckling. Utvecklingsmöjligheterna är uppdelade i två delar: intern hantering och konstruktion av multiclamps, vilket är viktigt att ha i åtanke när projektet fortskrider. Analysen bygger på en sammanställning av behov som kopplas till mätbara värden för att objektivt kunna jämföra olika förslag.

4.4.1 Sammanställning av behov och mätbara värden

Kravprofilen från FMV, tillsammans med behoven relaterade till produktion och konstruktion, ligger till grund för de sammanställda behoven redovisade i tabell 4.3. Behoven relaterade till konstruktion och produktion baseras på DFMA-metodiken. Behoven relaterade till FMV och u-båtens grundläggande funktioner är viktade högt, medan funktioner utan specifika krav är viktade efter deras förväntade påverkan på de berörda avdelningarna.

Tabell 4.3: Sammanställning av behov

Nr	Behov	Vikt
1	Färre delar än originalet	1
2	Färre moment att montera	2
3	Kortare tid att montera	3
4	Tillgänglighet att montera i obekväma/trånga utrymmen	2
5	Kan monteras utan verktyg	2
6	Kan monteras med en hand	1
7	Monteringsbar oavsett placerad riktning	4
8	Godkänd brandklass	5
9	Godkänd av Struktur (stötklass 1)	5
10	Godkänd av Struktur (stötklass 2)	5
11	Godkänd av Signatur	5
12	Möjlig att tillverka hos underleverantör eller själva	5
13	Tillgänglighet för underhåll och reparation	3
14	Ökade toleranser	2
15	Stapelbara	3
16	Klarar vatten(rosthålliga)	4
17	Kompatibla med olika storlekar	3
18	Kortare tid att tillverka	2
19	Billigare alternativ än originalet	2
20	Overall tidseffektivare alternativ än originalet	4
21	Totalvikten för hållaren påverkar inte U-båten	2
22	Flexibel design (ej låst till position i stapling etc)	1

4.4.2 Mätbara värden

Tabell 4.4 visar de mätbara värden som kopplas till behoven i tabell 4.3, vilket utgör underlaget för en objektiv bedömning av konstruktionen. De mätbara värdena är numrerade på samma sätt som behoven där den andra kolumnen visar vilket behov varje värde är kopplade till. Dessa mätbara värden är direkt relaterade till konstruktion av multiclamps och hur de påverkar montering, tillverkning och vitala

funktioner. Delen av lösningsförslaget som rör intern hantering av monteringsflöde presenteras separat för att förtydliga den processen.

Tabell 4.4: Mätbara värden kopplade till behov

Nr	Kopplat till behov	Mätbart värde	Vikt	Enhet
1	1,6	Antalet delar jämfört med originalet	1	Styck
2	1,2	Antalet rörliga delar jämfört med originalet	2	Styck
3	1,2	Antalet skruvar, brickor och muttrar	2	Styck
4	2,3,13	Antalet moment för montering	3	Styck
5	2,5,6	Antal verktyg för montering	2	Styck
6	2,18	Total tillverknings tid	2	Tid
7	2,3	Tid för montering	3	Sec
8	3,4,6,13	Monteringsriktning	2	x,y,z-led
9	4,7,13	Verktygsåtkomst runt hållaren	3	Area
10	4,17,21	Areastorlek	2	m^2
11	5	Momentet för att fästa skruv	2	Nm
12	8	Tid materialet klarar att stå emot brand	5	Tid
13	9	Stöttålighet	5	MPa
14	10	Plastisk deformation (sträckgräns)	5	N/mm^2
15	11	Ljud	5	Db
16	12,18	Tillverkningsmoment	5	Styck
17	12,19	Tillverkningskostnad	3	Kronor
18	14	Toleranser vid montering	2	μm
19	15	Går att placera på varandra	3	Ja/Nej
20	16	Vattenmotstånd	4	IP-klass
21	17	Storlekar som går att kombinera	3	Styck
22	19	Total kostnad	2	Kronor
23	20	Total ledtid	4	Tid
24	21	Vikt	2	Kg
25	22	Kombinationsvarianter	1	Styck

En del av U&Es metodik är att tydliggöra kopplingen mellan behov och mätbara värden. I figur 4.3 visas en matris som tydliggör vilka behov som kopplas till vilka mätbara värden. Utifrån detta kommer olika lösningsförslag tas fram och jämföras mot varandra. Syftet med de mätbara värdena är att möjliggöra en objektiv bedömning av de olika lösningsförslagen relaterade till det specifika utvecklingsområdet.

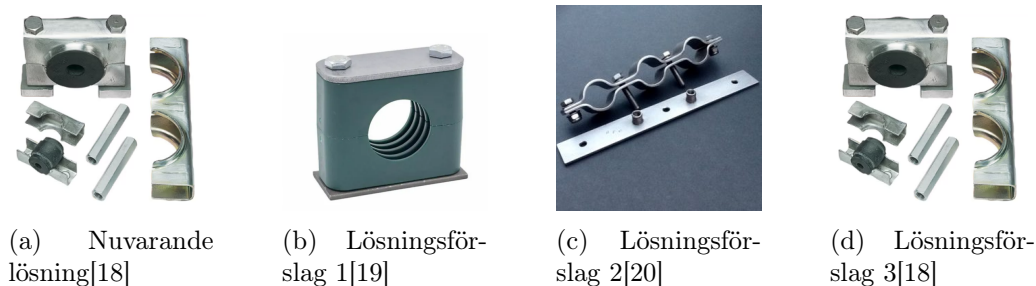
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	Antalet delar jämfört med originalet	Antalet rörliga delar jämfört med originalet	Antalet skruvar, brickor och muttrar	Antalet moment för montering	Antal verktyg för montering	Total tillverknings tid	Tid för montering	Monteringsriktning	Verktygsåtkomst runt hållaren	Areatorlek	Momentet för att fästa skruv	Tid materialet klarar att stå emot brand	Stöttålighet	Plastisk deformation (sträckgräns)	Ljud	Tillverkningsmoment	Tillverkningskostnad	Toleranser Vid montering	Går att placera på varandra	Vattenmotstånd	Storlekar som går att kombinera	Total kostnad	Total ledtid	Vikt	Kombinationsvarianter
1	Färre delar än originalet	•	•	•	•	•	•																		
2	Färre moment att montera	•	•	•	•	•	•																		
3	Kortare tid att montera			•	•	•	•																		
4	Tillgänglighet att montera i obekväma utrymmen							•	•	•															
5	Kan monteras utan verktyg				•	•					•														
6	Kan monteras med en hand	•			•	•		•																	
7	Monteringsbar oavset placerad riktning								•																
8	Godkänd brandklass											•													
9	Godkänd av Struktur (stötclass 1)												•												
10	Godkänd av Struktur (stötclass 2)													•											
11	Godkänd av Signatur														•										
12	Möjlig att tillverka hos underleverantör eller själva															•	•								
13	Tillgänglighet för underhåll och reparation			•				•	•																
14	Ökande toleranser																	•							
15	Stapelbara																		•						
16	Klarar vatten(roståliga)																			•					
17	Kompatibla med olika storlekar									•															
18	Kortare tid att tillverka				•											•									
19	Billigare alternativ än originalet																•								
20	Overall tidseffektivare alternativ än originalet																								
21	Totalvikten för hållaren påverkar inte U-båten									•															
22	Flexibel design (ej låst till position i stapling etc)																								•

Figur 4.3: Behov kopplade till mätbara värden

4.4.3 Marknadsundersökning

Vid kontakt med Inköpsavdelningen och avdelningen för Teknisk Produktion framkom att intern tillverkning av multiclamps på SK inte är möjlig. SK vill fokusera på tillverkning av avancerade komponenter som är svåra och kostsamma för underleverantörer att tillverka. Därför överläter man produktionen av komponenter i större kvantiteter med en enklare tillverkningsprocess till underleverantörer. Förändringen i konstruktionen av multiclamps begränsas därför till underleverantörernas tillverkningsmetoder.

För att få en bild av vad möjliga underleverantörer tillverkar idag genomförs en marknadsundersökning där olika förslag till rörhållare inkluderas. Förslagen presenteras i figur 4.4, där den nuvarande multiclamp även finns med som referens.



Figur 4.4: Lösningsförslag för multiclamps

Den nuvarande lösningen är en multiclamp bestående av 17 delar, hållarna är tillverkade i svartstål som målas innan de monteras. Det finns en separat gummibussning som sitter runt rören innanför hållarna enligt figur 4.4a.

Lösningförslag 1 baseras på samma konstruktion som den nuvarande lösningen, men här är även hållarna i gummi enligt figur 4.4b. Konstruktionen är fortfarande tvådelad likt originalet, men materialet gör att målningsmomentet försvinner eftersom gummi inte rostar vid kontakt med vatten.

Lösningförslag 2 är av en annan konstruktion. Konstruktionen bygger på en mer avskalad designen än originalet och kan tillverkas för flera olika rör på bredd enligt figur 4.4c. Hållarna är tillverkade i rostfritt stål och kan ha liknande gummibussning runt rören, likt originalet.

Förslag 3, i figur 4.4d, bygger på originalförslaget där hållarna istället för svartstål tillverkas i rostfritt för att undvika att måla komponenterna.

4.4.4 Val av lösningförslag

Förslagen jämförs mot varandra enligt tabell 4.5 med värdena från tabell 4.4.2. Jämförelsen görs utifrån antagandet att färgen på komponenten endast agerar rostskydd. Gummi och rostfritt behöver alltså ej målas då materialen redan har rostskyddande egenskaper. Resultatet från tabell 4.5 baseras på om lösningförslaget har bättre eller sämre värde jämfört med den nuvarande lösningen. Värdena summeras i botten av tabellen där ett bättre resultat benämns med + och en sämre med -. Under den totala summan syns även summan när viktningen på värdena är medräknade.

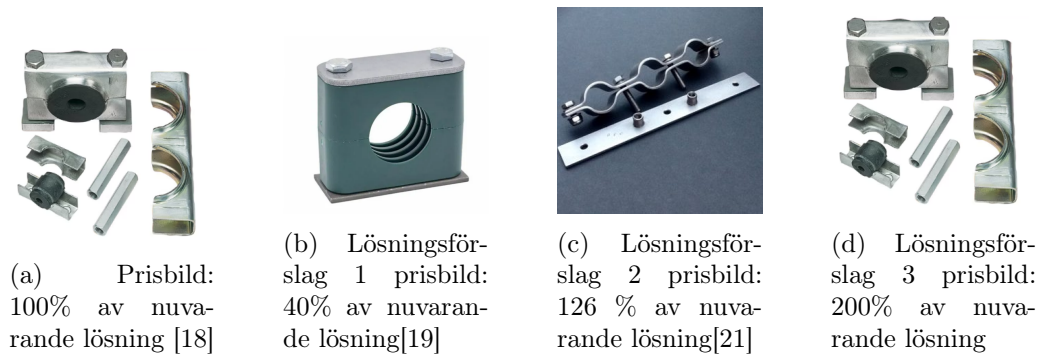
Tabell 4.5: Jämförelse mellan olika lösningar

Nr	Nuvarande lösning	Lösningförslag 1	Lösningförslag 2	Lösningförslag 3
1	0	+	+	0
2	0	0	+	0
3	0	0	+	0
4	0	+	+	0
5	0	0	0	0
6	0	+	+	+
7	0	0	+	0
8	0	0	0	0
9	0	0	-	0
10	0	-	+	0
11	0	0	0	0
12	0	-	+	+
13	0	+	-	-
14	0	-	-	-
15	0	+	0	0
16	0	+	+	-
17	0	+	+	-
18	0	+	0	0
19	0	0	0	0
20	0	+	+	+
21	0	-	-	0
22	0	+	+	-
23	0	+	+	+
24	0	+	+	0
25	0	0	+	0
Sum +	0	12	15	4
Sum -	0	4	4	5
Sum tot	0	8	11	-1
Sum vikt	0	10.1	14.3	2.7

Utifrån tabell 4.5 är det tydligt att det finns mätbara värden som är både bättre och sämre än den nuvarande lösningen. Med hänsyn till de mätbara- och viktade värdena är det tydligt att lösningförslag 2 har bäst resultat av alternativen för vidare utveckling, tätt följt av förslag 1. En viktig del i syftet är att hitta ett förslag som bygger på ekonomisk vinning och tidseffektivisering. Därför läggs även den ekonomiska delen in i avgörandet om vilken produkt som bör utvärderas vidare.

4.4.5 Kostnad

Den nuvarande kostnaden för multiclamps delas inte utanför bolaget. För att kunna göra en jämförelse mellan den nuvarande lösningen och de föreslagna lösningarna kommer därför offentliga uppgifterna från tillgängliga underleverantörer jämföras procentuellt för att få en bild av skillnaden. I figur 4.5 visas en jämförelse mellan alla lösningsförslag. Lösningarna jämförs utan gummibussning eftersom denna specialbeställs från en annan underleverantör. Jämförelsen är mellan singelanordningar. För de förslag som endast säljs för montering av flera rör har kostnaden delats på antalet singelrör som kan fås ut. Här tillkommer intern hantering i form av kapning och anpassning till singelanordning. Jämförelsen mellan den nuvarande multiclampen och lösningsförslag 3 baseras på intervju med inköpsavdelningen som har undersökt att byta till ett rostfritt alternativ, detta är uppgifter från en specifik underleverantör.



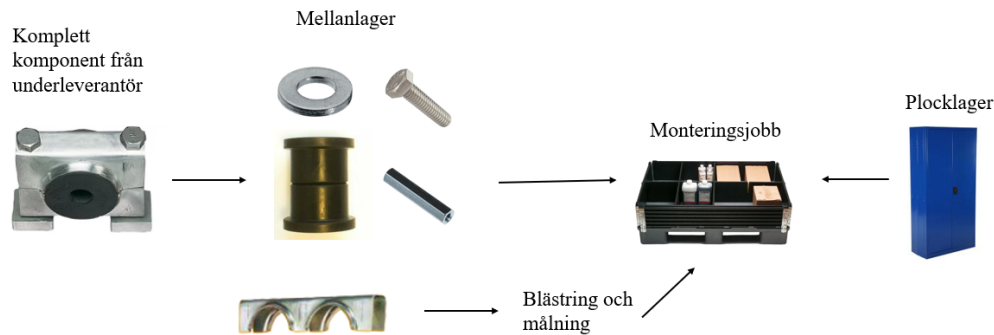
Figur 4.5: Procentuell jämförelse av kostnad för multiclamps

Resultatet från jämförelsen från de valda underleverantörerna visar att Lösningsförslag 1 är det billigaste alternativet. För att säkerställa att de alternativ som passar SK bäst presenteras så kommer därför båda lösningsförslagen vidare utvärderas i U&Es nästa steg.

4.4.6 Logistikhantering

Intern logistiköversikt

Utvecklingen av konstruktionen för multiclamps är en del i förändringsarbetet, en annan del är att se över den interna hanteringen av multiclamps på SK. En förenklad illustration av logistikflödet visas i figur 4.6. Idag levereras multiclampen komplett ihopmonterade till godsmottagningen. Efter att SK har mottagit multiclampen separeras komponenterna och placeras separat i mellanlager innan nästa del i processen. När en färdig konstruktion för multiclamps ska monteras börjar man med att plocka ut hylsorna från mellanlagret för bearbetning.



Figur 4.6: Logistikflödet för multiclamps på SK

Bearbetningsprocess

Innan montering ska hylsorna blästras och målas. Delarna målas i olika färger beroende på vilket utrymme de ska monteras. Övriga komponenter är i rostfritt eller gummi och behöver därför inte skyddas med färg. Bearbetningen med blästring och målning skapar en längre ledtid för komponenten som ger påverkar processen. Efter bearbetning plockas hylsorna tillsammans med övriga komponenter för multiclamps ihop i gemensamma pallkragnar. Här placeras även andra komponenter som krävs för att utföra monteringsjobbet. Multiclampsen för monteringsjobbet placeras tillsammans i pallkragen oavsett storlek och färgkodning. Hylsorna placeras tillsammans med andra komponenter i pallkragen medan mindre delar som skruvar och brickor placeras i påsar för att hålla isär olika varianter.

Problem med komponenthantering

Ett monteringsjobb kan innehålla ett hundratal multiclamps, vilket kan skapa problem. Från mellanlagret, visat i figur 4.6, plockas exakta antalet komponenter som behövs vid montering. Jobbet kan sedan vara aktivt under flera månader innan de är färdigmonterat. Under den tiden ligger komponenterna i pallkragnar placerade vid monteringsjobbet enligt figur 4.6. Skulle någon komponent saknas, försvinna eller behöva göras om under tiden finns två alternativ: Saknas skruvar, brickor eller liknande standardkomponenter finns ett plocklager i anslutning till monteringen där montörerna kan hämta nya komponenter. Saknas däremot hållare eller andra bearbetade komponenter behöver dessa beställas om och med det uppstår driftstopp för monteringen.

Problematik vid slutmontering

Problematik med komponenter som saknas sker ofta i slutet på monteringsjobb. Information från monteringsansvarig antyder att när man har flera jobb igång

samtidigt som involverar multiclamps så väljer montörer att plocka från andra jobb när det saknas komponenter. Detta görs för att undkomma ledtiden för tillverkning av delen som saknas. Här sker alltså en fördröjd hantering av problemet som ofta avslöjas i slutet på monteringsjobbet och gör att de inte kan avslutas i tid.

Sortering av komponenter

Multiclampen levereras till SK i tre olika stolekar. Förutom ytterdimensioner skiljer sig även skruvstorlek och hylsor mellan storlekarna. Vid placeringen av komponenterna i mellanlagret sorteras skruvar efter storlek. Längdskillnaden mellan storlekar på hylsorna är såpass stor att man lätt kan skilja på dem. Här placeras alla storlekar tillsammans innan de går vidare till sitt tilldelade monteringsjobb. Vid intervju med Monteringsansvarig har det framkommit att det även finns små längdskillnader mellan hylsorna som ska levereras i samma längd. Vid montering spelar längdskillnaden stor roll. Här har man svårt att standardisera arbetet eftersom kvalitetsavvikelsen gör det svårt att veta hur många brickor som behövs till hylsorna på grund av längdskillnaden. Lösningen blir att kompensera korta hylsor med extra brickor vid montering. Standardmonteringen är att en hylsa till fyra brickor enligt figur 4.7 och 1.3. Problem uppstår när montörerna inte vet hur många brickor de behöver använda och med det förlänger monteringstiden.



Figur 4.7: Monterad Multiclamp

Utvecklingsmöjligheter

Det finns alltså flera utvecklingsområden som inte är direktkopplade till konstruktionen av multiclamps. Nedan visas en sammanställning av de punkter som rör

den interna hanteringen på SK. Lösningförslag till områdena kommer presenteras i nästa steg tillsammans med den övergripande designen för multiclampsen.

- Multiclamps kommer färdigmonterade till SK för att som första steg plockas isär för lagerhållning.
- I mellanlagret uppmärksammas inte på längderna på hylsorna skiljer sig vilket förlänger monterings tiden och skapar osäkerhet.
- Lång ledtid för blästring och målning av hållaren leder till driftstopp för monteringsjobb när hållare saknas.
- Färg på hållarna spricker vid hantering av multiclampsen och behöver bättringsmålas.

4.5 Övergripande design

Under U&Es steg för övergripande design fortsätter arbetet med den valda lösningarna från föregående steg. Eftersom SK har valt att inte själva producera multiclampsen, är projektet begränsat till de tillverkningsmöjligheter som potentiella underleverantörer erbjuder.

4.5.1 Val av designlösning

I det tidigare steget valdes lösningförslag 1 och 2 att gå vidare med. Utifrån detta är lösningen för multiclamp uppdelad i två varianter. Det ena är att använda en rostfri konstruktion, illustrerad i figur 4.4c. Rörehållaren kan antingen köpas in i längre sektioner och kapas hos SK, eller direkt köpas in i de önskade antalet rör man vill ha i bredd. Underleverantören är lokaliserad i Storbritannien och tillverkar rörehållare för singelrör i tjocklekar från 25mm och uppåt[20].

Lösningförslag 1 är baserat på en typ av rörehållare som idag används utombords på sjöfarkoster. Detta är alltså en lösning som redan finns internt på SK. Med den informationen kan det antas att det redan finns fungerande internhantering kopplat till komponenterna vilket underlättar implementeringen av komponenterna på större skala.

4.5.2 Gummibussning

De båda lösningsförslagen innebär en förändring av gummibussningen som är placerad direkt mot rören vid montering. Eftersom gummibussningen specialbeställs efter de krav som finns innebär det en större möjlighet till att förändra delen jämfört med grundkonstruktionen som massproduceras mot en bredare marknad.

I figur 4.8a illustreras den nuvarande gummibussningen. Det tjockare partiet i mitten ligger mot insidan av den nuvarande hållaren och motverkar att bussningen rör på sig. Med lösningsförslag 1 finns möjlighet att använda samma gummibussning mot insidan av hållaren. Detta beror dock på om SK implementerar hållaren de använder utombords eller tar in en ny komponent. Förslaget i figur 4.4b har ingen plats för den nuvarande gummibussningen. De illustrerade lösningsförslagen saknar plats för de tjockare partiet på insidan av hållaren. Här har en alternativ gummibussning tagits fram som illustreras i figur 4.8b.



(a) Nuvarande gummibussning



(b) Alternativ gummibussning

Figur 4.8: Jämförelse mellan nuvarande och alternativ gummibussning

Skillnaden mellan den alternativa gummibussningen och den nuvarande är att istället för att sätta delen som motverkar att gummibussningen rör sig på insidan, så är den satt på utsidan istället. Detta gör att hållaren kan ha en slät yta innåt och inte behöver anpassas efter konturerna på gummibussningen.

Utfallet av förändringen beror på om SK:s underleverantör är beredda att byta konstruktion för gummibussningen. Förändringen bygger även på att de tekniska intressenternas krav på gummibussningen fortfarande uppfylls.

4.5.3 Lösningar kopplat till den interna hanteringen

En del i syftet med projektet är att ta fram lösningar som underlättar för tillverkning och montering, både ekonomiskt och tidsmässigt. I föregående steg presenterades utvecklingsmöjligheter som inte är direktkopplade till konstruktionen av multiclamps men vars lösningar kan underlätta för tillverkning och montering.

Idag levereras multiclamps ihopmonterade till för att som första steg monteras isär och sorteras på mellanlager. Vid kontakt med inköpsavdelningen så uppkom det att det inte finns en konkret funktion till varför delarna kommer ihopmonterade. Här finns alltså inget direkt hinder för att förändra strukturen man använder idag. Ett alternativ till dagens hantering är att få multiclamps levererade isärplockade. Eftersom en modern u-båt har över 10 000 unika rör [10], och en stor mängd av rören hålls upp med multiclamps, rör det sig om omfattande tid som kan sparas både hos underleverantören som monterar ihop komponenterna och hos SK som plockar isär dem.

Förslaget om leverans av isärplockade multiclamps skulle innebära ökad möjlighet till kvalitetskontroll av hylsor. Att kontrollera längd mot underleverantör skulle plocka bort osäkerheten om antalet brickor som behövs vid montering. Detta är något som behöver stärkas hos SK och deras avtal till berörd underleverantör. I dagsläget finns ingen förmedlad information om hur avtalet ser ut med berörd underleverantör kopplat till toleranskrav på hylsorna. Dock påverkar längdskillnaden produktionen och säkrare toleranser skulle minska osäkerheten vid montering. Informationsutbyte med produktion gällande komponenter skulle här leda till större förståelse och bättre lösningar för berörda komponenter.

En viktig del kopplat till logistikhanteringen är att hitta rätt komponenter vid montering. Den nuvarande lösningen, där pallkragar med komponenterna som tillhör det aktuella monteringsjobbet placeras vid arbetsplatsen, har utvecklingspotential. Idag placeras standardkomponenter som skruv och brickor i påsar medan övriga komponenter placeras i pallkragen. Vid ett stort monteringsjobb med många komponenter kan detta skapa problem, till exempel att hitta rätt storlek och färg på hållare för multiclamps eller olika längder på hylsor. Lösningen behöver resultera i att transporter av pallkragen kan ske på samma sätt som i dag. En del av lösningen kan vara att i större utsträckning sortera multiclamps efter storlek och färg.

Problem med att komponenter till multiclamps saknas vid monteringsjobb grundar sig i hur omständligt det är att få ut nya komponenter. Eftersom pallkragarna med komponenter står fritt i monteringsområdet, är det enligt monteringsansvarig vanligt att montörer plockar komponenter från pallkragar som tillhör andra monteringsjobb för att undvika fördröjning av arbetet. Saknas en hållare, behöver en ny bearbetas i samma storlek och färg för att ersätta denna. Ett sätt att motver-

ka att hållare felaktigt plockas från pallkragarna är att begränsa åtkomsten till komponenterna. En annan lösning är att öka tillgången på hållare.

Idag har man ett plocklager för vissa standardkomponenter som skruvar och brickor, visat till höger i figur 4.6. Montörerna skriver upp vilket jobb komponenterna används till och man har gemensamt ansvar att rapportera när lagret behöver fyllas på. Att implementera hållare i plocklagret skulle öka tillgängligheten och minska väntetider för monteringsjobb när nya hållare behöver bearbetas. Vid bearbetning är det torktid som står för majoriteten av leddtiden vilket innebär att tidsåtgången att bygga upp plocklagret med färdigmålade hållare inte påverkar övriga produktionen i stort.

I SKs produktion har man enligt de tekniska beredarna problem med färgsläpp på olika komponenter. Komponenter som är tillverkade i svartstål målas för att undvika rost och hålla en enhetlig design i u-båten. För multiclamps är detta problemet extra utbrett eftersom hållarna både skaver mot varandra i pallkrage samt att de kan skivas på och av flera gånger vid montering. För att motverka färgsläpp vid montering så använder man brickor som ligger emellan skruv och den målade hållaren. Trots detta har man på SK en heltidstjänst i att enbart gå och bättringsmåla olika komponenter där de har blivit färgsläpp efter de är färdigmonterade. En del i konstruktionsändringen för multiclamps är att byta ut materialet på hållaren från svartstål till rostfritt för att undkomma målningsmomentet. Om materialet byts till rostfritt har man med det löst problemet med färgsläpp på multiclamps. Vid kontakt med avdelningen för produktionsteknik framkom det dock att färgen även fyller syftet att inte blanda personalen på u-båten när den är i drift.

4.6 Detaljerad design

4.6.1 Konstruktion för multiclamps

Eftersom det finns två förslag att gå vidare med, och den slutgiltiga lösningen bygger på ett internt godkännande av konstruktion lämnas utvecklingsprocessen för konstruktionen av multiclampsen här. De två förslagen kan jämföras på flera punkter och utifrån de punkterna tillsammans med internt utlåtande kopplat till kravprofilen får sedan SK ta ett beslut kopplat till vilket förslag man går vidare med. Några punkter av vikt presenteras i tabell 4.6.

Tabell 4.6: Jämförelse mellan Lösningsförslag 1 och 2

Punkter för jämförelse:	Lösningsförslag 1	Lösningsförslag 2
Kostnad jämfört med originallösning:	40 %	126 %
Geografisk position för underleverantör:	Sverige	Storbritannien
Material på hållare:	Gummi	Rostfritt stål
Storleksalternativ:	Samma utbud som nuvarande	från 25mm och uppåt
Antal komponenter för singelanordning	9	7

4.6.2 Intern hantering

Förbättringsförslagen för den interna hanteringen kan sammanfattas i fyra kategorier kopplat till både logistik och materialval.

Förbättrad sortering och hantering

För att underlätta för monteringsarbetet och förbättra den interna logistiken, föreslås att komponenter som hylsor, skruvar och hållare sorteras och märks tydligare. Detta kan uppnås genom att implementera möjlighet till fler lagerplatser för att i större utsträckning kunna separera komponenter. Det kan även underlättas genom förbättrad dokumentation och informationsbyte mellan konstruktion, logistikhantering och produktion. Informationsutbyte kopplat till komponenter säkerställer att inblandade parter är medvetna om vad som är problematiskt och hur problematik kan undvikas.

Leverans av isärplockade komponenter

Genom att leverera multiclamps isärplockade kan man spara tid och minska ledtid. Detta innebär att komponenter placeras direkt i mellanlager utan att först behöva plockas isär av godsmottagningen vilket sparar tid och pengar i två led.

Implementering av hållare i plocklager

Att inkludera hållare i plocklager skulle öka tillgängligheten och minska väntetider vid monteringsjobb. Detta kan uppnås genom:

- **Att etablera plocklager för hållare** som liknar det befintliga lagret för skruvar, brickor och andra standardkomponenter.

-
- **Att säkerställa påfyllnad av lagret** likt de nuvarande systemet som finns för standardkomponenter. Eftersom hållarna behöver bearbetas innan de kan placeras i lagret behöver en process för hur detta ska gå till rent konkret tas fram.

Materialval

Genom att byta ut materialet för hållarna från svartstål till rostfritt stål eller gummi, kan man eliminera problemet med färgsläpp och minska behoven av bättringsmålning. Detta kräver dock noggrann övervägning av de optiska egenskaperna för att säkerställa att personer inte bländas under drift av u-båten.

4.7 Test och förfining av slutprodukt

Utifrån de framtagna underlaget lämnas konstruktionsförslaget över till SK för vidare utveckling. Detta görs framförallt utifrån kravbilden mot FMV som kräver djupare analyser. För den interna hanteringen av multiclamps presenteras förslagen från resultatet för SK. Här blir nästa steg att internt se över förslagen och pilottesta dem i produktionen i linje med U&Es metodik.

4.8 Trendspaning

Vid intervju med personer från de olika avdelningarna framkom det en rad utvecklingsmöjligheter i enlighet med de tidiga stegen i U&Es metodik för produktutveckling. Avgränsningarna för projektet, att gå vidare med en till två punkter för djupare undersökning samt genomföra en trendspaning lämnar utrymme för utvecklingsmöjligheter som SK själva kan välja att gå vidare med efter avslutat examensarbete. Nedan presenteras en rad områden med lösningsförslag baserat på observationer och kontakt med berörd personal.

4.8.1 Byggrör

Vid de inledande intervjuerna uppdagades att man i produktionen upplever problematik gällande byggrör. Med byggrör menas att istället för att använda en standardböj till ett rör så behövs en specifik vinkel. Detta leder till att böjen måste byggas ihop genom att många små delar svetsas ihop istället för att använda en stor del, jämförelsen illustreras i figur 4.9. Produktionen upplever att det i alldeles för stor utsträckning används byggrör för böjar där det med annan konstruktion istället kan användas standardböjar. Detta appliceras främst för större rör. Med större tydlighet i rör-KPA kan konstruktörernas användande av byggrör minskas och istället öka användandet av standardböjar. Ett förslag som ligger i linje med

att minska byggkör är även att involvera rörkompetensgruppen kopplat till byggkör. Behöver de godkänna byggkör för större rör skulle det leda till att standardrör används i större utsträckning.



Figur 4.9: Rörkoppling

4.8.2 Rörkompetensgruppen

En annan del att se över är rörkompetensgruppens arbete. Idag samlas de en gång i veckan och ser över inkomna ärenden för att gå igenom om de kan släppa igenom avvikelser eller inte. Avvikelserna kan komma in både från konstruktion men även vid beredarnas arbete. Oavsett vart i processen avvikelser uppstår så måste man invänta bedömning från rörkompetensgruppen. Här upplevs lång väntan som i vissa fall påverkar andra delar av produktionen kopplat till delen som behöver ses över. Här bör man se över ifall man i vissa fall kan skynda på utlåtandet från rörkompetensgruppen. Behöver hela gruppen vara med vid bedömningen eller kan enklare fall utvärderas direkt av delar från gruppen? Kan man då lägga en tydlig gräns för vad delar av gruppen kan godkänna och vad hela gruppen behöver enas om? Detta är frågor som SK behöver ta ställning till om de väljer att gå vidare med problemområdet.

4.8.3 Slangklämma

Vid kontakt med monteringsansvarig uppdagades det att de slangklämmor som idag används är svåra att montera på 8-16mm rör. Här bör en alternativ lösning ses över som sitter bättre på rören och är enklare att montera. Dagens skylthållare visas i figur 4.10a och monteras genom att skruva åt slangklämman som syns i figuren. I figuren sitter skylthållaren på ett 12mm rör och man kan tydligt se glappet mellan skylthållare och rör som gör att konstruktionen inte sitter lika stabilt som den kan göra på större rör. Rörets storlek i förhållande till slangklämman gör det svårt att komma åt vilket leder till längre monteringstider än för större rör. En alternativ lösning är att vid mindre rör använda sig av samma typ av skylthållare som används till slangar och kablar, illustrerad i figur 4.10. Enligt monteringsansvarig bör dessa gå snabbare att montera eftersom tillvägagångssät-

tet vid montering är mer likt rören mellan 8-16mm.



(a) Nuvarande skylthållare



(b) Lösningförslag för skylthållare

Figur 4.10: Skylthållare

Diskussion

Syftet med projektet är att analysera SK:s befintliga produktframtagning kopplat till rörsystems-KPA och utifrån dem ta fram förbättringsförslag. Utifrån syftet finns tre frågeställningar som projektet följer, där diskussionen kommer följa dessa frågeställningar och koppla processen och resultatet till hur väl de följer frågeställningarna.

5.1 Produktframtagning och utvecklingsområden

Innan resultatet från arbetet presenteras kommer först metodik och underlaget till resultatet diskuteras. SK:s produktframtagning innefattar både produktutveckling, konstruktion, beredning och produktion. Kopplingen mellan avdelningarna finns beskriven både i bakgrund och resultat. Processen att ta fram en produkt är komplex, speciellt för en stor organisation. En stor del i projektet har varit att ta fram förbättringsmöjligheter kopplat till hur de berörda avdelningarna arbetar med varandra. Utvecklingsmöjligheterna är kopplad till SK:s produktframtagningsprocess och speglar de upplevda utvecklingsmöjligheterna som uppstår under processen.

5.1.1 Intervjuunderlag

En viktig del i bakgrundsinformation till den nulägesanalys som har tagits fram är intervjuunderlaget. Det har genomförts intervjuer med alla berörda avdelningar kopplat till processen. När intervjuer används som underlag kommer resultatet från dem påverka slutresultatet. Det finns risk att den intervjuade personens subjektiva åsikter lyser igenom underlaget och med det påverkar slutresultatet. Vad det resulterar i är att underlaget inte speglar verkligheten utan den intervjuade personens uppfattning. Här kan alltså underlag som egentligen inte har stor påverkan på organisationen och processen presenteras på ett sätt så de uppfattas som mer omfattande än vad det är.

För att motverka ett vinklat underlag har intervjuer hållits i ett bredare segment där liknande frågor har ställts. Eftersom viss information från intervjuerna kan betraktas som hemligstämplad och intervjuerna till stor del har använts tidigt under processen i samband med att få en bredare förståelse har de inte bifogats i rapporten. Istället bifogas en generell sammanfattning från intervjuerna i tabell 4.1 samt att relevant fakta har beskrivits kopplat till vissa områden under resultatet.

För att få bättre relevans och styrka underlaget hade mer omfattande fältstudier kunnat göras för att få en egen uppfattning om utvecklingsmöjligheterna kopplat till produktion och konstruktion. Här hade delar som ofta missas av personal som efter en tid på samma arbetsplats blir "hemmablind" kunnat uppmärksammas och tagits med som underlag i arbetet.

En annan viktig aspekt kopplat till intervjuunderlaget är representationen mellan de olika avdelningarna. I tabell 4.1 som presenterar resultatet från tabellerna framkommer det att de olika avdelningarna har olik uppfattning om vad som kan utvecklas rörande rör-KPA. Ur tabellen kan man till exempel läsa av att det man upplever från konstruktionssidan i stor utsträckning kopplas till hållfasthet och konstruktionsproblem medan resultat från monteringsansvarig istället fokuserar på utvecklingsmöjligheter kopplat till montering och intern hantering. Antagligen till detta är antagligen att den berörda avdelningen får till sig information om avvikelse och förbättringsåtgärder kopplat till sin avdelning och inte på en bredare front.

Utvecklingsmöjligheterna från produktionssidan är mer kopplade till hur konstruktionerna påverkar produktion och direkta problem man upplever i produktion kopplat till rörtillverkning och montering. En sammanställning av vilket problemområde som kan kopplas till vilken kategori illustreras i tabell 5.1. Uppdelningen mellan avdelning och berört område är en naturlig del i vilka utvecklingsmöjligheter man ser, de man upplever i sin närhet är också det som framförs. Vad som kan bli problematiskt är i nästa steg när valet av utvecklingsmöjligheter görs.

Tabell 5.1: Kategorisering av problemområden i relation till avdelningar

K							T		M				PT				Category
1	2	3	4	5	6	7	1	2	1	2	3	4	1	2	3	4	Område
																	Hållfasthet
																	Konstruktion
																	Montering
																	Tillverkning
																	Intern hantering
																	Kommunikation

Ur tabell 5.1 kan man jämföra frekvensen i vilka kategorier som framförs under intervjuerna. Till exempel redovisas att montering är det som förmedlas mest frekvent, vilket skulle kunna vara en aspekt att ta hänsyn till när projektet går vidare med det valda utvecklingsområdet. Det kan också innebära att problem kopplat till montering är ett frekvent område att diskutera inom organisationen. Även om frekvensen kategorin förmedlas är en viktig aspekt för fortsatt arbete så speglar det inte rakt av hur stor omfattning problemen påverkar.

Ett annat sätt att få en bättre bild av de verkliga problemområdena skulle vara mer omfattande fältstudier kopplat till varje avdelnings arbete. Detta skulle medföra en helhetsbild, både för hur avdelningarna arbetat och vilka som är de verkliga störande faktorerna. Utöver fältstudier kan även de interna systemet för avvikelser & förbättringar, illustrerat i figur 4.1, användas. Att använda sig av systemet skulle kunna resultera i att mäta med vilken frekvens specifika problem uppstår samt hur stor påverkan de har. Problemet är att den typen av information inte kan tas fram på ett smidigt sätt från systemet. Systemet kan användas för att få fram specifik information kopplat till ett valt jobb, inte övergripande statistisk information. Med den informationen så har den mest effektiva och säkraste källan till problemområden varit intervjuunderlaget och för att utveckla bakgrunden mer skulle mer omfattande fältstudier behöva utföras.

5.1.2 Avvikelsehantering

SK:s layout för avvikelsehantering och förbättringsåtgärder sker i två steg enligt figur 4.1. Denna layout innebär att avvikelser och problem som kommer från produktion skickas till beredning som sedan skickar vidare egna avvikelser och förbättringsåtgärder till konstruktionssidan. Med detta sker ingen direktkontakt mellan konstruktion och produktion utan avvikelser och förbättringsåtgärder kan filtreras via beredning. Denna layout bygger alltså på att beredning skickar vidare det man uppfattar som relevant för konstruktion från produktion. Vad det kan leda till är att vissa delar av informationen kan filtreras bort i tron att de inte är relevanta när de i själva verket är av vikt för en förenklad process från konstruktionssidan. Att ha med produktion tidigt i processen för produktframtagande har visat på att minska både tid och kostnad för design [3]. Implementering av en direktkanal mellan konstruktionssidan och produktion faller alltså i linje med ekonomisk vinning och tidseffektivisering på en högre nivå än den specifika komponenten.

5.1.3 Beslutsfattande

Under projektets gång har det funnits flera beslut som har avgjort riktningen för det fortsatta arbetet. Det första beslutet som tagits är vilket lösningsförslag som valts att gå vidare med vid "Utvärdering av lösningsförslag". Här har utvärderingen baserats på resultatet från PICK-diagram. Metodiken i sig är ett bra underlag för beslutsfattande, men underlaget till placeringen av lösningsförslagen i diagrammet har vissa osäkerheter. De två axlarna som avgör kategoriseringen, "Ansträngning" och "Påverkan" baseras på de förväntade resultatet från projektet.

Eftersom förslagen har en omfattande skillnad mellan sin utformning är det här svårt att jämföra dem mot varandra. Nivån av ansträngning har inte några färdiga konkreta mätvärden som avgör vilken av kategorierna förslaget ska placeras i. Här behöver alltså en bedömning göras av det möjliga utfallet för projektet. Med otillräcklig bakgrundsinformation betyder detta att placeringen, och med det lösningsförslaget, kan baseras på otillräcklig fakta. I användningen av PICK-diagrammet har ansträngningen baserats på de berörda avdelningarnas förväntade ansträngning tillsammans med inköp som kan behöva göras och förväntad tidsåtgång att införa förändringen. Eftersom alla dessa värden är förväntade eller uppskattade finns en risk med att ha dessa som underlag. Utöver detta har även berörda personer konsulterats på SK för att förankra vad de olika lösningsförslagen kan leda till. Med mer efterforskning internt på SK kan man alltså få en bättre bild av vilket av de olika lösningsförslagen som hade fått störst påverkan och krävt minst ansträngning, men eftersom projektet även fokuserar på själva lösningarna bedömdes underlaget tillsammans med konsultation med handledare som tillräckligt att gå vidare på.

5.2 Lösningsförslag

5.2.1 Produktionslayout kopplat till metodik

SK:s slutprodukt är en lågvolymsprodukt som specialanpassas efter en specifik kunds kravbild. Komponenterna som krävs för slutprodukten tillverkas till stor del i serietillverkning som följer en processororienterad layout. Utvecklingsarbetet följer U&Es metodik för produktutveckling som till stor del är anpassad efter masstillverkning mot en bred målgrupp. Här finns alltså en risk med att fullt ut följa U&Es metodik när produktionen inte följer samma kvantiteter och layout som metodiken är tänkt för. De stora skillnaderna handlar främst om informationsinsamling kopplat till bakgrunden till de valda behoven. I projektet tas denna information från de olika avdelningarna, kravbilden som redan finns samt metodiken för DFMA medan informationen enligt U&E bör tas med fokus från potentiella kunder, alltså mer extern källa.

5.2.2 Produktutveckling

Under projektets gång har det framkommit att SK själva inte vill tillverka multiclamps. Detta innebär att produktutvecklingen är begränsad till vad en eventuell underleverantör kan tillverka. Här finns möjlighet för vidare produktutveckling som sedan lämnas över till en extern tillverkare. Det har dock framkommit att de nuvarande underleverantörerna för multiclamps inte ställer sig positiv till att förändra designen. Med det begränsas den fortsatta produktutvecklingen till vad som finns tillgängligt på marknaden. Hade denna vetskap funnits redan i början av projektet hade det kunnat resultera i att en annan metodik än U&Es sex steg för produktutveckling används. Metodiken är huvudsakligen anpassad för produktutveckling med större frihet än de projektet omfattas av.

U&E beskriver att planeringsfasen ska ta fram affärsmål och marknadssegment vilket kan kännas speciellt riktat till produktframtraging av produkter mot slutkund. Vid B2B är uppfattningen att det finns andra delar som är av större vikt tidigt i projektet. Eftersom det är B2B som SK bedriver finns andra delar som är mer relevanta tidigt i projektet, som kundkrav och produktionstillgångar. Eftersom projektet tidigt under projektet inte har riktat sig mot en viss produkttyp eller utvecklingsområde är det även här svårt att veta om U&E är rätt metodik att välja. Skulle projektet istället ha gått mot ett utvecklingsarbete kopplat till organisationsuppbyggnad eller förändring av riktvärden så hade metodiken behövt justeras med andra parametrar. Med det sagt är U&Es metodik ett bra underlag att utgå ifrån eftersom metodiken bygger på strukturera och dokumentera under projektets gång.

En del i lösningsförslaget har involverat att se över den interna hanteringen av multiclamps på SK. Denna del av projektet har följt samma metodik som produktutvecklings delen trots att det inte är kopplat till produktutveckling. I och med att metodiken inte är anpassad till denna typ av utvecklingsarbete så krävs viss anpassning. Den interna hanteringen har följt samma layout från att projektet delats upp i två delar vid Konzeptutvecklingen. Här hade man, för den interna hanteringen kunnat byta till en metodik mer kopplad till logistikutveckling. För att hålla ihop projektet och trycka på att delarna är kopplade till samma ämne valdes dock att fortsätta enligt U&Es metodik.

5.2.3 Konzeptutveckling

Konzeptutvecklingen är en stor del av metoden för projektet. Här genomförs både behov, mätbara värden och val av lösningsförslag att gå vidare med. Behoven är baserade på kraven som ställs på SK från FMV tillsammans med metodiken för DFMA för att underlätta för produktion. I SK:s fall handlar det framförallt om att underlätta för montering eftersom den största delen av tillverkning sker hos

deras underleverantör. Behoven kopplas sedan till mätbara värden som avgör vilket lösningsförslag som bör gå vidare med. Här kan man diskutera både viktningen och vilka värden som finns representerade. Viktningen är gjord utifrån hur väsentlig funktionen är och hur mycket det förväntas påverka produktionen. I jämförelsen mellan de olika förslagen har det även varit svårt att avgöra resultatet eftersom inga faktiska tester har gjorts för att få fram de faktiska värdena. Återigen baseras resultatet på en förväntad påverkan som är svår att bedöma i förväg. Här finns alltså utrymme för att bedömningen som gjorts kopplat till viktningen är felaktig och med det ger ett riktat resultat.

Man kan även diskutera mängden mätbara värden inom olika kategorier. Det finns 20 mätbara värden som är kopplade till produktion men endast 5 som är kopplade till kraven från FMV. Visserligen är värdena kopplade till kraven viktade högre men slår man ut dem mot varandra så kan en konstruktion som är sämre kopplat till krav från FMV fortfarande presenteras som de bästa förslaget om de har en bättre konstruktion kopplat till produktionen. Här skulle eventuellt en specifik bedömning utifrån kraven behöva göras för att säkerställa att de bästa förslaget tas fram.

Tabell 4.5 visar att lösningsförslag 2 är de bättre förslaget att gå vidare med utifrån de mätbara värdena som har jämförts. Förslaget presterar bäst både i antal men även när viktningen tas med. Däremot skiljer det inte jätte mycket mellan förslag 1 och 2. Här skulle alltså en subjektiv bedömning kunna spela in i valet mellan de två olika modellerna. I projektet har valtet gjorts att gå vidare med både förslag 1 och två för fortsatt jämförelse.

5.2.4 Ekonomi kopplat till konstruktion

Jämförelsen mellan de olika förslagen kopplat till inköp av komponenterna visar att förslag 1 innebär en prisbild på 40% av den nuvarande kostnaden medan förslag 2 och 3 visar på en ökad kostnad jämfört med originalet. Utifrån siffrorna kan det tyckas självklart att gå vidare med förslag 1 eftersom en del i syftet är att uppnå ekonomisk vinning. Här är det dock viktigt att poängtera att siffrorna är baserade på underleverantörers tillgängliga priser för komponenterna. Den interna informationen om komponenters kostnader får inte delas i rapporten och för att få en bild används istället produkter från marknaden. Dessa priser är alltså inte garanterade att stämma överens med den interna informationen på SK. Alltså kan inte resultatet användas som fakta men det kan användas som en indikator på skillnaden mellan förslagen. Denna tillsammans med det övriga underlaget kombineras för att få en bild av vilket lösningsförslag som bör gå vidare med.

5.2.5 Effektivisering av logistik och montering

För att identifiera problemområden kopplat till den interna hanteringen av multiclamps har först en kartläggning av logistikflödet för multiclampen gjorts. Denna är baserad på information från personal som har kopplingar till logistikflödet. Dock har ingen person som är ansvarig eller arbetar direkt med flödet intervjuats. Detta kan alltså innebära att bilden av hur logistikflödet ser ut inte stämmer överens med det verkliga logistikflödet. Det kan också innebära att det internt inte finns en fullständig flödeskarta för multiclamps. Om så är fallet, att det saknas en tydlig flödeskarta för multiclamps så skulle klargörandet av flödet internt leda till större förståelse för processen och med det bättre möjlighet till att underlätta den för inblandade parter.

Utifrån flödet har det kommit fram att multiclampen levereras ihopmonterade för att sedan som första steg monteras isär. Vid kontakt med inköpsavdelningen framkom att det inte finns någon anledning till varför den processen ser ut som den gör. Med det så är ett naturligt förslag att förändra leveransen av multiclamps till att levereras isärplockade. Här är dock värt att notera att det kan finnas en bakomliggande anledning till varför de levereras ihopplockade och väljer man att gå vidare med förslaget bör detta ses över. Finns inget hinder för att ändra om leveransen av multiclamps så är detta ett bra tillfälle att i så fall förhandla om avtalet med berörda underleverantör rent kostnadsmässigt i och med att båda parter minskar sin arbetsbelastning.

5.3 Slutgiltiga lösningen

I det slutliga steget för projektet presenteras två lösningsförslag för alternativ konstruktion av multiclamps som de är utformade idag. En stor anledning till att det var multiclamps som utvecklas är att det i intervjuunderlaget framkom att flera avdelningar såg utvecklingsmöjligheter kopplat till dem. De bakomliggande faktorerna kopplat till multiclamps rörde i första hand den interna hanteringen men även den designmässiga utformningen kopplat till montering. Av dessa anledningar har projektet gått vidare med både konstruktion och intern hantering. För den slutgiltiga lösningen presenteras resultatet av förändringsförslagen rörande multiclamps, detta involverar både konstruktion och intern hantering.

5.3.1 Intern hantering

För den interna hanteringen har förslagen baserats på de multiclamps som används idag. Oavsett om en ny konstruktion för multiclamp implementeras eller ej så kommer förslagen för den interna hanteringen kunna implementeras.

Förbättrad sortering och hantering

Det första förslaget är kopplad till den interna hanteringen, framförallt från mellanlager till slutmontering. Idag placeras alla komponenter tillsammans från mellanlager till slutmontering och det nya förslaget är att i större utsträckning dela upp komponenterna efter serienummer. En uppdelning innebär att det är lättare för montörerna att hitta de komponenter som behövs för olika delar av monteringsjobbet och med det kortar ner monteringsstakten. Bättre uppdelning av komponenterna gör också att man tidigare under monteringsjobbet kan upptäcka ifall komponenter saknas och i förväg beställa nya för att undvika driftstopp. Det finns dock nackdelar med förslaget. En nackdel är att mer uppdelning kommer kräva en större yta för förvaring vid monteringsjobbet. Baserat på hur det ser ut idag är detta inget stort problem men det är värt att notera.

Leverans av isärplockade komponenter

Att få multiclampen levererade isärplockade efter serienummer istället för ihopmonterade skulle spara tid både hos underleverantören samt hos SK. Från Inköpsavdelningen har det framkommit att det inte finns något underlag för varför man idag får komponenterna ihopmonterade. Innan implementering av förändringen är det dock viktigt att undersöka detta vidare internt ifall det finns en funktion med att få dem ihopmonterade. Att inte motera ihop dem innan sparar både tid hos SK samt hos underleverantören. Detta leder till kortare ledtid på båda parter och med det tidseffektivisering. Det är dock viktigt att notera att monteringsmomentet idag kan användas som kvalitetskontroll innan komponenterna skickas vidare till SK. Här behöver man se över hantering så man plockar upp kvalitetsavvikelser tidigt i processen.

Implementering av hållare i plocklager

Att implementera hållare i plocklager skulle innebära att man vid monteringsjobb undviker driftstopp till följd av att hållare saknas. Lösningförslaget bygger på att färdigbearbetade hållare finns tillgängliga i plocklager. Detta är självklart något som underlättas ifall bearbetningen med blästring och målning kan undvikas. Om hållarna inte är målade minskar antalet varianter som skulle behövas i plocklagret drastiskt. Förslaget bygger även på att det finns yta för plocklagret i nära anslutning till monteringsytan. Skulle förslaget implementeras med goda resultat kan det även vara en idé att de över vidare utvidgning av plocklager till andra komponenter som orsakar driftstopp vid montering.

Det som skulle tala för att inte implementera förslaget skulle dels vara mängden olika varianter som behöver finnas tillgängliga. Om hållarna fortsätter vara målade innebär det att samtliga storlekar skulle behöva finnas tillgängliga i färger för de olika utrymmena på u-båten. Här behöver alltså en övervägning göras utifrån vilken omfattning plocklagret ska ha. En annan aspekt att tillägga är kapitalbindningen som uppstår i och med de extra komponenterna i lager. Med tanke på företagets omsättning är dock kapitalbindningen för plocklager av hållare inget som kommer påverka organisationen nämnvärt i förhållande till de driftstopp man undviker med förslaget.

Materialval

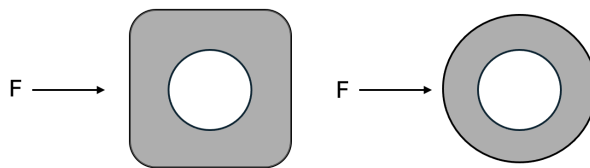
Att byta material för hållarna skulle spara ledtid för blästring och målning av multiclamps. Det skulle även innebära mindre variation och en högre standardisering av komponenter samtidigt som man tidseffektiviserar processen. Den minskade bearbetningen skulle även leda till en ekonomisk vinning för SK i och med att man inte behöver de resurser som krävs för blästring och målning. Det som talar emot förslaget är kravbilden från FMV som både ifrågasätter brandsäkerheten för lösningsförslaget med gummihållare och huruvida besättningen blir bländad av hållare som inte är färgtäckta. Förslaget att byta materialet kvarstår men här behöver man se över hur förslagen påverkar kravbilden.

Om materialet byts och hållarna inte målas skulle det innebära en minskad variation som behövs i ett potentiellt plocklager. Plockas dock målningmomentet bort så innebär det minskad ledtid för bearbetning och tar bort en stor del av driftstoppet som uppstår när hållare saknas vid montering. Här beror alltså förslaget med mellanlager på om målningmomentet kvarstår eller ej.

5.3.2 Konstruktion

I den färdiga lösningen lämnas en jämförelse mellan lösningsförslag 1 och två över till SK. Går man tillvaka till tabellen för jämförelsen mellan de olika lösningarna tabell 4.5, kan man se vilka punkter de olika förslagen skiljs åt. Lösningsförslag 2 har färre antal småkomponenter jämfört med lösningsförslag 1. Enligt metodiken för DFMA innebär färre komponenter kortare monterings tid. Däremot gör konstruktionen för lösningsförslag 2 att det är svårare att komma åt vid montering eftersom skruven sitter på en nedsänkning jämfört med originalet och lösningsförslag 1. Lösningsförslag 2 är en mindre konstruktion rent areamässigt vilket kan hjälpa vid trånga utrymmen ombord på u-båten.

En viktig aspekt att ta hänsyn till vid valet av lösningsförslag är kravprofilen från FMV. Det som skiljer förslagen mot varandra här är att lösningsförslag 1 har bättre hållfasthet än förslag 2. Detta beror framförallt på konstruktionen där kraft som kommer från sidan mot multiclampen har mer yta att fördelas på i förslag 1, illustrerat i figur 5.1. Detta är en viktig aspekt att ta hänsyn till, dock har det framkommit att konstruktörer uppfattar konstruktionen för de nuvarande multiclampen som något överdriven när det kommer till hållfastheten. Detta kan innebära att konstruktionen för lösningsförslag 2 är inom ramen för kravprofilen, detta är dock något man bör se över innan man går vidare med förslaget.



Figur 5.1: Kraftfördelning mot multiclamp

Kopplat till kraven från FMV är brandsäkerhet en viktig aspekt. Här skiljer sig förslagen åt då förslag 1 använder gummi som material till hållaren medan förslag 2 har rostfritt stål. Med det klarar förslag 2 att stå emot brand och värme bättre än förslag 1. Här måste alltså materialvalet för förslag 1 kontrolleras mot FMVs kravprofil.

Från kostnadsjämförelsen framkom att förslag 1 är betydligt billigare än förslag 2. Detta bygger på fakta från en underleverantör och siffrorna för förslag 2 är baserade på en underleverantör som finns i Storbritannien. Kan man istället här undersöka att hitta en lokal underleverantör som tillverkar samma komponent skulle det kunna innebära lägre kostnader och innebära att de andra för och nackdelarna spelar en större roll.

Med dessa skillnader finns det både saker som väger för och emot båda lösningsförslagen. Den stora fördelen som talar för att byta ut multiclampen som används idag är att man med det kommer undan det extra arbete som krävs internt på SK med blästring och målning av hållaren. Det finns dock många punkter som bygger på varandra och som behöver hanteras internt på SK. Med det kommer förslagen och diskussionen läggas fram till SK där de får ta vidare beslut om vilket lösningsförslag som passar kravprofil och deras behov bäst.

5.3.3 Resultat kopplat till ekonomisk vinning och tidseffektivisering

Den totala ekonomiska vinningen bygger på vinning under hela processen för komponenten. Här har man möjlighet att göra ekonomisk vinning på att köpa in billigare komponenter, men om dessa komponenter sedan har större kvalitetsavvikelser eller förlänger monterings tiden så kan det i slutändan bli ett dyrare alternativ. Den totala processen inkluderar alltså både komponentkostnader men även kostnader av utrustning, materialval, hållbarhet i produktionsoperationer, personal och organisation, underhåll av utrustning och graden av automatisering [1]. Här vägs alltså alla delar i projektet in i det slutliga resultatet.

De förändringar som görs kopplat till den interna hanteringen hjälper alla till att öka tidseffektiviseringen och med det öka den ekonomiska vinningen. Detta påstående är dock baserat på förväntad förbättring eftersom processtider och flöden inte finns dokumenterade på en detaljnivå som hade behövts för att utvärdera det exakta resultatet.

5.3.4 Avgränsningar

Avgränsningarna för projektet innebär att viss information som hade kunnat ligga som underlag för projektet inte får delas. Vissa delar kan komma att spela in, som till exempel hur logistiken för multiclamps läggs upp kopplat till placering på SK i Karlskrona och de ekonomiska aspekterna rörande multiclamps. Här hade man alltså kunnat gå djupare in i detalj men eftersom denna del inte är huvuddelen för projektet så kan man argumentera för att underlaget är tillräckligt utifrån resultatet för projektet.

Att fokusera på en till två områden kopplat till rör-KPA gav en bredare bas än förväntat vid projektets början. Med facit i hand hade projektet kunnat begränsas ytterligare till att gå djupare in på den interna hanteringen alternativt konstruktionen. Den kombinerade undersökningen begränsade arbetet mellan de olika områdena i tid och resurser.

5.4 Kommunikation

Under projektets gång har det blivit tydligt att ett tätare samarbete mellan olika avdelningar underlättar både för konstruktion men framförallt för produktion. Inledningsvis nämns att tidigare involvering av produktion kan resultera i stora besparingar längst hela kedjan. Detta är även något som har uppmärksammats under projektets gång där det funnits utvecklingsmöjligheter kring ett flertal områden men osäkerhet om hur man ska gå tillväga för att förverkliga dem. Här kan

SK se över sin interna hantering för utvecklingsmöjligheter för att optimera hela sin process.

Slutsats

Genom att analysera och förbättra det befintliga rör-KPAna, har projektet identifierat flera områden där framtagna lösningsförslag kan förbättra SK: produktutvecklings- och produktionsprocess. Projektet bekräftar att standardisering och förbättrad kommunikation mellan avdelningar kan leda till betydande tidseffektiviseringar och ekonomiska vinster.

Rekommendationer

För att dra full nytta av de identifierade förbättringsmöjligheterna rekommenderas följande åtgärder:

- Material- och Produktionsförändringar: Rekommenderas att byta ut svartstål mot rostfritt stål för multiclamps. Detta eliminerar behovet av målning och löser problem med färgsläpp, vilket minskar behovet av bättringsmålning och förbättrar den totala hållbarheten.
- Tillsammans med FMV fortsätta att internt utvärdera förändrad konstruktion av multiclamp med de lösningsförslag som tagits fram i projektet.
- Förändring i Leverans och Hantering av Multiclamps: Det föreslås att SK, i samarbete med sina underleverantörer, ser över hanteringen av multiclamps så att de levereras separat i komponenter sorterade efter serienummer, istället för färdigmonterade. Detta skulle underlätta lagerhållning och eliminera behovet av tidskrävande isärplockning.
- Effektiviserad Lagerhantering: Förbättra logistiklösningen genom att införa bättre sortering och märkning av komponenter i pallkragar. Detta kommer att minska montörernas söktid efter rätt komponenter och minimera risken för felaktig plock av komponenter.
- Införande av Plocklager för hållare: Utöka plocklagret till att inkludera hållare, vilket ökar deras tillgänglighet och minskar väntetiderna när nya hållare behöver tillverkas och bearbetas.

-
- Utföra kontinuerliga utvärderingar och förbättring: Genom regelbunden uppföljning och utvärdering av de implementerade förbättringarna kan SK säkerställa att de uppnår de önskade resultaten och identifiera ytterligare förbättringsmöjligheter.
 - Fortsatt förbättra kommunikationen mellan avdelningar: Genom regelbundna möten och gemensamt utvecklingsarbete kan missförstånd, produktionskostnader och förseningar minimeras.

Förbättrade Standarder och Kommunikation

Resultatet från projektet visar att de nuvarande KPAna är en bra metod att använda, men kan kompletteras för att bättre stödja SK:s komplexa produktutveckling. Genom mer kommunikation mellan avdelningar kan SK minska risken för missförstånd och säkerställa en bättre övergång från design till produktion. Detta är särskilt viktigt för rörsystemen, där komplexiteten och behovet av precision är hög.

Ekonomiska och Tidsmässiga Fördelar

Genom att implementera förbättringsförslagen baserade på ekonomisk vinning och tidseffektivisering, kan SK förvänta sig att minska de totala kostnaderna och tiden för produktion. Förbättringarna beskrivna i rapporten kan bland annat innebära att minskning i antalet unika komponenter, användning av mer standardiserade lösningar, och förbättrad samordning mellan konstruktion och produktion.

Trendspaning och Framtida Utvecklingsmöjligheter

Projektet har också fokuserat på att samla in bakgrundsinformation och identifiera långsiktiga utvecklingsmöjligheter för SK. Dessa inkluderar förbättringar som inte har utvärderats fullt ut men som presenterats som en del av en framtidsspaning. Gemensamt för dessa förslag är att förbättrad kommunikation och tidig involvering av produktionsavdelningen kan underlätta arbetet och minska kostnaderna. Förslagen inkluderar att se över mängden byggrör, valet av slangklämma till rörhållare och rörkompetensgruppens hantering av avvikelser. I resultatet har det även framförts att med konstruktionsändring av multiclamps kan det vara en idé att se över gummibussningens utformning samt kommunikationskanaler mellan konstruktion och produktion.

Sammanfattningsvis kan förbättring av rörsystems-KPA och ökad integration mellan produktutveckling och produktion leda till betydande fördelar för SK, både i form av tidseffektivisering och ekonomiska vinster.

Litteratur

- [1] Jan-Erik Ståhl Christina Windmark. *Sustainable Production Systems - The link between technology and economy with a global perspective*. Vol. 3. Draft, 2021.
- [2] H.A. ElMaraghy L. Laperrière. *Planning of Products Assembly and Disassembly*. Annals of CIRP, 1992.
- [3] Winston Knighth Geffory Boothoyd Peter Dewhurst. *Product Design for Manufacture and Assembly*. Vol. 2. Taylor & Francis Group, 2002.
- [4] Kristina Säfsten Monica Bellgran. *Production Development - Design and Operation of Production Systems*. Springer, 2010.
- [5] SAAB. *Förändrad organisation och koncernledning för ökad tillväxt*. 2021. URL: <https://www.saab.com/sv/newsroom/press-releases/2021/forandrad-organisation-och-koncernledning-for-okad-tillvaxt> (hämtad 2024-03-18).
- [6] FMV. *Vem gör vad i ubåtsprojektet*. 2022. URL: <https://www.fmv.se/projekt/ubat-a26/artikel/> (hämtad 2024-03-19).
- [7] SAAB. *Från Svärdfisken till världsledande ubåtsteknik*. 2021. URL: <https://www.saab.com/sv/markets/sweden/stories/2021/fran-svardfisken-till-varldsledande-ubatsteknik> (hämtad 2024-02-23).
- [8] SAAB. *Saab får tilläggsbeställning för ubåt A26 till Sverige*. 2021. URL: <https://www.saab.com/sv/newsroom/press-releases/2021/saab-far-tillaggsbestallning-for-ubat-a26-till-sverige> (hämtad 2024-03-20).

-
- [9] Richard A. Layton. *Cutting the cost of confusion*. Routledge, 2024.
- [10] Lucas Dahlström. "Här byggs Sveriges nya ubåtar som ska övervaka havsbotten: Bland det hemligaste vi har". I: *Svenska yle* (2023). URL: <https://svenska.yle.fi/a/7-10027816> (hämtad 2024-03-25).
- [11] Lennart Hasselgren. "En djupdykning inom EMC på Saab Kockums". I: *Electronic environment* (2023). URL: <https://www.electronic.se/2023/06/29/en-djupdykning-inom-emc-pa-saab-kockums/> (hämtad 2024-03-25).
- [12] Domenico Maisano Fiorenzo Franceschini Maurizio Galetto. *Management by Measurement*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.
- [13] Steven D. Eppinger Karl T. Ulrich. *Product Design and Development*. Vol. 6. McGraw-Hill Education, 2016.
- [14] Claesson & Partner. *Insats/Effektivitetsmatris (Pick-chart) - ett verktyg för att sortera och prioritera förbättringsidéer*. 2023. URL: <https://claessonpartners.se/modell/insatseffektmatris-pick-chart> (hämtad 2024-04-18).
- [15] *What is a PICK Chart?* 2024. URL: <https://sixsigmadsi.com/what-is-a-pick-chart/> (hämtad 2024-04-16).
- [16] SurveyMonkey. *Kvalitativa och kvantitativa undersökningar: vad är det för skillnad?* 2024. URL: <https://sv.surveymonkey.com/mp/quantitative-vs-qualitative-research/> (hämtad 2024-04-19).
- [17] Judith Bell. *Introduktion till forskningsmetodik*. Vol. 5. Studentlitteratur, 2016.
- [18] Parker. *Multiclamp - Pipe Clamp System*. 2024. URL: <https://ph.parker.com/se/sv/product-list/multiclamp> (hämtad 2024-04-30).
- [19] Parker. *MRS PRO Single Tube Clamp for 19mm tube*. 2024. URL: [https://se.rs-online.com/web/p/hydraulic-pipe-clamps/1459769?cm_mmc=SE-PLA-DS3A--google--CSS_SE_EN_Pneumatics_%26_Hydraulics_Whoop--\(SE:Whoop!\)+Hydraulic+Pipe+Clamps--1459769&matchtype=&pla-365751897317&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwrcKxBhBMEiwAIVF8rCQ6CsPmOX0jbPvzjqk-](https://se.rs-online.com/web/p/hydraulic-pipe-clamps/1459769?cm_mmc=SE-PLA-DS3A--google--CSS_SE_EN_Pneumatics_%26_Hydraulics_Whoop--(SE:Whoop!)+Hydraulic+Pipe+Clamps--1459769&matchtype=&pla-365751897317&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwrcKxBhBMEiwAIVF8rCQ6CsPmOX0jbPvzjqk-)

LK9RtHMdGCbbeYVfZXXAUhcLJyfMXNdLGhoCaycQAvD_BwE&gclid=aw.ds (hämtad 2024-04-30).

- [20] BPC Engineering. *Multi Pipe Clamp Brackets*. 2024. URL: <https://www.britishpipeclamps.co.uk/product-category/multi-pipe-clamp-brackets/> (hämtad 2024-04-30).
- [21] BPC Engineering. *Mechanical Pipe Clamp Stainless Steel 4 Ports 25mm Diameter Pipes Cables*. 2024. URL: <https://www.britishpipeclamps.co.uk/product/mechanical-pipe-clamp-stainless-steel-4-ports-25mm/> (hämtad 2024-05-23).