EXAMENSARBETE

Riskhantering vid artikelintroduktioner och produktionsförändringar inom fordonsindustrin

- En fallstudie av Process-FMEA vid Scania CV

Anna Eriksson
Niklas Landström

Civilingenjör, Industriell ekonomi
Civilingenjör, Maskinteknik

2021

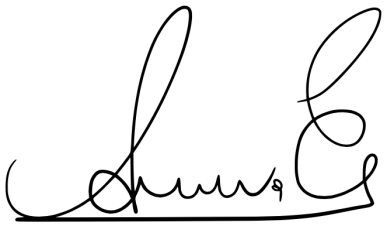
Luleå tekniska universitet
Institutionen för ekonomi, teknik, konst och samhälle
Institutionen för teknikvetenskap och matematik

LULEÅ TEKNISKA UNIVERSITET

Förord

Rapporten utgör det avslutande examensarbetet inom civilingenjörsutbildningen Industriell ekonomi och Maskinteknik vid Luleå Tekniska Universitet (LTU). Rapporten är ett samarbete mellan Anna Eriksson som examineras inom Industriell ekonomi med inriktning Industriell logistik och Niklas Landström som examineras inom Maskinteknik med inriktning Produktionsteknik. Vi vill tacka handledarna vid LTU, Athanasios Migdalas och Torbjörn Ilar, som har möjliggjort detta lyckade samarbete och tillfört värdefulla insikter till vår studie.

Arbetet är utfört vid en bearbetande enhet vid Scania CV i Södertälje. Det har varit 20 mycket lärorika och intressanta veckor, som vi vill tacka Scania och inte minst Julia Lundberg Gerth för möjligheten till. Det är många som förtjänar ett tack. Till att börja med vill vi tacka alla personer vid de två deltagande produktionsenheterna som har ställt upp på intervjuer och delat med sig av sina erfarenheter om PFMEA, men också alla kollegor som på olika sätt har stöttat vår studie och bidragit till en trevlig arbetsmiljö. Ett särskilt tack vill vi ägna till våra handledare vid Scania, Amanda Carlsson och Daniel Axzell, som har hjälpt oss att förstå Scanias verksamhet och löpande har bidragit med feedback och stöttning som har varit värdefulla för arbetet. Vi vill även tacka våra opponenter för nya insikter och feedback på vår rapport samt vänner och familj som har stöttat oss under hela vår studietid. Avslutningsvis vill vi tacka varandra för ett gott samarbete, hårt arbete och alla roliga stunder under examensarbetet.



Anna Eriksson

Niklas Landström

Sammanfattning

Det finns en trend mot snabbare marknadsintroduktioner inom fordonsindustrin, vilket kräver tids- och kostnadseffektiva produktutvecklingsprocesser samtidigt som det sker ett kontinuerligt arbete för att förbättra kvaliteten på produkterna. Kvalitetsavvikelser på artiklar är kostsamma, leder till kassationer och miljöbelastningar, innebär säkerhetsrisker och försvårar planeringen inom tillverkningsorganisationer. För en hållbar tillväxt inom fordonsindustrin har den ideella organisationen Automotive Industry Action Group (AIAG) tagit fram den internationella kvalitetsstandarden IATF 16969. En del i att uppfylla IATF 16969 är att använda sig av Production Part Approval Process (PPAP), där riskhanteringsmetoden Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) ingår. Process-FMEA (PFMEA) är en variant av FMEA som används vid kvalitetssäkring av tillverkningsprocessen.

Studien syftade till att undersöka hur fordonstillverkare på ett framgångsrikt sätt kan tillämpa PFMEA vid artikelintroduktioner och produktionsförändringar. För att uppfylla syftet utfördes en fallstudie där styrkor och brister med nuvarande arbetssätt kartlades. Detta gjordes via 28 intervjuer vid två av Scanias bearbetande enheter, intervjuer med fem andra stora fordons- och komponenttillverkare samt en observationsstudie av tolv utförda PFMEA:or vid Scania.

Resultatet från studien bekräftade gap mellan teoretisk framställning av PFMEA och praktisk tillämpning. De gap som identifierades gäller vilka avgränsningar som görs, användningen av risktalet, i vilka situationer PFMEA används som beslutsunderlag, processtödens uppbyggnad, avsaknaden av systemstöd, hur PFMEA ska itereras, brist på en standardiserad inlärningsprocess och sammankopplingen mellan relaterade verktyg. För respektive gap presenteras sedan framgångsfaktorer i rapporten. I avslutande rekommendationer framhölls vikten av att utgå från organisationens förutsättningar, strategi, mål och framtida vision vid tillämpning av PFMEA. Det behövs standardiserade inlärnings- och arbetsprocesser i enlighet med Lean samt tydliggöras hur informationsöverföringen mellan PFMEA, Design-FMEA, Design For Manufacturing-arbetet, styrplan, flödesschema och avvikelsesystem ska ske. Vidare rekommenderades framtagning av kravspecifikation för ett digitalt stödsystem i syfte att möjliggöra enklare och mer tidseffektiv informationsöverföring och erfarenhetsåterföring inom organisationen. Avslutningsvis antas kunskapsbidraget från studien vara av störst intresse för artikeltillverkare inom fordonsindustrin. Vid andra organisatoriska förutsättningar än vid Scanias tillverkande enheter, bör särskild uppmärksamhet ägnas åt rekommendationerna för arbetsprocesser, avvikelsesystem och organisationsstruktur.

Sökord: FMEA, PFMEA, risk management, process planning, automotive industry

Abstract

There is a trend towards faster market introductions in the automotive industry, which requires time and cost effective product development processes at the same time as there is a continual effort to increase the quality of the products. Deviations in the quality of components are costly, lead to scrapping and environmental burdens, involve safety risks and complicate planning within manufacturing organizations. For sustainable growth in the automotive industry, the non-profit organization Automotive Industry Action Group (AIAG) has developed the international quality standard IATF 16969. A part of complying with IATF 16969 is the use of the Production Part Approval Process (PPAP), which includes the risk management method Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). Process-FMEA (PFMEA) is a variant of FMEA used for quality assurance of the manufacturing process.

The study aimed to investigate how vehicle manufacturers can successfully apply PFMEA for introductions of components and changes in the production. To fulfill the purpose, a case study was conducted where strengths and shortcomings with current working methods were mapped. This was done by 28 interviews at two of Scania's manufacturing units and interviews with five other major vehicle and component manufacturers, as well as an observational study of twelve PFMEA:s performed at Scania.

The results from the study confirmed gaps between existing research regarding PFMEA and the practitical application. The gaps identified concern the delimitations made, the use of the risk priority number, the situations in which PFMEA is used as a basis for decisions, the structure of process support, the lack of system support, how PFMEA should be iterated, lack of a standardized learning process and the connection between related tools to PFMEA. For each gap, success factors are presented in the report. In general, the importance of starting from the organisation's conditions, strategy, goals and future vision when applying PFMEA was emphasized. There is a need for standardized learning and work processes in accordance with Lean and clarification about how the information transfer between PFMEA, Design-FMEA, Design For Manufacturing, control plan, flowchart and deviation system should take place. Furthermore, the development of RFQ material for a digital support system was recommended in order to enable simpler and more time-efficient information transfer and lessons learned within the organization. In conclusion, the knowledge contribution from the study is assumed to be of greatest interest to part manufacturers in the automotive industry. In other organizational conditions than at Scania's manufacturing units, special attention should be paid to the recommendations for work processes, deviation systems and organizational structure.

Key words: FMEA, PFMEA, risk management, process planning, automotive industry

Innehåll

1 Inledning **1**
1.1 Bakgrund . . . 1
1.2 Problembeskrivning . . . 2
1.3 Syfte . . . 3
1.4 Avgränsningar . . . 3
1.5 Sekretess . . . 3

2 Metod **4**
2.1 Undersökningsstrategi . . . 4
2.2 Övergripande tillvägagångssätt . . . 4
2.3 Datainsamling . . . 5
2.4 Analys . . . 6
2.5 Reliabilitet och validitet . . . 7

3 Teoretisk referensram **9**
3.1 Risk . . . 9
3.1.1 Riskbegrepp . . . 9
3.1.2 Riskhantering . . . 10
3.2 Standardiserade arbetssätt för riskhantering . . . 12
3.2.1 PPAP . . . 12
3.2.2 FMEA . . . 13
3.2.3 DFMEA . . . 15
3.2.4 PFMEA . . . 15

4 Fallstudie **20**
4.1 Fallstudiebeskrivning . . . 20
4.2 Nulägesanalys . . . 23
4.2.1 Tematisk analys Scania CV . . . 23
4.2.2 Tematisk analys benchmarking fordons- och komponenttillverkare . . . 28
4.3 Gap-analys . . . 33
4.4 Framgångsfaktorer för PFMEA-arbetet . . . 39

5 Slutsatser och rekommendationer **41**
5.1 Slutsatser . . . 41
5.2 Rekommendationer . . . 41

6 Diskussion **45**
6.1 Resultatdiskussion . . . 45
6.2 Metoddiskussion . . . 46
6.3 Framtida studier . . . 46

7 Bilagor **I**
A Intervjumall till beredare . . . I
B Intervjumall till benchmarkingen . . . III
C Respondenter fallstudie . . . V
D PFMEA-mall . . . VI
E Bedömningsmatriser för RPN . . . VII
E.1 Bedömningsmatris för allvarlighetsfaktorn . . . VII
E.2 Bedömningsmatris för felsannolikhetsfaktorn . . . VIII

E.3 Bedömningsmatris för upptäckbarhetsfaktorn . . . IX
F Matris för Action Priority (AP) . . . X
G Arbetsprocesser för investeringsprojekt och processförändringar . . . XII
H Kompletterande teoretiskt material . . . XIII
H.1 Modell för respondenturval . . . XIII
H.2 Visualisering av logistiska begrepp i värdekedjan . . . XIII
H.3 Fiskbensdiagram . . . XIV
H.4 Riskmatris . . . XIV
H.5 PPAP-dokument . . . XV

Figurer

1 Översiktligt tillvägagångssätt för studien . . . 5
2 Tillvägagånssätt tematisk analys, justerad (Braun & Clarke, 2006) . . . 7
3 Kopplingen mellan styrplan och PFMEA (Belu et al., 2013) . . . 13
4 Relationen mellan olika varianter av FMEA. Justerad (Neghab et al., 2011) . . . 14
5 FMEA-metod inspirerad av AIAG och VDA (2019) och Gueorguiev et al., (2020) 14
6 PFMEA med Leanapproach (Banduka et al., 2016) . . . 19
7 Scaniahuset (Scania, 2021a) . . . 20
8 Illustration av produktutvecklingsprocessen vid Scania (Scania, 2021d) . . . 21
9 Flödesanalys av hur processerna beskrivs och sammanlänkas i dagsläget . . . 22
10 Tematisk analys för intervjuer vid Scania . . . 23
11 Tematisk analys benchmarkingintervjuer . . . 29
12 GAP-analys . . . 33
13 Rekommendation av målläge för sammankoppling av PFMEA-processerna . . . 43
14 Excel-mall för PFMEA (Scania, 2021k) . . . VI
15 Faserna i PReP (Scania, 2021c) . . . XII
16 Faserna i PEIP (Scania, 2021e) . . . XII
17 Relationen mellan andel identifierade behov och antal utförda intervjuer (Griffin & Hausser, 1993) . . . XIII
18 Logistiska begrepp i värdekedjan. Justerad (Van Weele & Arbin, 2012) . . . XIII
19 Fiskbensdiagram. Justerad (Bergman & Klefsjö, 2012) . . . XIV
20 Tvådimensionell riskmatris. Justerad (Gray et al., 2019) . . . XIV

Tabeller

1 Klassificering av interna och externa risker . . . 10
2 Framgångsfaktorer för PFMEA . . . 39
3 Rekommendationer . . . 42
4 Respondenter vid Scania . . . V
5 Respondenter benchmarking . . . V
6 Matris för riskbedömning av allvarlighet. Justerad (AIAG & VDA, 2019) . . . VII
7 Matris för riskbedömning av felsannolikhet. Justerad (AIAG & VDA, 2019) . . . VIII
8 Matris för riskbedömning av upptäckbarheten. Justerad (AIAG & VDA, 2019) . IX
9 Matris för riskutvärdering med AP-metoden. Justerad (AIAG & VDA, 2019) . . X
10 Sammanställning av dokument som innefattas i PPAP. Justerad (Belu et al., 2013) XV

Begreppsförteckning

Begrepp	Förklaring
Artikelintroduktion	Processen för införandet av de artiklar som innefattas i en ny produkt.
Beredare	Yrkesroll som arbetar med utvecklingsprocessen i samarbete med konstruktion och produktion för tillverkning av nya artiklar.
Business case	Utvärdering av affärsalternativ genom underbyggd argumentation om exempelvis kostnader och resursåtgång gentemot värdet av ett handlingsalternativ. I studien främst handlingsalternativ för riskåtgärder.
CATIA	3D-programpaket för CAD/CAM/CAE.
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis. Riskhanteringsmetod som finns i olika varianter för exempelvis system, design och process. Varianterna är strukturerade på likartat sätt.
Förändringsprojekt	Innefattar i rapporten maskininköp, introduktion av nya produkter eller nya artiklar i befintliga produkter samt processförändringar i befintliga produktionslinjer.
Kassation	KPI för artiklar som inte uppfyller kvalitetskrav och därför måste kasseras.
Lessons learned	Lärdomar eller erfarenheter från tidigare aktiviteter.
Normalläge	Referenspunkt där det som är utanför normalläget utgör grunden för förbättringsaktiviteter. I rapporten syftar normalläget till att operatörer följer ett standardiserat och det hittills bäst kända arbetssättet i form av arbetsinstruktioner.
Processplanering	Beredning och planering för införandet av nya artiklar samt förändringar i befintliga processer.
Risktal/ RPN	Risk Priority Number, är en numerisk bedömning av risker som beräknas via multiplikation av felsannolikheten, allvarligheten och upptäckbarheten för en identifierad risk.
SHE	Safety, Health, Environment. Riskhanteringsrutiner för säkerhet, hälsa och miljö inom Scania, som syftar till att uppnå säkra arbetsplatser, välbefinnande och minimera miljöpåverkan

Förkortning	Förklaring
CD- & PD-process	Koncept- & Produktutvecklingsprocess
DFM	Design for manufacturing, tvärfunktionellt arbetssätt för att designa produkter med innefattande artiklar för tillverkningsprocesserna
DFMEA	Design Failure Mode and Effects Analysis
EBBA	System för styrning och övervakning av produktionen
EFR	Exemption From Requirement, kvalitetsavvikelser
FRAS	Webbaserat avvikelsehanteringssystem för att ta emot och skicka felrapporter och frågor till teknisk support
IATF 16969	Internationell kvalitetsstandard inom fordonsindustrin
PEIP	Production Equipment Investment Process, Arbetssätt för projektledare inom produktionsteknik
PFMEA	Process Failure Mode and Effects Analysis, är variant av FMEA som inkluderar riskerna i processen, i detta fall förförändringar i tillverkningsprocessen
PPAP	Production Part Approval Process, kvalitessäkringsprocess som är en del av IATF 16969
PReP	Part Realization Process, arbetssätt för beredare
PRU	Produktionsenheter. Avser i rapporten två bearbetande enheter vid Scania i Södertälje.
PUS	Produktuppföljningssystem, system för uppföljning av produktionsprocesser
RFQ	Request for quotation, offertunderlag
SFMEA	System Failure Mode and Effects Analysis
SPS	Scania Production System, Scanias gemensamma värderingar
ÅES	Åtgärder Efter Stopp, arbetssätt för riskhantering i produktionen
ÅVS	Åtgärder Vid Stopp, arbetssätt för riskhantering i produktionen

1 Inledning

I kapitlet introduceras en bakgrund till undersökningsområdet. Bakgrunden följs av en problembeskrivning, som sedan utvecklas i fallstudiebeskrivningen. Avslutningsvis presenteras syftet, delmål, avgränsningar för studien samt sekretessbelagda avsnitt.

1.1 Bakgrund

Inom fordonsindustrin är en avgörande faktor för framgång att ta hänsyn till kundkrav under produktutvecklingen. Branschen ställs inför växande förväntningar med en ökad medvetenhet om miljöfrågor, som bidrar till påtryckningar om att utveckla miljövänliga produkter (Wurster et al., 2020). Transformationen vid övergång till förnyelsebara drivmedel, hållbara transportlösningar och uppkopplade enheter bidrar till många osäkerhetsfaktorer från marknaden som avspeglas i både processplaneringen och produktionsuppföljningen. Komplexitet och osäkerhet kännetecknar samtidigt en affärsmiljö, vilket gör det viktigt att kunna hantera produktion och leveranskedjor på ett effektivt sätt för en ökad flexibilitet (Thun & Hoenig, 2011). Tillverkande produktioner eftersträvar att minska kostnaden för produktutveckling samtidigt som kravet på kvaliteten ämnas att höjas (Yeh et al., 2010). Felfrekvensen som avser andelen nya produkter som lanseras på marknaden och den andel som inte uppfyller de kommersiella målen uppskattas till 40% (Castellion & Markham, 2013). Att hantera risker för nya produkter och förändrade produktionsflöden är därför väsentligt för att minska kostnader och kvalitetssäkra produktionen. Riskanalyser är ett verktyg för att systematiskt identifiera, bedöma och förutspå potentiella misslyckanden.

Riskhantering kan definieras som en systematiskt process för att identifiera och förstå risker som är förknippade med en produkt- eller tillverkningsprocess, hur riskerna kan kontrolleras, bedömas och vilka åtgärder som behöver vidtas (Mascia et al., 2020; Tupa et al., 2017). En metod som frekvent används inom fordonsindustrin är Failure Mode and Effects Analysis (FMEA). FMEA är en systematisk process för att identifiera möjliga fel i exempelvis design eller tillverkningsprocessen, vilket motsvarar varianterna Design-FMEA (DFMEA) respektive Process-FMEA (PFMEA) (Mascia et al., 2020; Neghab et al., 2011). Automotive Industry Action Group (AIAG) syftar till att främja internationellt samarbete och skapa en hållbar tillväxt i fordonsindustrins distributionskedja. AIAG har utvecklat kvalitetsstandarden IATF 16969, där Production Part Approval Process (PPAP) är en del i kvalitetssäkringen. I PPAP innefattas FMEA och AIAG tillhandahåller en standardiserad handbok för FMEA, vilket främjar en standardiserad metod bland företag internationellt (AIAG, 2020).

Om en organisation brister i någon del av riskhanteringsprocessen kan det påverka produktens kvalitet och processens tillförlitlighet (Haughey & Train, 2020). FMEA är en välorganiserad metod för att kontinuerligt förbättra kvaliteten på artiklarna, men bristfälligheter vid bedömning av riskerna har lyfts eftersom det inte anses finnas en logisk förklaring till det matematiska sambandet för att räkna ut riskprioriteringen (Yazdi et al., 2020). Författarna menar att Risktalet (RPN) saknar en bestämning av vikterna mellan faktorerna felsannolikhet, allvarlighet och upptäckbarhet. Tidigare studier har därför kombinerat metoder för att övervinna bristen med uträkningen av RPN, där ett exempel är en fallstudie av Baynal et al. (2018) som framgångsrikt kombinerat FMEA med metoden Grey Relational Analysis approach för beslut med flera kriterier. Två andra exempel är en metodkombination mellan FMEA och Analytic hierarchy process (AHP) respektive PFMEA och en Leanmetodik (Bhuvanesh Kumar &

Parameshawaran, 2020; Banduka et al., 2016).

FMEA bör behandlas som en iterativ process som revideras kontinuerligt även för problem eller förändringar som uppkommer under daglig produktion (Wolniak, 2019). Av denna anledning menar författaren att alla åtgärder som beslutas i FMEA-dokumentet ska ha en ansvarig person samt en deadline för när åtgärden ska vara verkställd och Mascia et al. (2020) framhåller att en viktig aspekt vid riskhanteringen är att bedöma uppföljningens effektivitet. En annan aspekt är att FMEA hanterar nuvarande risker utan hänsyn till vad som har gjorts i tidigare produktintroduktions- eller tillverkningsprocesser. Erfarenhetsåterföring är därför en nyckelfaktor för att undvika återkommande fel, men utmaningen är att på ett strukturerat sätt upptäcka, dokumentera, spara och dela kunskap över en lång tidsperiod (Bracke & Ulutas, 2019).

Studier har utvärderat riskhanteringsmetoden och föreslagit kombinationer av metoder, men det finns begränsat med studier på den praktiska tillämpningen för en lyckad iterativ riskhanteringsprocess genom erfarenhetsåterföring mellan projekt, medarbetare och produktionslinjer. Det finns behov av forskning om riskhantering med hänsyn till skillnader mellan forskares och utövares åsikter (Fan & Stevenson, 2018; Anderson & Shattuck, 2012). En studie av hur organisationer framgångsrikt kan tillämpa den standardiserade riskhanteringsmetoden PFMEA i tillverkande produktion är därför av relevans för fordonsindustrin.

1.2 Problembeskrivning

Scanias produktionsenheter arbetar kontinuerligt med olika typer av riskanalyser som ett krav i processerna för att kvalitetssäkra tillverkningen. Detta är i synnerhet viktigt vid artikelintroduktioner och förändringar i befintlig produktion genom att ta del av tidigare erfarenheter hur de nya artiklarna kommer att påverka produktionen vid driftsättning. Artikelintroduktioner eller större förändringar i produktionslinjer är relaterade till ett antal bearbetningsstationer och genomgår därmed flertalet processteg. Dessa förändringsprojekt görs i synnerhet av beredare med hjälp av arbetsprocessen Part Realization Process (PReP) för utveckling av ett processflöde och av projektledare inom produktionsteknik med hjälp av arbetsprocessen Production Equipment Investment Process (PEIP) för inköp av produktionsutrustning. I arbetsprocesserna ingår olika typer av riskbedömningar, där PFMEA inkluderas.

PFMEA används för att systematisk lista fellägen, orsaker och konsekvenser för risker som identifieras i syfte att fastställa möjliga hanteringsåtgärder. PFMEA är en metod som har fått en utbredd användning inom investeringsprojekt vid Scanias bearbetande enheter på senare år. Riskhanteringsmetoden har lyfts till ytan vid introduktionen av en ny växellåda med tillhörande artiklar. Metoden anses inte nyttjas i sin fulla potential eftersom det i dagsläget görs omfattande och resurskrävande riskanalyser där relevanta risker identifieras, men tvetydigheter finns för nyttjande av resultatet. Svårigheten är att använda metoden som en iterativ process med erfarenhetsåterföring mellan olika projekt. Anledningen till tvetydigheten anses dels vara avsaknad av hur organisationen ska arbeta med PFMEA och dels att det saknas en gemensam bild av hur resultaten ska användas i framtiden. Med olika arbetssätt riskerar riskanalyserna och hanteringsåtgärder att bli subjektiva bedömningar. PFMEA utförs i flera faser inom ett investeringsprojekt, från anbudsförfarande till introduktion i produktion och mycket lärdomar identifieras. Samtidigt finns det inget systematiskt sätt att få tillgång till tidigare utförda analyser inom Scania, utan det bygger på kontakter eller fildelning inom en produktionsenhet. Vidare är det inte klart vem som ansvarar för riskanalysen när den är utförd och överlämnad till produktionen, vilket leder till att analysen inte nyttjas i sin fulla potential som en iterativ process.

1.3 Syfte

Studien syftar till att kartlägga styrkor och brister med nuvarande arbetssätt för det standardiserade riskhanteringsmetoden PFMEA vid artikelintroduktioner och produktionsförändringar inom fordonstillverkning. Syftet preciseras i form av en undersökningsfråga som ämnas att besvaras med studien.

Hur kan fordonstillverkare på ett framgångsrikt sätt tillämpa PFMEA vid artikelintroduktioner och produktionsförändringar?

För att uppfylla syftet har tre delmål konstruerats för en fallstudie vid Scania.

- **M1**: Utföra en nulägesanalys för PFMEA:s styrkor och svagheter vid tillämpningen i tillverkande fordonsproduktion vid Scania.
- **M2**: Utföra en benchmarking mot fem andra fordonstillverkare utöver Scania för hur de arbetar med riskanalyser gällande artikelintroduktioner och produktionsförändringar.
- **M3**: Utföra en GAP-analys mellan nuläget vid Scania och potentialen med metoden gällande hur risker identifieras, byggs bort och hanteras. För framtagning av potentialen används resultat från M2 och litteraturstudier.

1.4 Avgränsningar

Examensarbetet omfattar en tidsperiod på 20 veckor. För att uppfylla syftet inom den givna tidsramen avgränsar sig studien till operationella riskfaktorer, även benämnt interna risker som vidare definieras i avsnitt 3.1.1, riskhanteringsmetoden för artikelintroduktioner och förändringar i produktionsprocessen inom fordonsindustrin. Mer specifikt avgränsar sig studien till riskhanteringsmetoden PFMEA för kvalitetsrisker på artikelnivå och resultatet är i synnerhet tillämpbart för artikelbearbetande enheter inom fordonsindustrin. Fallstudien är begränsad till Scania i Södertälje och två bearbetande enheter, men utvalda benchmarkingföretag används för att säkra studiens generaliserbarhet. För att förstå hur PFMEA används inom organisationer är det nödvändigt att kartlägga relevanta arbetsprocesser och sammankopplade verktyg, som i fallstudie är Scaniaspecifika.

1.5 Sekretess

Vilka produktionsenheter som studeras vid Scania samt en sammanställning av observationer från en studie av tolv utförda PFMEA:or är sekretessbelagda i examensarbetet. Observationerna presenterades i form av skillnader mellan de studerade produktionsenheterna, vilka ses som Scaniaspecifika resultat.

2 Metod

I kapitlet presenteras tillvägagångssättet för studien och valda analysmetoder. En sammanfattning av tillvägagångssättet för examensarbetet åskådliggörs i figur 1. Kapitlet avslutas med en diskussion om studiens trovärdighet.

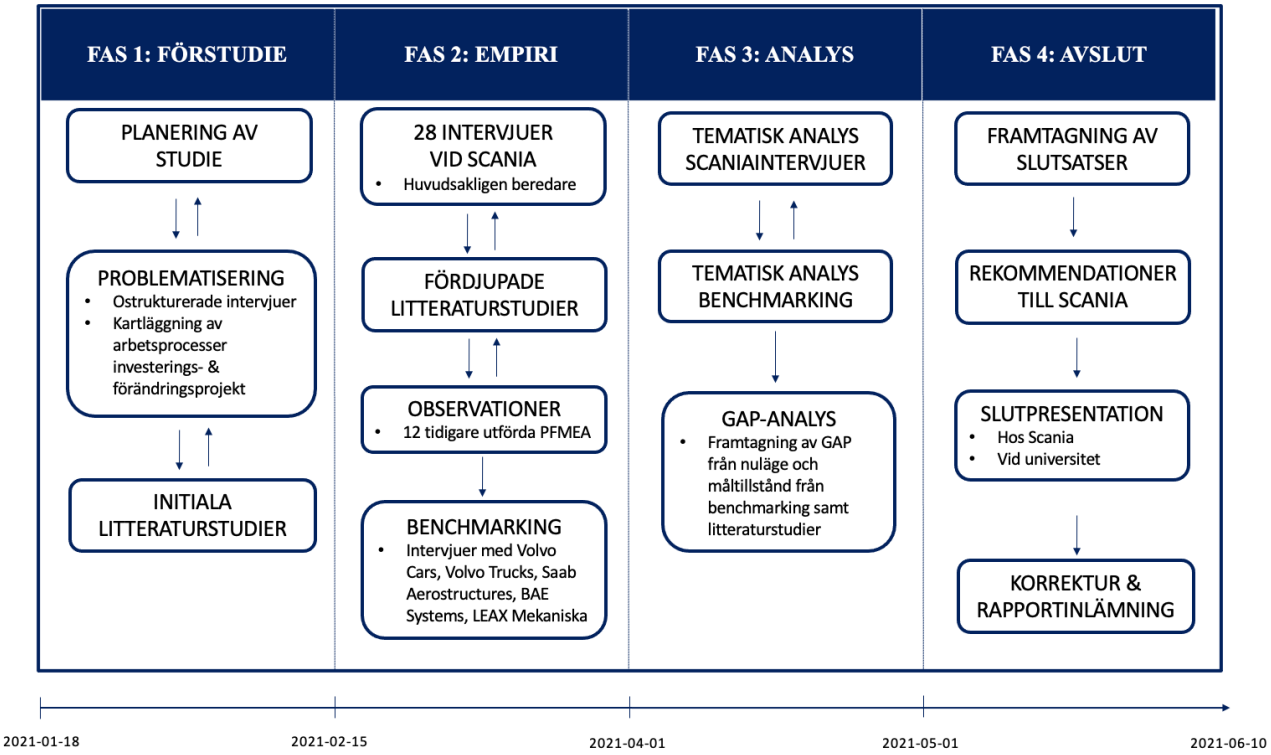
2.1 Undersökningsstrategi

Studien syftade till att utreda tillämpningen av riskhanteringsmetoden PFMEA för artikelintroduktioner och förändringar i processflöden hos fordonstillverkare, vilket handlade om att skapa förståelse för befintliga verktyg och metoder under specifika förutsättningar. Ett explorativt, eller utforskande, forskningssyfte ansågs därför kunna skapa förutsättningar för en grundlig förståelse och nya insikter till problem samt understödja anpassningsbarheten efter respondenternas prioriteringar (Saunders et al., 2009; David & Sutton, 2016). För att belysa gapet mellan teori och den praktiska tillämpningen av PFMEA valdes fallstudie som forskningsstrategi. Fallstudier lämpar sig väl för att förklara fenomenen som studeras med avgränsningar till bolagsstorlek och industrispecifika situationer (Farquhar, 2012). Strategin ansågs komplettera forskningssyftet och bidra med dynamiska egenskaper. Samtidigt ger en kvalitativ datainsamling möjlighet till inflytande på studiens riktning (David & Sutton, 2016), vilket realiserades genom intervjuer som huvudsaklig datainsamling. Litteratur användes som stöd för problemidentifiering, då det lämpar sig för att förklara observerade fenomen, medan utövare kan bidra med medvetenheten om komplexiteten i organisationsmässiga förutsättningar (Anderson & Shattuck, 2012). Sammantaget tar studien avstamp i teori men datainsamlingen styr riktningen för studien och genererar en iterativ arbetsprocess. Angreppssättet stämmer överens med en abduktiv forskningsansats, som framhålls lämplig vid logistiska fallstudier (Kovács & Spens, 2005).

2.2 Övergripande tillvägagångssätt

Fallstudien utfördes vid två bearbetande enheter vid fordonstillverkaren Scania CV i Södertälje. Studien delades in i faserna Förstudie, Empiri, Analys och Avslut enligt figur 1. Pilarna i figuren markerar iterativa arbetssätt och strikta relationer mellan aktiviteterna. Förstudien syftade till att skapa förståelse för ämnet och översiktligt kartlägga Scanias arbetssätt med avsikt att formulera problembeskrivningen och fastställa syftet. Först utfördes en kartläggning av hur Scania arbetar med riskanalyser för att kunna specificera relevanta arbetsprocesser och identifiera lämpliga befattningar att intervjua. Empirifasen omfattade den huvudsakliga datainsamlingen som bestod av kvalitativa intervjuer för att kartlägga nuläget och förstå relationen mellan riskhanteringsmetoden och arbetssätten. I empirifasen utfördes intervjuer inom Scania, observationer av tidigare utförda PFMEA, benchmarking mot andra fordonstillverkare och djupgående litteraturstudier för att täcka de gap som identifierats vid intervjuerna. Benchmarkingen syftade till att säkerställa om de utmaningar som Scania har även gällde andra stora fordons- och komponenttillverkare och om möjligt fylla de identifierade gapen mellan nuläget och teoretiskt optimalt tillstånd. Tidigare utförda PFMEA samlades in under intervjuerna och användes för att finna goda exempel på tillämpningar och fastställa skillnader mellan produktionsenheterna, i synnerhet för de områden som identifierats som utmanade. I Analysfasen kombinerades tematisk analysmetod med en gap-analys för att utvärdera nuläget och fastställa måltillstånd för nyttjande av riskmetodens fulla potential. Resultatet från analyserna genererade sedan slutsatser gällande PFMEA med tillhörande arbetssätt och utifrån dessa togs

rekommendationer fram. Avslutningsfasen inkluderade även presentation vid Scania och Luleå Tekniska Universitet.



Figur 1: Översiktligt tillvägagångssätt för studien

2.3 Datainsamling

Litteraturstudier användes initialt för att skapa en förståelse för det studerade området och i ett senare skede för att förklara identifierade utmaningar med nuvarande arbetssätt. Databaserna som användes vid litteratursökningen var Scopus och Google Scholar, vilka publicerar vetenskapliga artiklar. CiteScore är ett mått för det årliga genomsnittet av citeringar som akademiska tidskrifter har i nyligen publicerade vetenskapliga artiklar, vilket användes som en indikation för litteraturens relevans och kvalitet. Information från artiklar tillhörande tidskrifter med längre CiteScore kontrollerades mot andra källor. Övriga sökkriterier som beaktades vid litteratursökningen var publiceringsdatum och områdesrelevans till fordonstillverkning med högvolymsproduktion. De huvudsakliga sökorden var "FMEA", "PFMEA", "risk management", "process planning" och "automotive industry".

Intervjuer utfördes initialt i ostrukturerad form under förstudien med syfte att förstå arbetssätten och fastställa problematiseringen. Initiala intervjuerna bestod av möten med handledare och chef samt informella samtal med medarbetare på olika befattningar. Intervjuerna grundade kunskaper om processer som PReP, PEIP och PPAP, som var nödvändiga för att förstå hur kvalitetssäkring och investerings- och förändringsprojekt fungerar vid Scania. Den huvudsakliga datainsamlingen utfördes via semistrukturerade intervjuer med medarbetare vid två bearbetande enheter som arbetar med artikelintroduktioner och produktionsförändringar. Semistrukturerade intervjuer användes, vilket innebär att frågor planeras i förväg men att det finns möjlighet för att ställa följdfrågor under intervjun (Saunders et al., 2009). Den huvudsakliga målgruppen för studien var processplanerare, även benämnt Beredare, eftersom de är ansvariga för och arbetar mest frekvent med PFMEA. Övriga respondenter intervjuades för att kartlägga en mer nyanserad bild av PFMEA-arbetet och dessa var produktionstekniker,

processtekniker, supervisor, kvalitetsingenjör, SHE-koordinator, konstruktör, operatör samt en senior ingenjör inom beredningsprocessen. Totalt utfördes 26 intervjuer vid de två bearbetande enheterna och två intervjuer med andra avdelningar. Dessa två intervjuer utfördes i syfte att få en bredare bild av arbetsgången från konstruktion till påbörjad produktion samt få en inblick i vilka relaterade projekt som finns för beslutsstöd i beredningsprocessen. En modell av Griffin och Hauser (1993) i figur 17 i bilaga H visar att andelen identifierade behov från en grupp stagnerar vid 80% efter 26 intervjuer, vilket stödjer respondentantalet. Respondenturvalet grundande sig, utöver yrkesroll, på avdelningstillhörighet för att säkerställa en spridning, erfarenhet av PFMEA samt tid på befattningen för en djupare kännedom om metoden. Intervjuerna varade i genomsnitt i 40 minuter och ägde rum via Microsoft Teams och i undantagsfall via telefon. Intervjuerna spelades in och transkriberades innan analyserna påbörjades. Intervjumaterialet för beredarrollen finns i bilaga A. För att säkerställa en spridning användes organisationsscheman där avdelningar med intervjuade beredare markerades för att visualisera spridningen.

Sekundärt med intervjuerna vid Scania utfördes benchmarkingintervjuer med totalt sex respondenter från fem ledande fordons- och komponenttillverkare i Sverige. Företagen fick själva välja en eller två lämpliga representanter med erfarenhet av PFMEA. Kriterier som var betydande för urvalet av benchmarkingföretag var spridningen av egen tillverkning, underleverantörer och kontraktstillverkare samt en variation av tunga fordon, stridsfordon och biltillverkning för att täcka in ett bredare spann inom fordonsindustrin. Ett företag verkade inom flygplansindustrin och inkluderas i syfte att se om ett högre kvalitetskrav genererade bättre tillämpning av riskanalyser och i synnerhet PFMEA. De intervjuade företagen var Volvo Group Truck Operations, Volvo Cars, Saab Aerostructures, BAE Systems Hägglunds och LEAX Mekaniska. Intervjumaterialet för benchmarkingen finns bifogat i bilaga B och en sammanställning av samtliga respondenter återfinns i bilaga C.

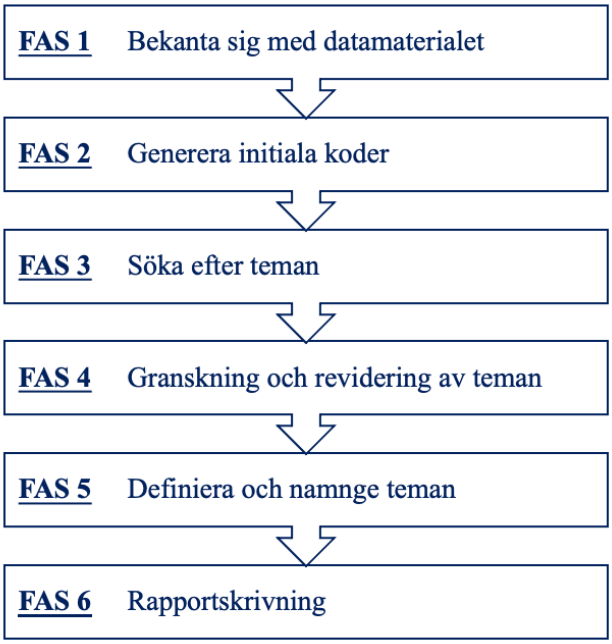
Observationer användes som komplement till intervjustudien för att kartlägga nuläget vid Scania. Observationerna strukturerades genom en analys av 12 PFMEA:or som var utförda de senaste fyra åren. Sju PFMEA:or tillhörde den ena produktionsenheten och fem PFMEA:or tillhörde den andra produktionsenheten. Observationsresultaten användes för att skapa djupare insikt i det som nämnts under intervjuerna och för att sammanställa de bäst kända tillämpningarna internt samt skillnader i arbetssätt mellan produktionsenheterna.

2.4 Analys

De huvudsakliga analysmetoderna som användes för att sammanställa datainsamlingen och för att uppfylla målsättningarna var tematisk analys och gap-analys. Tematiska analyser utfördes separat för Scania respektive benchmarkingföretagen. Intervjuerna vid Scania syftade till att uppfylla målsättning 1, benchmarkingen målsättning 2 och gap-analysen jämförde potentialen mellan intervjugrupperna för att uppfylla målsättning 3.

Tematisk analysmetod handlar om att identifiera och analysera mönster i data (Braun & Clarke, 2006), vilket användes för att analysera intervjuerna. Tillvägagångssättet för analysen utgick från Braun och Clarkes metodik, vilken är sammanfattad i figur 2. Efter de initiala litteraturstudierna byggdes frågematerial upp i form av identifiering, bedömning, åtgärder och uppföljning. Resterande teman skapades efter att ha kodat citat, sökt efter gemensamma nämnare och itererat teman vartefter studiens fortlöpande. Efter varje intervju sammanställdes en sammanfattning och citat valdes ut till en tabell där alla citat samlades och kategoriserades. Denna tabell genererade i slutändan koder och flera citat skapade tillsammans teman. Detta

kan hänvisas till den tredje fasen i figur 2, där initiala teman först genererade av hopslagna koder från citat och sedan reviderades i fjärde fasen med hänsyn till det överordnade temat. I femte fasen sammanställdes en grafisk karta av alla teman, delteman och huvudsakliga koder som bäst beskrev resultatet av intervjuerna.



Figur 2: Tillvägagånssätt tematisk analys, justerad (Braun & Clarke, 2006)

Gap-analys är frekvent förekommande för att påvisa gap mot konkurrenter och marknader, men används även som affärsverktyg på operationell nivå för att identifiera gap mellan nuläge och potentiella förbättringsområden exempelvis vid analys av affärsprocesser (Juan & Ou-Yang, 2004; Haseeb et al., 2019). Gap-analysen utfördes för att kartlägga luckor mellan den praktiska tillämpningen av PFMEA bland utövare och den optimala tillämpningen utifrån en teoretisk grund. En trestegsmetodik användes, där först nuvarande situation kartlades, idealiskt tillstånd påvisades för att sedan tydliggöra gapet mellan nuläget och idealiskt måltillstånd. Nuläget utgick från den tematiska analysen för Scania och för framtagning av potentialen användes litteraturstudier samt resultat från benchmarking, i de fall andra företag hade ett mindre gap mot teoretiskt måltillstånd.

2.5 Reliabilitet och validitet

Studiens trovärdighet kan delas upp i reliabilitet och validitet. Reliabilitet beskriver i vilken grad som samma utfall skulle erhållas om studien repeteras, det vill säga studiens konsekvens över tid (David & Sutton, 2016). Validitet beskriver i vilken grad som studien undersöker det som avses att mätas och utmärks av trovärdighet i metodval (Saunders et al., 2009).

Nackdelen med en fallstudie är att den saknar den generaliserbarhet som kan uppnås med en enkätundersökning, men ägnar mer uppmärksamhet åt enskilda fall och bidrar till en djupgående förståelse för specifika situationer (David & Sutton, 2016). Fallstudiens avgränsning till de produktionsenheterna vid Scania innebar att fordonsindustrin samlade uppfattning åsidosattes. IATF 16969 är samtidigt en internationell kvalitetsstandard inom fordonsindustrin och en del i att uppfylla IATF 16969 är att använda sig av PPAP, där PFMEA ingår. Vidare är det svårare att replikera semistrukturerade intervjuer då möjligheten till att ställa följdfrå-

gor blir erfarenhetsberoende. Exempelvis kunde mer ingående följdfrågor ställas varefter mer kunskap erhölls under studiens fortlöpande. En annan aspekt av reliabiliteten är tidsåtgången för intervjuerna, som styr i vilken utsträckning som mer djupgående resonemang tillåts. En positiv effekt som minskar personlig bias är att författarna inte arbetade vid Scania vid examensarbetets start, vilket möjliggjorde en mer objektiv bild av verksamheten. Vid analys av intervjumaterialet användes inspelningar som transkriberades ordagrant och citaten från transkriberingarna utgjorde uppbyggnad av de tematiska analyserna. På så sätt minskade personberoende tolkningar som hade kunnat erhållas vid tolkningar av stödord från intervjuerna.

Respondenturvalet och urval av observerade PFMEA:or påverkar validiteten. Vad gäller benchmarkingintervjuerna tillfrågades sakkunniga medarbetare inom PFMEA vid respektive företag, vilket gjorde att benchmarkingintervjuerna blev personberoende. Vid Scania intervjuades däremot totalt 28 medarbetare med en spridning mellan olika avdelningar, roller och två olika produktionsenheter. Endast författarna känner till vilka som har medverkat i intervjustudien och respondenterna utlovades anonymitet, vilket stärker validiteten. Respondenterna vid intervjustudierna tillfrågades om äldre PFMEA:or som sedan utgjorde urvalet till observationsstudien. Det är på så sätt troligt att författarna erhöll de PFMEA:or som var bäst utförda vid respektive avdelning. Detta gav en ökad möjlighet till att finna framgångsfaktorer, men åsidosatte ett mer korrekt nuläge från observationsstudien. För att minska denna brist i validiteten användes observationsstudien till att finna framgångsfaktorer och intervjustudierna utgjorde nuläget i en högre utsträckning. Avslutningsvis är framgångsfaktorer beroende av organisatoriska förutsättningar i PFMEA-arbetet och eftersom observationsstudien enbart utfördes vid Scania är också studien mest tillämpbar vid likvärdiga förutsättningar inom högvolyms- och komponenttillverkning inom fordonsindustrin där produktion sker internt.

3 Teoretisk referensram

I kapitlet presenteras referenslitteratur som förklarar riskbegrepp och riskhantering generellt, följt av specifik litteratur om de standardiserade tillvägagångssätten PPAP, FMEA och PFMEA.

3.1 Risk

Redan vid en tid av ekonomisk stabilitet var en effektiv riskhantering väsentligt för tillverkande företag (Tupa et al., 2017). Pågående pandemi Covid-19 anses vara den djupaste krisen inom fredstid i Sverige sedan depressionen på 1930-talet (Svenskt Näringsliv, 2020). Med restriktioner till följd av pandemin, instabila marknader och ansträngda ekonomier spelar riskhantering en avgörande roll för hur organisationer hanterar rådande förhållanden.

3.1.1 Riskbegrepp

Det finns många definitioner och indelningar av begreppet risk. Definitioner kan grunda sig i vilket fokusområde som finns för orsaker eller effekter av riskerna, var i värdekedjan som riskerna inträffar eller vilken tolkning som görs av begreppet supply chain management (SCM) (Pfohl et al., 2010). Supply Chain Risk Management (SCRM) kännetecknas av en tvärföretagsorientering för identifiering och avhjälpande av risker på hela försörjningskedjor, till skillnad från de risker som fokuserar på osäkerhetsfaktorer i produktionen på företagsnivå (Thun & Hoenig, 2011). Samtidigt problematiserar Van Weele och Arbin (2012) att SCM stundtals utgår från en heltäckande filosofi för styrning av distributionskanaler från leverantör till slutkund och stundtals används synonymt med aktiviteterna som är kopplade till materialadministration som planering, koordinering och kontroll av material från leverantör till kunder. Detta bedöms som en förklaring till skillnaderna. En sammanställning och visualisering av de logistiska begreppen som förklarar SCM återfinns i bilaga H.

I studien har de två samlingsbegreppen interna och externa risker introducerats för att särskilja risker inom en produktionsenhet och risker som finns i leverantörsnätverket. Interna risker i studien hänvisar till det som i litteratur kan återfinnas under begreppet operativa risker eller intern logistik. Detta innefattar inkommande godshantering och styrning av tillverkningsflödet som tekniska fel, förluster under produktionsprocessen, produktionsförändringar och tekniska förändringar (Dias et al., 2020; Reis et al., 2017). Motsatt utgår de externa riskerna från definitionen av SCRM och risker på en makronivå för styrning av försörjningskedjor mellan leverantörer i olika led och tillverkande företag samt omgivande marknads- och miljöfaktorer (Thun & Hoenig, 2011; Diabat et al., 2012). SCM ses dock i vissa artiklar som optimeringen av leveranser, tjänster och informationsflöden från leverantörer hela vägen till slutkund, vilket inkluderar alla parter och omvandlingsprocesser i försörjningskedjan (Gibson et al., 2005; Reis et al., 2017). Vidare kan intern logistik ses som SCM på en mikronivå i produktionen. En sammanställning av klassificeringarna som används som interna och externa risker presenteras i tabell 1.

Tabell 1: Klassificering av interna och externa risker

Klassificering	Risktyper	Förklaring	Litteraturhänvisning
Interna risker	Operativa risker Produktionsrisker Intern logistik Designrelaterade risker Kvalitet i produktionsprocessen Interna processer	• Produktionsrelaterade risker som tekniska fel, förluster under produktionsprocessen, produktions- eller designförändringar, tekniska förändringar och tillverkningsvariationer • Intern logistik innefattande hantering av inkommande gods och lagerstyrningsaktiviteter till produktionslinjer och flödet genom tillverkningen med tillhörande informationsteknik • Exempelvis underhållsfaktorer eller haveri på utrustning, informationssystemavvikelser internt, produktionsrelaterade kvalitetsvariationer och arbetsmiljön i produktionsprocesserna	Dias et al., 2020; Ibrahim & Chassapis, 2017; Reis et al., 2017; Wu & Olson, 2010
Externa risker	SCRM Miljöfaktorer Makronivå Extern logistik Inkommande logistik	• Störning i styrningen av flödet/ försörjningskedjan mellan företag och leverantörer • Tvärfunktionell orientering och flera parter inblandade i logistiknätverket • Exempelvis marknadsfaktorer, naturkatastrofer, förändringar i regelverk, leverantörsrelaterad problematik, sourcingstrategi och faktorer förknippade med inkommande logistik för transport, godsmottagning och lagring	Thun & Hoening, 2011; Pfohl et al., 2010; Dias et al., 2020; Tummala & Schoenherr, 2011; Wu & Olson, 2010; Diabat et al., 2012
Risker i värdekedjan (interna & externa)	Utgår från ett utvidgat perspektiv på SCM	• Risker relaterade till information, material och produktflöden från förstahandsleverantör till leverans av produkt till slutanvändare • Inkluderar både de interna och externa riskerna ovan	Jüttner et al., 2003; Fan & Stevenson, 2018

3.1.2 Riskhantering

Riskhantering kan definieras som en iterativ och systematisk process för att identifiera och förstå risker som är förknippade med en produkt eller en tillverkningsprocess, hur riskerna kan kontrolleras, bedömas och vilka åtgärder som behöver vidtas (Mascia et al., 2020; Tupa et al., 2017; ISO, 2018). Riskhantering ska anpassas efter organisationens behov och vara en del av organisationens syfte, mål och processer (ISO, 2018). Vidare ska organisationer nå sina mål genom att fatta faktabaserade beslut och det är ledningens ansvar att säkerställa att rätt kompetens finns, ta fram policy, tilldela ansvar till personer på lämplig nivå i organisationen och säkerställa att riskhanteringsmetoden är implementerad och fungerar effektivt. Det bör tydligt framgå var, när, hur och av vem beslut fattas inom organisationen. Risker kan sedan angripas med olika strategier, metoder samt verktyg och riskprocessen påverkar produktionsprocessens

tillförlitlighet och produktens kvalitet (Haughey & Train, 2020). Gemensamt för riskhanteringsprocesser är att de ofta inkluderar de typiska stegen riskidentifiering, riskbedömning, beslut och genomförande av riskhanteringsåtgärder samt riskövervakning (Hallikas et al., 2004).

Riskidentifiering
Första steget i riskhanteringsprocessen är att identifiera och beskriva risker. Det är viktigt att ha aktuell och ändamålsenlig information (ISO, 2018; Chapman, 2001; Neghab et al., 2011). Det är viktigt att särskilja risker och dess potentiella påverkan för att inte blanda in effekterna av riskerna i detta steg (Chapman, 2001). Det finns olika tekniker som kan användas för att identifiera risker och hänsyn bör tas till faktorer som indikerar hur riskerna uppkommer, dess inverkan på resultatet och subjektiviteten hos de inblandade parterna. De mest använda metoderna för att samla in denna data är brainstorming och intervjuer (Hallikas et al., 2004; Tummala & Schoenherr, 2011).

Fiskbensdiagram, även kallat Ishikawa eller orsak-verkan-diagram, kan användas för att fastställa orsaker till problem genom att tänka igenom alla möjliga orsaker till en viss typ av potentiellt problem (Liliana, 2016). Författaren menar att diagrammet kan vara behjälpligt vid analys och utvärdering av maskindelars precision inom maskinkonstruktion. AIAG och VDA (2019) rekommenderar att använda ett fiskbensdiagram genom att identifiera felorsaker vid processfel. Vilka orsakskategorier som används kan variera mellan författare, men figur 19 i bilaga H anger en vanlig indelning.

Riskbedömning
Syftet med det andra steget i riskhanteringsprocessen är att analysera, utvärdera och förstå varför riskerna uppkommer. Metoder för att göra riskbedömning kan vara kvalitativa, kvantitativa eller semikvantitativa (Hallikas et al., 2004; Tummala & Schoenherr, 2011). Det är viktigt att dokumentera den subjektivitet som kan uppkomma vid främst kvalitativa bedömningar, exempelvis antaganden, personer som är inblandade i processplanering, kvaliteten på indata och begränsningar med använda metoder (ISO, 2018). En beprövad metod för att göra riskbedömningar är den kvantitativa metoden Probabilistic Risk Assessment (PRA) som baseras på förekomst och allvarlighetsgrad för att beräkna sannolikheten för att en risk ska inträffa (Aven & Zio, 2014). Vidare framhåller författarna att flera forskare ser begränsningar med PRA eftersom den mänskliga faktorn ofta betraktas som oförutsägbar, då bakomliggande orsaker som kompetensbrist kan vara avgörande.

En semikvantitativ och mindre komplex metod för att göra riskbedömning är att åskådliggöra risker i en tvådimensionell matris med sannolikhet för uppkomst av fel och allvarlighetsgraden vid felets inträffande (Gray et al., 2019). Ett exempel på en sådan riskmatris presenteras i figur 20 i bilaga H. Begränsningarna är att metoden inte tar hänsyn till en tredje dimension och inte är nog exakt, vilket gör att en felmarginal kan innebära skillnaden mellan en accepterad och oaccepterad risk.

Riskhanteringsåtgärder
I tredje steget ska, utifrån resultatet från riskbedömningen, alternativ för att hantera risken tas fram och det lämpligaste alternativet väljas för att behandla risken (Hallikas et al., 2004; Tummala & Schoenherr, 2011). I vissa fall kan det beslutas om att inte hantera risken. Besluten ska vara både ekonomiskt grundade och grundade utifrån organisationens strategi, mål, medarbetare och processer (ISO, 2018). För att välja prioriteringsordning används ofta en metod där de valda parametrarna multipliceras, vilket innebär att varje risk får en totalsiffra med samma vikt från alla faktorer (Baccarini & Archer, 2001). Dessa siffror delas sedan upp i olika

kategorier beroende på riskacceptansen och därefter kan hanteringsåtgärder för de prioriterade riskerna tas fram.

Risköervakning
För att identifiera nya risker och förbättra riskhanteringsprocessen är det viktigt att övervaka, analysera, dokumentera och komma med feedback kontinuerligt i alla steg i processen (ISO, 2018). Med fungerande risköervakning ska det vara enkelt att följa riskhanteringsprocessen och se hur riskhanteringen påverkar organisationens prestation (Hallikas et al., 2004; Tummala & Schoenherr, 2011). Detta kan vara rutiner som att kontinuerligt kontrollera kvaliteten på produkter, övervakning av avvikelser i produktionen och hur upprepade fel hanteras (Ng et al., 2003). Detta är en process som måste skräddarsys efter organisationens processer, mål och syfte.

Sammanfattningsvis finns det svårigheter med riskhanteringsmetoden vad gäller prestandamätning, då det inte framgår konkreta nyckeltal för relationen mellan organisationens resultat och en lyckad användning av metoden (Maletič et al., 2020). Detta kan bidra till att riskhanteringsmetodens potential blir lidande för att investeringar och implementeringar blir svårmotiverade. Aven (2020) menar att det är beskrivet hur risker hanteras, men att det finns mycket kvar att göra. Ledare inom området behöver gå in på hur riskområdet ska fortsätta utvecklas och belysa kvalitetshantering och prestationsanalyser.

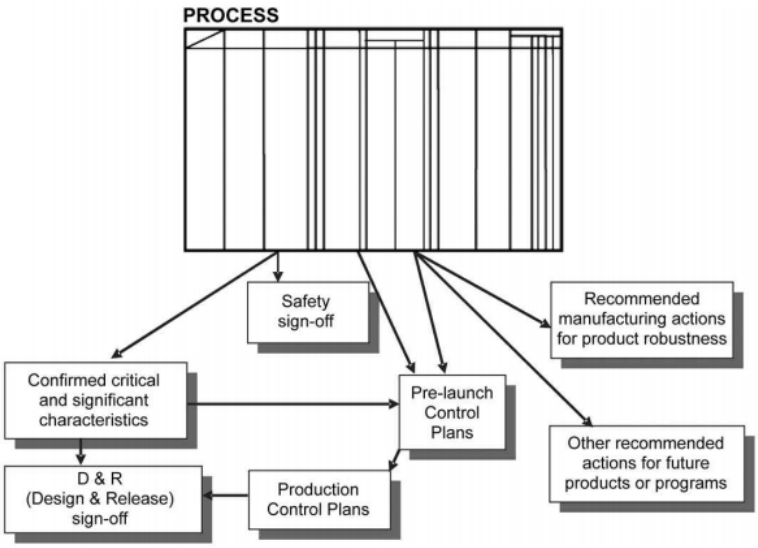
3.2 Standardiserade arbetssätt för riskhantering

Liker (2009) beskriver i The Toyota Way att en av de fyra viktigaste utgångpunkterna i Toyota Production System (TPS) är att rätt process ger önskvärt resultat, där rätt från början, standardisering och visualisering är eftersträvansvärt för en jämn och lyckad linjeproduktion. Ohno (1988) som i hög grad var delaktig i ursprunget av TPS, nämner att en amerikansk arbetare kunde tillverka nio gånger så mycket som en japansk arbetare. För att den japanska bilindustrin skulle överleva var det kritiskt att minska slöserier och på så vis öka produktiviteten, vilket var grunden till Lean och TPS. En av de mest kända och använda verktygen inom Lean är 5S. 5S bygger på en välorganiserad och fungerande arbetsplats med tydliga arbetssätt, vilket är en grund för att standardisera (Liker, 2009). Det är speciellt viktigt med standardisering för att upptäcka avvikelser, bidra till förutsägbarhet och skapa lärande, vilket i sin tur leder till minskad variation i kvalitet och tidsåtgång. Detta i sin tur resulterar i minskade slöserier och ökad produktivitet i enighet med Lean och TPS (Petersson et al., 2017). Författarna menar vidare att standardiserade arbetssätt är viktigt för organisationens lärande och att det ger möjlighet att förverkliga nya idéer genom att kontinuerligt nyttja befintlig kompetens och uppdatera standarderna. Det finns också kritiska röster som menar att implementeringen av Lean inte är så enkelt som det kan verka i litteratur (Bowen & Spear, 1999; Modig & Åhlström, 2015). Hela flödet och företagskulturen behöver beaktas vid implementering och inte bara enskilda verktyg, men samtidigt menar Modig och Åhlström att Lean ofta används utan anpassning till olika abstraktionsnivåer. Det som särskiljer framgångsrika implementeringar av Lean är utöver tydliga regler, hög grad av struktur och detaljerade arbetssätt även engagerade medarbetare på alla nivåer inom organisationen. En strukturerad arbetsmiljö och engagerade medarbetare i förbättringsarbetet är hörnstenar inom en lärande organisation (Bowen & Spear, 1999).

3.2.1 PPAP

För att skapa en hållbar tillväxt i fordonsindustrins distributionskedja samverkar ledande företag i branschen för att skapa föreskrifter, standarder och krav genom den ideella organisationen Automotive Industry Action Group (AIAG). AIAG har varit med och tagit fram den internationella standarden IATF 16969, som är en utvecklad version av den mest använda kvalitets-

standarden i fordonsindustrin ISO/TS 16949 (AIAG, 2020). En del i att uppfylla IATF 16969 är att använda sig av PPAP, som är ett sätt att säkerställa kvaliteten genom distributionskedjan. PPAP beskrivs som en iterativ process vars innehåll kontinuerligt ska uppdateras vid ändringar i produktkrav eller i tillverkningsprocessen (Belu et al., 2013). De dokument som PPAP ska innefatta presenteras i bilaga H. Dokumenten i PPAP som är kopplade till FMEA utöver DFMEA och PFMEA, är flödesschema och styrplan. Ett flödesschema är en karta över tillverkningsprocessen och ska illustrera processflödet för att på ett enkelt sätt öka förståelsen för risker (Mikulak et al., 2017). Ett flödesschema kan däremot se olika ut mellan olika organisationer (AIAG & VDA, 2019). En styrplan beskrivs som ett sätt att summera åtgärder för kvalitetsplanering för artikel- och processspecifikationer tillsammans med dess kontrollmetoder för respektive egenskap (Jumbad & Chel, 2018; Belu et al., 2013; Stamatis, 2013). Studierna nämner att det ska finnas en direkt koppling mellan PFMEA och styrplanen eftersom PFMEA är ett sätt att identifiera riskerna, medan styrplanen är ett sätt att implementera proaktiva åtgärder och därmed minska kostnader. En styrplan kan innefatta kritiska och signifikanta egenskaper, potentiella fellägen, säkerhet för operatören och åtgärder för att upptäcka och minska kvalitetsvariationer. Det utfall som kan användas från en PFMEA till styrplanen illustreras i figur 3.



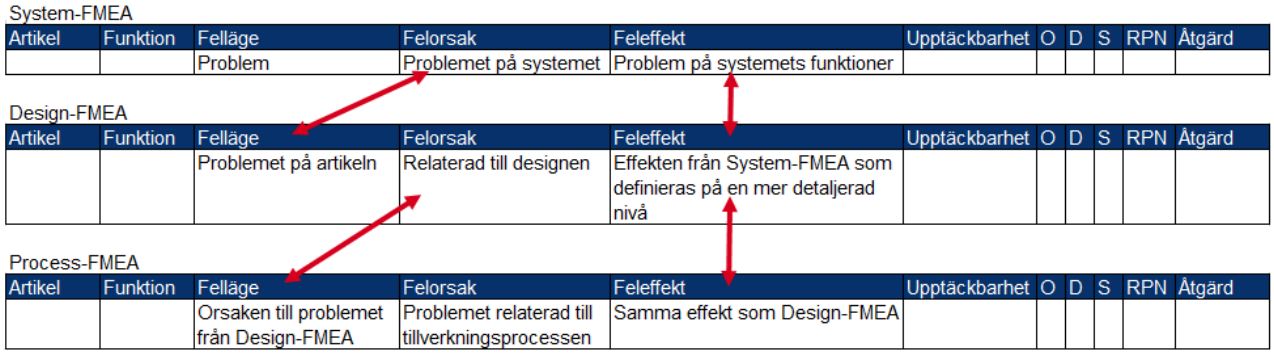
Figur 3: Kopplingen mellan styrplan och PFMEA (Belu et al., 2013)

För att uppfylla IATF 16969 och PPAP innefattas FMEA som en del för att säkerställa att kvalitetskraven uppfylls. AIAG har därför utvecklat en handbok som beskriver utförandet av FMEA, där den senaste versionen är utgiven 2019 och utgör grunden för det internationella FMEA-arbetet (AIAG & VDA, 2019).

3.2.2 FMEA

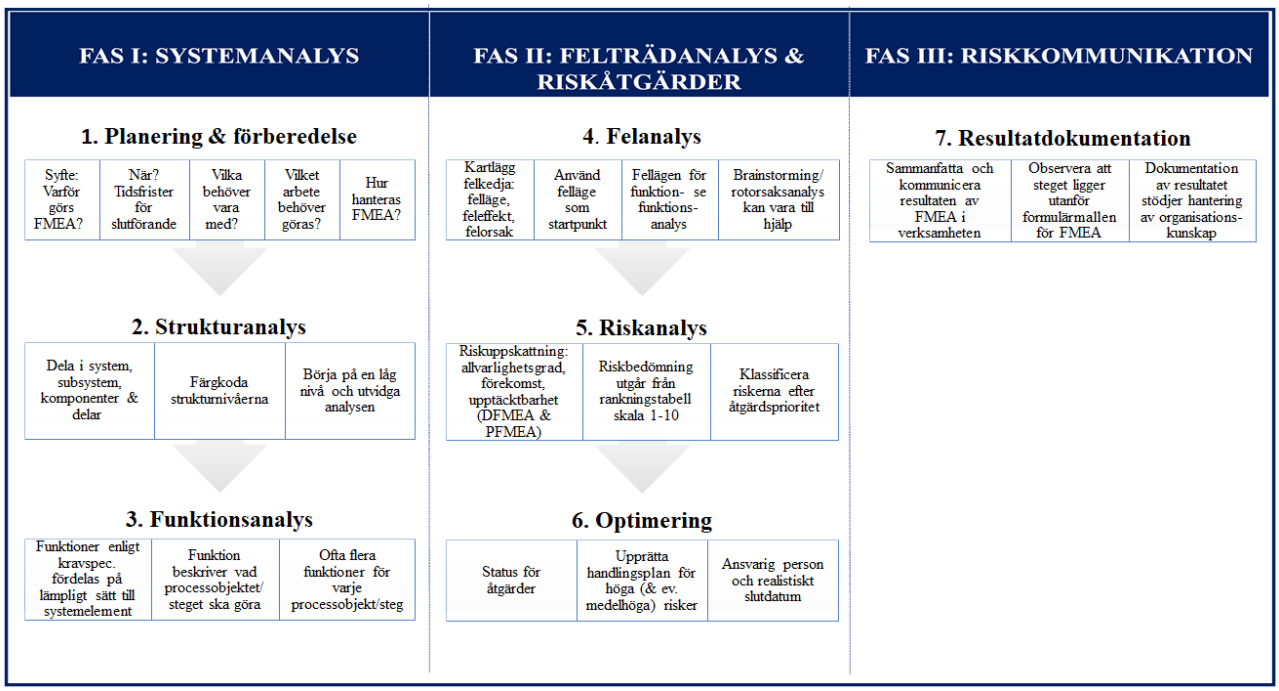
FMEA syftar till att systematiskt identifiera, konsekvensbedöma och prioritera risker för design, process och system (Mascia et al., 2020; Neghab et al., 2011; Stamatis, 2013). Design- och process-FMEA är två olika varianter som används av konstruktions- respektive produktionsavdelningen. Det finns även en kompletterande variant som benämnd system-FMEA (SFMEA), där analysen görs för funktioner på systemnivå för koncept eller design (AIAG & VDA, 2019; Stamatis, 2013; Neghab et al., 2011). I figur 4 illustreras en teoretisk koppling mellan FMEA-varianterna, där orsaker för systemutformningen visar sig som felläge i designvarianten och orsaker i designvarianten visar sig som fellägen i processvarianten (Neghab et al.,

2011). Fördelen med att använda en SFMEA är att kunna välja det optimala systemet samt att identifiera fellägen för systemet och dess samverkan med de olika delsystemen. DFMEA är behjälplig vid prioritering av designändringar, för att identifiera kritiska och signifikanta egenskaper samt identifiera fellägen tidigt i produktutvecklingsprocessen. PFMEA är behjälplig vid utvecklingen av styrplan, vid identifiering av processbrister och fastställning av åtgärdsplan (Stamatis, 2013).



Figur 4: Relationen mellan olika varianter av FMEA. Justerad (Neghab et al., 2011)

Den senaste handboken för FMEA rekommenderar en sjustegsmetod bestående av de tre huvudfaserna systemanalys, felanalys och riskåtgärder samt riskkommunikation. En sammanställning av de sju stegen från standarden tillsammans med Gueorguiev et al. (2020) senaste forskning om vad som är viktigt att tänka på i varje steg presenteras i figur 5.



Figur 5: FMEA-metod inspirerad av AIAG och VDA (2019) och Gueorguiev et al., (2020)

Den första fasen handlar om att att planera användningen av FMEA, göra nedbrytningar av konstruktionen i mindre delar och se till att funktioner som är kravspecificerade fördelas på lämpligt sätt. Steg 1, Planering och förberedelse, bygger på en nyligen framtagen femstegsprocess för att underlätta fokusområde. Dessa processteg har även skrivits om tidigare, då även inkluderat en bugetfaktor (Press, 2003). Syftet i första steget avser att avgöra om FMEA är ett

lämpligt val, vilket baseras på om projektet tillhör någon av de tre kategorierna (Gueorguiev et al., 2020):

- Ny design, ny teknik eller ny process
- Ny tillämpning av befintlig design eller process
- Tekniska förändringar i en befintlig design eller process.

Den andra fasen beskriver kärnstegen för utvecklingen av FMEA-mallen som visas i bilaga D. I Felanalysen är det viktigt att förstå felkedjan bestående av felläge, feleffekt och felorsak samt hur de hänger samman (Gueorguiev et al., 2020). En risk vid sammanblandning av begreppen i felkedjan är att rotorsaken till problemen inte identifieras (Banduka et al., 2016). Riskanalysen handlar sedan om att uppskatta riskerna genom att utvärdera risktalet (RPN) (Gueorguiev et al., 2020). RPN består av de tre faktorerna Felsannolikhet (O) som talar om hur ofta ett fel inträffar, Allvarlighet (S) som avgör allvarlighetsgraden för felet och Upptäckbarhet (D) som talar om hur svårt felet är att upptäcka (Chen, 2007). Dessa faktorer bestäms efter en semikvantitativ bedömningsskala mellan 1-10 som presenteras i bilaga E. Bedömningen av riskernas totala RPN beräknas enligt ekvation (1).

$$RPN = O \cdot S \cdot D \tag{1}$$

Optimeringssteget i figur 5 åsyftar beslut om åtgärder för att reducera risken att felet uppkommer i ett senare skede och en handlingsplan med utsedd ansvarig samt en tidsplan rekommenderas för de risker med högsta prioritet. Dessa uppgifter ska ingå i FMEA-mallen tillsammans med status för åtgärden.

Slutligen handlar fas 3 om att se till att resultatet från analysen används på bästa sätt genom riskkommunikation inom verksamheten, vilket syftar till att förebygga risker och underlätta organisationens lärande från förändringsprojektet. Denna del finns inte inom ramen för FMEA-mallen, men vikten av kommunikation framhålls i standarden och kan presenteras via exempelvis en sammanfattande rapport med funktionernas utveckling, högriskfelen och åtgärdsprioriteringarna samt tidsplanen för utförandet (AIAG & VDA, 2019).

3.2.3 DFMEA

DFMEA används i produktuvecklingsfasen och syftar till att identifiera fellägen och bedöma dess påverkan på konstruktionen, där konstruktionsansvarig ansvarar för det tekniska innehållet (Pawar & Mukhopadhyay, 2015; AIAG & VDA, 2019; Rana & Belokar, 2017). Vid mer komplexa system bryts DFMEA ned i delsystem för att möjliggöra analys av hur artiklarna påverkar funktionen (AIAG & VDA, 2019). Det är möjligt att sammankoppla DFMEA och PFMEA för en förenklad bedömning av feleffekten och allvarligheten. En utgångspunkt är att allvarligheten ska vara densamma för DFMEA och PFMEA när feleffekten är densamma. Om bedömningen av allvarlighet för slutkunden däremot inte inkluderas i PFMEA är det inte möjligt att sammankoppla PFMEA med DFMEA.

3.2.4 PFMEA

Att estimera risker genom att utvärdera dess förekomst, allvarlighet och upptäckbarhet samt att prioritera åtgärder för att förhindra processproblem är syftet med PFMEA (Mikulak et al., 2017; AIAG & VDA, 2019). Utfallet från en PFMEA är bland annat en lista på fellägen

med rangordning och en sammanställning av rekommenderade åtgärder för kritiska och signifikanta egenskaper för tillverkningsprocessen (Stamatis, 2013; Banduka et al., 2016). Författarna menar vidare att utfallet från en PFMEA kan användas till att identifiera processbrister, korrigera åtgärdsplanen, användas som stöd för utveckling av styrplanen, fastställa prioritet för korrigerande åtgärder och dokumentera motiverade förändringar. Med hjälp av detta kan PFMEA underlätta utvärdering av tillverkningsprocessen, utgöra underlag för förbättringar av process och produkt, påvisa avvikelser från uppställda säkerhetskrav, utvärdera och jämföra lösningar samt säkerställa uppfyllda kravspecifikationer. Resterande del av avsnittet behandlar specifika begränsningar och framgångsfaktorer för PFMEA-arbetet.

Omfattning

FMEA är en semikvalitativ analysmetod som är beroende av teamets kompetens och valda beslut, vilket innebär en grad av subjektivitet (AIAG & VDA, 2019). PFMEA kräver en gruppstrategi och genomförs ofta via en brainstormingprocess, där fem till tio deltagare från olika områden anses optimalt (Silverman & Johnson, 2013). Vidare kan PFMEA bli tids- och resurskrävande samt riskerar att styra arbete i fel riktning om fel avgränsningar görs. Samtidigt anser författarna att skynda igenom tillförlitlighetsfrågor har visat sig vara grundorsaken till 30% av felen inom en organisation och därmed den främsta orsaken till att företag fokuserar på ytliga problem och rekommendationer. FMEA-arbetet bör därför delas upp i maximalt tvåtimmarsblock. Som stöd för att sedan avgöra beslut om avgränsningar lyfter PFMEA-handboken från AIAG och VDA ett antal frågor. Nedan presenteras ett urval av dessa, kategoriserade efter områden:

- **Förändring och kravställning**
  Finns nya krav? Vilka processer eller element orsakar risker vid förmedling av krav och egenskaper?

- **Sourcingstrategi och designkontroll**
  Ska tillverkningen ske internt? Finns designkontroll? Vem är ansvarig för gränssnittdesignen?

- **Risknivå**
  Vilken nivå behövs för analysen; system-, delsystem- eller komponentnivå?

Risknivån är viktig för tillverkande företag, då en PFMEA behandlar risker inom anläggningen som kan påverka produktkvaliteten (AIAG & VDA, 2019). Det behövs tydliga avgränsningar från början för att säkerställa ett konsekvent angreppssätt för exempelvis ett helt processflöde, på artikelnivå eller för ett visst bearbetningssteg i processen (Silverman & Johnson, 2013). Exempel på interna processer som kan påverka kvaliteten är mottagningsprocesser, dellagringar av material, leveranser, tillverkningssteg, märkningar, montering, förpackning, lagerhållning, underhåll och omarbetningar samt transport (AIAG & VDA, 2019). Vidare kan faktorer som lagkrav, tekniska krav, kravspecifikationer för produkten, interna och externa kundbehov, systemdiagram och schematiska översikter som 3D-modeller, Bill of Materials (BOM), underlag från tidigare PFMEA för likande produkter, statistik för produktkvalitet och tillförlitlighet samt säkerhetsfaktorer för människor och system tas i beaktning för att avgöra avgränsningarna. Vidare rekommenderas att ta hjälp av konstruktörer via ett DFM-arbete eller kvalitetsavdelningen som har större insikt i de ovan nämnda faktorerna (AIAG & VDA, 2019). Avslutningsvis för att minska subjektiviteten framhålls vertikalt före horisontellt arbete med PFMEA-kalkylbladet, då samtliga fellägen avgörs innan bedömning sker och på så sätt uppnås en mer rättvis och tidseffektiv bedömning då riskerna kan ställas i relation till varandra (Silverman & Johnson, 2013).

Riskbedömning
Det finns en fara i att inte anpassa bedömningsmatriserna efter företaget och produkttypen, som leder till att antingen för många eller för få problem att hantera identifieras (Silverman & Johnson, 2013. Om ett företag exempelvis tillverkar militär säkerhetsutrustning, kan inte poängsystemen översättas till en produktion utan säkerhetsklassning då allvarligheten skulle bedömas till 10 för ett stort antal risker. För att underlätta riskidentifieringen kan olika metoder kombineras med FMEA; flödesschema, ritningar, felträdsanalys och digitala modeller är några exempel (Gueorguiev et al., 2020). Neghab et al. (2011) har gjort en lyckad fallstudie som kombinerar FMEA med den kvantitativa metoden diskret händelsestyrd simulering. Författarna menar att detta är ett bra sätt att utnyttja styrkan av de kvalitativa metoderna samtidigt som kvantitativa metoder kan minska subjektiviteten i riskhanteringsprocessen.

Flera studier ifrågasätter den matematiska förklaringen till beräkning av risktalet; ett problem är att olika kombinationer kan ge samma RPN-värde, vilket resulterar i att det inte går att skilja på vilken risk som ska prioriteras (Baynal et al., 2018; Yazdi et al., 2020; Bhuvanesh Kumar & Parameshawara, 2020). Några förslag som nämns i litteraturen är att vikta faktorerna i risktalet genom att kombinera PFMEA med matematiska modeller som Fuzzy logic, Grey Relational Analysis (GRA) eller Analytic Hierarchy Process (AHP). I den nyaste standarden presenteras en alternativ metod för att prioritera riskerna, benämnd Action Priority (AP), där allvarlighet prioriteras högst, därefter felsannolikheten och sist upptäckbarheten (AIAG & VDA, 2019). AP-bedömningen återfinns i bilaga F.

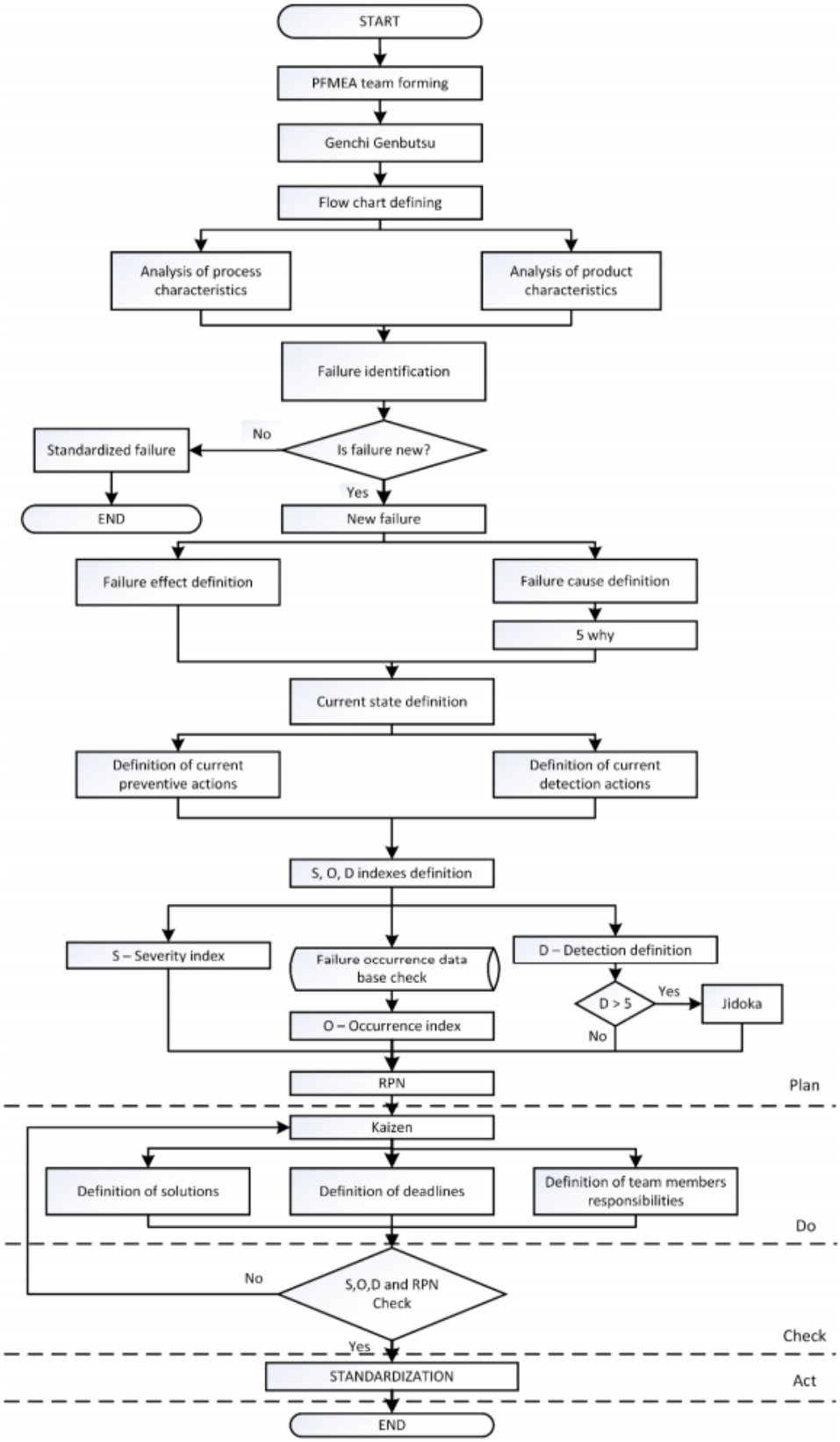
Inlärning och ägandeskap
Utbildning inom PFMEA är nödvändigt för att skapa en förståelse för metodiken, vilket resulterar i att arbetsprocessen blir mer tidseffektiv (Silverman & Johnson, 2013). Utbildning ger även organisationen möjlighet att förmedla hur de strategiska målen ska användas under PFMEA-arbetet. Utöver utbildning rekommenderas en tvärfunktionell arbetsgrupp under PFMEA-arbetet, där användning av en moderatorfunktion som har bra kännedom om PFMEA rekommenderas (AIAG & VDA, 2019). Moderatorn ska koordinera och organisera PFMEA-arbetet för att göra arbetsgången mer tidseffektiv och dokumenteras korrekt. Även Silverman och Johnson (2013) framhåller vikten av en moderator som är kunnig inom metodiken och analysområdet, tillräckligt stark för att bryta icke värdeskapande diskussioner samt uppmuntra nya tankar och evidensbaserade resonemang. Vidare beskrivs att projektledare bör äga och ansvara för uppdatering av en PFMEA. Processingenjören bör istället vara ansvarig för det tekniska innehållet i en PFMEA (AIAG & VDA, 2019).

Systemstöd
Många studier har föreslagit automatiserade systemstöd för ett förenklat PFMEA-arbete (Gan et al., 2012; Teoh & Case, 2005; Price & Taylor, 2002). Fördelar med ett systemstöd är uppnå en samsyn i riskanalysen, att enklare ta del av tidigare projekt med en gemensam databas samt sammanlänkning av olika verktyg och dokument som används tillsammans med PFMEA (Stamatis, 2013; Feili et al., 2013; Banduka et al., 2016). Stamatis (2013) nämner att behovet av ett systemstöd för PFMEA är beroende av dess omfattning, men att ett Excel-blad kan räcka i många fall. Däremot kan en programvara underlätta uppdatering av en PFMEA, minska skrivfel och förenkla sammanlänkningen mellan dokument. Det finns både kommersiella systemstöd och möjligheten för organisationer att utveckla egna system utifrån deras förutsättningar (AIAG & VDA, 2019). 90 % av alla FMEA- och styrplansdokument innefattar felaktigheter och därför har AIAG utvecklat Core Tools Support (CTS) (AIAG, 2021). CTS är ett molnbaserat system som underlättar hanteringen av dokument tillhörande PPAP, där det är enkelt att sammankoppla flödesschema, PFMEA och styrplan. En annan fördel med

CTS är att det är möjligt att ha flera användare och med en integrerad revisionslogg är det enkelt att följa med de förändringar som är utförda och när de är utförda. XFMEA utgivet av Reliasoft är ett annat systemstöd med ett användargränssnitt likt Excel och en databas som underlättar användningen av PFMEA som en lessons learned och ta del av bästa praxis. XFMEA förenklar även sammankopplingen av flödesschema och styrplan (Reliasoft, 2021). Det finns även en möjlighet att anpassa programmet efter organisationens behov (Molhanec et al., 2011). De två mest använda systemstöden för FMEA är Formuser av Engineered Work Systems och FMEAPLUS av Ford Motor (Stamatis, 2013).

PFMEA och Lean

Leanarbete syftar till att minska slöserier, öka produktiviteten och ständigt förbättra verksamheten genom att identifiera, förebygga och agera på avvikelser (Liker, 2009; Petersson et al., 2017). Det stämmer överens med syftet som PFMEA har i produktionsprocessen (AIAG & VDA, 2019). Inom fordonsindustrin är Leanstrategier vanligt förekommande och samtidigt är PFMEA ett krav för uppfyllandet av PPAP, vilket innebär att organisationer både har etablerade Lean- och PFMEA-arbeten (Belu et al., 2013; Banduka et al., 2016). Vetenskapliga studier som kombinerar PFMEA med Leantillvägagånssätt är därför vanligt förekommande (Banduka et al., 2016; Kumar & Parameshwaran, 2019; Puvanasvaran et al., 2014). Banduka et al. (2016) integrerar Leanverktyg och Leanprinciper i en arbetsprocess med fyra faser som grundar sig i den iterativa Deming PDCA-cykeln (plan-do-check-act). Denna Lean-PFMEA-approach är framtagen som en fallstudie inom fordonsindustrin och presenteras i figur 6. Planeringsfasen är nedbruten i steg som stöd för utförandet av en detaljerad analys och utförandefasen är relaterad till Kaizen, som innebär kontinuerliga förbättringar i många små steg som ger stor effekt över tid (Petersson et al., 2017). Kontrollfasen behandlar uppföljning av utfall samt RPN och handlingsfasen syftar slutligen till framtagning av en standardiserad lösning. Några exempel på Lean-principer som används i modellen är Fem Varför för utredning av grundorsaker till fel, standardisering av åtgärder för att undvika att fel återupprepas och behandla otydliga avvikelser med högre RPN för strävan mot noll fel enligt Kaizen (Banduka et al., 2016). Andra Lean-principer som nämns i studien är optimering av oanvända resurser i organisationen samt att involvera operatörer och se efter i produktionen vid felidentifiering, vilket i Lean-termer brukar kallas Genchi Genbutsu för analys av den faktiska situationen i produktionen (Liker, 2009).



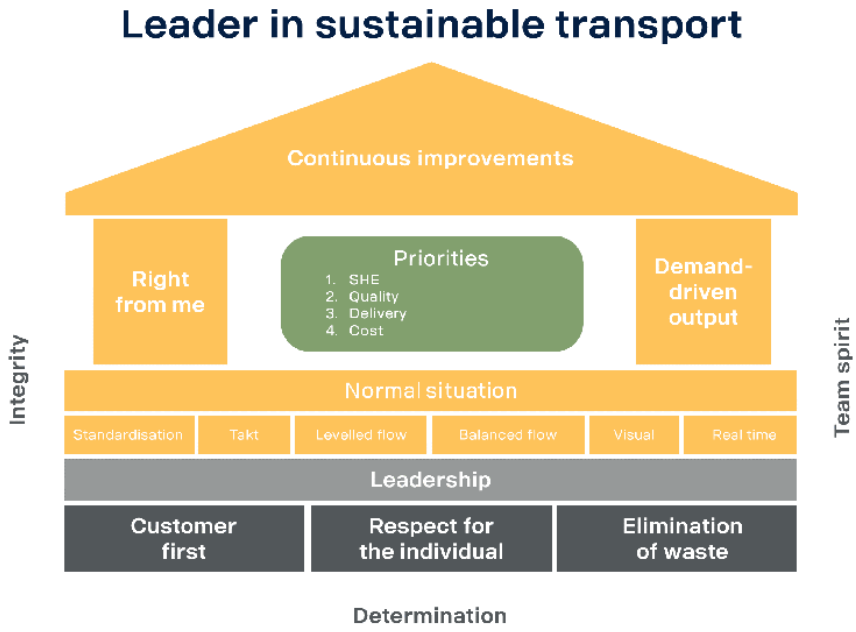
Figur 6: PFMEA med Leanapproach (Banduka et al., 2016)

4 Fallstudie

Fallstudien är indelad i fallstudiebeskrivning, nulägesanalys och gap-analys. Fallstudiebeskrivningen är en sammanställning av de arbetsprocesser som är nödvändiga för att förstå PFMEA i en organisatorisk kontext. Nulägesanalysen avser sammanställning av resultaten från intervjustudierna. Avsnittet avslutas med en gap-analys som sammanfattar nuläget gentemot målläget och en sammanställning av identifierade framgångsfaktorer med PFMEA-arbetet.

4.1 Fallstudiebeskrivning

Scania strävar efter att uppnå bästa möjliga resultat genom att ha gemensamma värderingar inom organisationen, vilket sammanfattas i Scania Production System (SPS) (Scania, 2021a). SPS beskriver organisationens gemensamma värderingar, principer och metoder, som tillsammans definierar hur Scania ska byggas upp på ett effektivt och hållbart sätt. Hur delarna i SPS är sammankopplade åskådliggörs i Scaniahuset som presenteras i figur 7. Grunden beskriver Scanias kärnvärderingar och ledarskap, golvet, väggarna och taket utgör principerna, medan insidan på Scaniahuset beskriver prioriteringsordningen för förbättringsåtgärder.

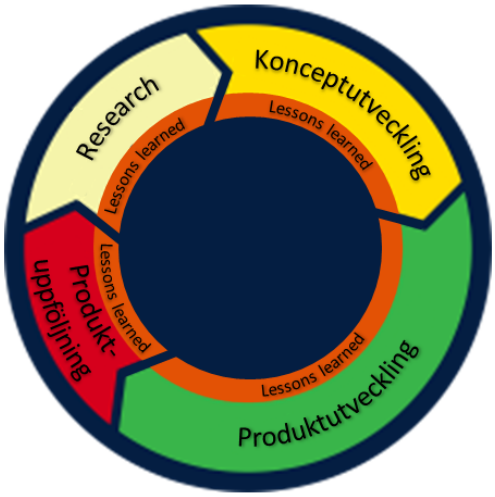


Figur 7: Scaniahuset (Scania, 2021a)

Standardiserade metoder och arbetssätt är en del av Scanias principer för att skapa ett normalläge att utgå ifrån, vilket stödjer processtabilitet och jämn kvalitet. För kvalitetssäkring av tillverkningsprocesser används PPAP, där Scania har en egen standard för hur deras produktionsenheter ska tolka och tillämpa PPAP (Scania, 2021b). I standarden beskrivs 18 aktiviteter för en kvalitetssäkrad process, det vill säga en godkänd PPAP. Tre av dessa aktiviteter påverkar PFMEA-arbetet, vilka är DFMEA, flödesschema och styrplanen. DFMEA, eller någon enklare form av riskbedömning, ska utföras av konstruktionsavdelningen och bör användas som indata i PFMEA-arbetet. Tillverkningsprocessen, inklusive kontroll- och mätåtgärder, ska redovisas i ett flödesschema vilken ska ligga som grund för PFMEA och styrplanen. Styrplanen är den sista aktiviteten, vilken är en sammanställning av hur kvaliteten ska kontrolleras för de risker

som identifierats i FMEA-arbetet. Dessa dokument beskrivs som levande dokument och ska uppdateras vid förändringar i tillverkningsprocessen.

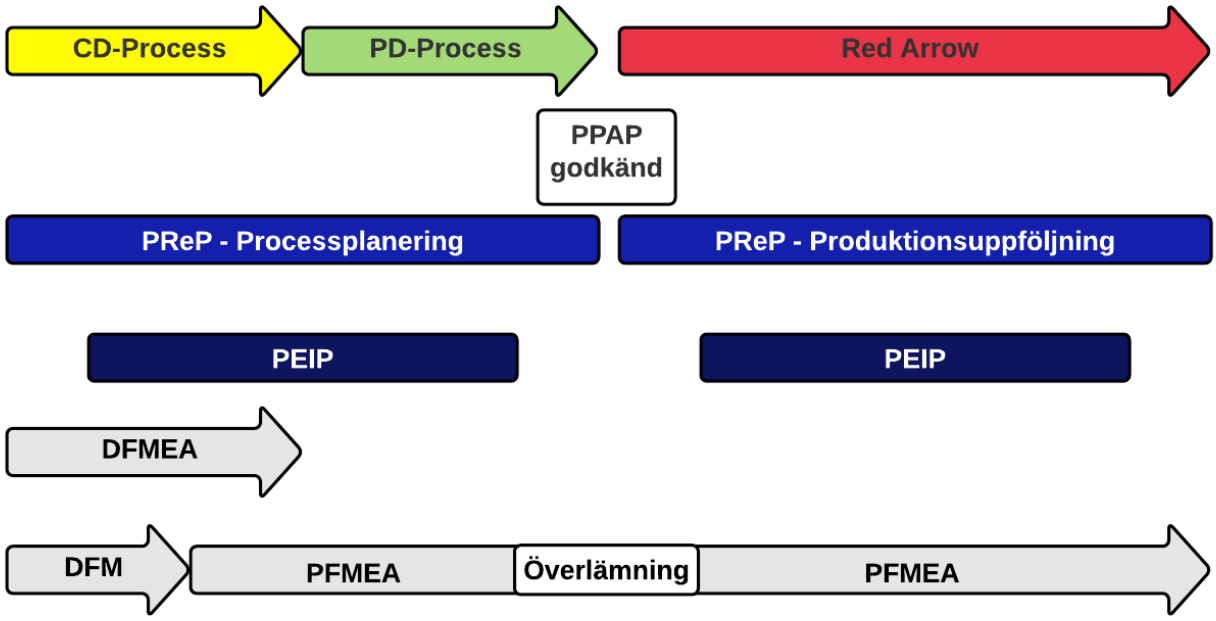
För att förenkla arbetet mot en godkänd PPAP har Scania nyligen utvecklat arbetsprocessen PReP (Scania, 2021c). PReP beskriver utvecklingen av ett processflöde för en artikel från idé till ett implementerat produktionsflöde. Den är främst utvecklad för ansvarig för processplanering, benämnd beredare. PReP appliceras vid artikel- och produktintroduktioner, Concept Development/Product development process (CD/PD process), och för produktionsuppföljning i daglig produktion som vidare benämns "Röd pil". I figur 8 illustreras produktutvecklingsprocessen, där en Gul/grön beredare arbetar med CD-/PD-processen och en röd beredare arbetar med produktionsuppföljningen i daglig produktion (Scania, 2021d). Under hela processen beskrivs lessons learned som en viktig del för att lära sig av tidigare misstag, men även att ta upp framgångsfaktorer i riktlinje med den lärande organisationen som Scania är.



Figur 8: Illustration av produktutvecklingsprocessen vid Scania (Scania, 2021d)

PReP är strukturerad i 16 faser som presenteras i bilaga G (Scania, 2021c). De 16 faserna innefattar huvudaktiviteter för att säkerställa att rätt arbete utförs vid rätt tidpunkt. För att kvalitetssäkra övergången mellan faserna presenteras resultatet för interna kravställare vid 9 fasövergångar. I PReP beskrivs att DFM-arbetet ska initieras i fas 1 och PFMEA-arbetet i fas 6 för att sedan itereras i faserna 7, 9, 10, 11 och 14. PReP är även kopplad till den parallella processen PEIP, som är ett standardiserat arbetssätt vid inköp av produktionsutrustning, främst tillämpad av projektledare inom produktionsteknik (Scania, 2021e). PEIP består av 10 faser som presenteras i bilaga G. Den är, likt PReP, uppdelad i huvudaktiviteter med interna fasövergångar. PEIP beskriver att riskhanteringsprocesserna SHE (Safety, Health & Environment) och PFMEA ska initieras i fas 2 för att sedan itereras i faserna 3, 4 och 6. Enligt Scania-huset är den högsta prioriteringen SHE och Scania har därför en arbetsmiljöhandbok där SHE-processen innefattas (Scania, 2021f). I handboken finns mallar och verktyg som beskriver hur arbetet med SHE ska gå till, som exempelvis riktade riskbedömningar för specifika tillämpningar. För processen finns SHE-koordinatorer och skyddsingenjör med arbetsmiljöansvar som kan ge stöd under arbetsgången.

Figur 9 visar den teoretiska kopplingen mellan PFMEA, DFMEA, DFM, PReP, PEIP, CD/PD-process och produktionsuppföljning. Denna koppling mellan verktygen och arbetsprocesserna har sammanställts av författarna som ett nuläge från vilken fallstudien utgår.



Figur 9: Flödesanalys av hur processerna beskrivs och sammanlänkas i dagsläget

För att, enligt taket på Scania-huset, arbeta med kontinuerligt förbättringsarbete har Scania arbetssätt och system för avvikelsehantering. De arbetssätt och system som främst är kopplade till artikelns kvalitet är Åtgärd Vid Stopp (ÅVS), Åtgärd Efter Stopp (ÅES), FRAS, ProcessUppföljningsSystem (PUS) och EBBA. ÅVS och ÅES är tvärfunktionella arbetssätt för att hantera potentiella risker, avvikelser eller större incidenter (Scania, 2021g). Dessa används när avvikelserna inte kan hanteras med befintliga checklistor. Syftet med ÅVS är att snabbt och effektivt ta kontroll över situationen och förena nyckelpersoner för att hitta en kortsiktig lösning. ÅES är nästa steg och grundar sig i att eliminera rotorsaken med en långsiktig lösning. FRAS är det huvudsakliga globala sättet att få information om kvaliteten på Scanias produkter och artiklar (Scania, 2021h). I FRAS rapporteras ärenden om Exception From Requirement (EFR), vilket sedan ska generera åtgärder för hur avvikelsen ska hanteras. PUS är Scanias system för uppföljning av produktionsprocesser, där produktionspersonalen samlar in data som exempelvis kassationer i syfte att erhålla Overall Production Effectiveness (OPE), det vill säga hur produktionen eller en produktionslinje presterar (Scania, 2021i). EBBA är ett relativt nytt Manufacturing Execution System (MES) vid Scania, som ännu inte har nått en utbredd användning inom organisationen (Scania, 2021j). Det är ett system för styrning och övervakning av produktionen, där produktionsdata lagras i realtid och ger en spårbarhet av artiklar på individnivå. Planen är att EBBA ska ersätta PUS eftersom den data som registreras i PUS är beroende av produktionspersonalens rapporteringsförmåga av avvikelser.

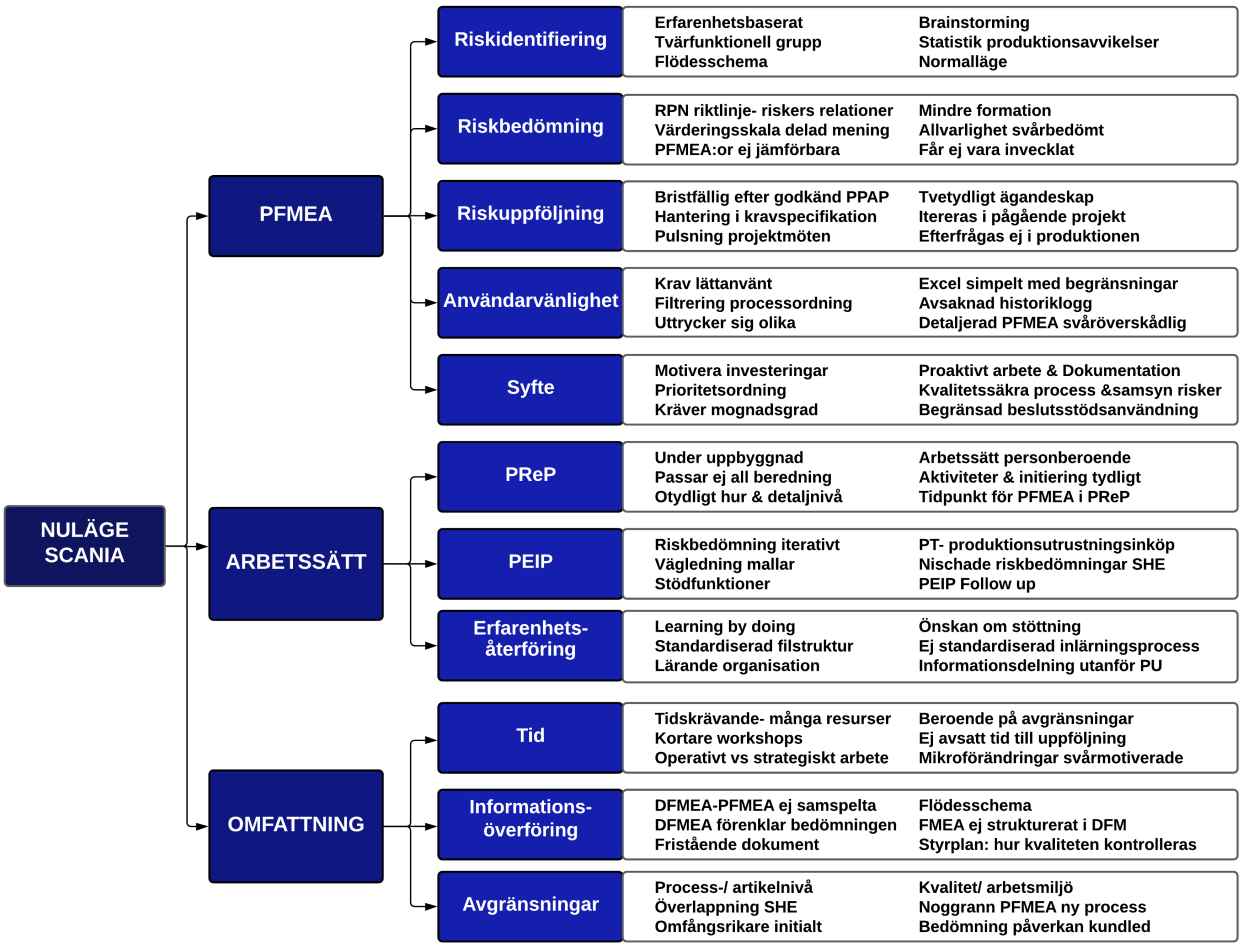
Avslutningsvis för att det ska vara möjligt att jämföra skillnader mellan forskares och utövares åsikter om riskhantering, är det nödvändigt att kartlägga de arbetsprocesser och verktyg som är relaterade till PFMEA. Kartläggningen grundar sig i utmaningen att använda PFMEA som en iterativ process med erfarenhetsåterföring. Eftersom PFMEA inte anses nyttjas i sin fulla potential, undersöks i denna fallstudie hur verktyget PFMEA används inom organisationen med hänsyn till relaterade arbetssätt.

4.2 Nulägesanalys

Nulägesanalysen avser en sammanställning av resultatet, uppdelat i en tematisk analys för Scaniaintervjuerna och en tematisk analys för benchmarkingen mot andra fordons- och komponenttillverkare. I denna del ingår även en sammanställning av observationsstudien, som är sekretessbelagd publikt.

4.2.1 Tematisk analys Scania CV

Figur 10 beskriver nuläget för två bearbetande produktionsenheter vid Scania i Södertälje. Analysen är genererad från citat erhållna från transkriberade intervjuer, som har lett fram till koder och teman.



Figur 10: Tematisk analys för intervjuer vid Scania

Riskidentifieringen genomförs via brainstormingworkshop i en tvärfunktionell arbetsgrupp, vanligtvis under ledning av beredaren för projektet. Sammansättningen av de tvärfunktionella arbetsgrupperna varierar mellan projekt, men beredning, verkstadstekniker, operatörer och specialistfunktioner som processtekniker är vanligt förekommande roller. Logistikfunktioner inkluderas i vissa fall eftersom förflyttning av material kan generera skador på artiklar. I undantagsfall inkluderas en moderatorroll, för att underlätta debatt, säkerställa att gruppen inte låser sig vid förutfattade förutsättningar och underlätta avgränsningar. För att identifiera risker kan produktionsavvikelser vara till stöd, vilka kan inhämtas från källor som PUS, loggböcker från produktionen och FRAS. Riskerna identifieras i synnerhet med hjälp av arbetsgruppens samlade erfarenhet, och kontroll av avvikelsesystem är inte en naturlig del av

PFMEAn generellt. Ett flödesschema över tillverkningsprocessen är ett vanligt stöd för att strukturera genomgången av riskerna. Vid ett fall användes även 3D-modeller för artiklarna som stöd. Avgränsningar, för vilka risker som ska behandlas i en PFMEA, finns det skiljaktiga meningar om och dessa upplevs även utmanande att avgöra. Riskidentifieringen utförs i samtliga fall med hänsyn till faktorer som kan påverka artikelns kvalitet, men i många fall även för risker relaterade till arbetsmiljö och säkerhet. En annan diskussion har varit huruvida identifiering ska utgå från ett normalläge eller inte. Med normalläge avses att operatörerna följer standarder och inget oförutsett inträffar. Dessa otydligheter kan leda till tidsödande diskussioner vid riskidentifieringen. Många menar att det är bra med att identifiera mycket risker i ett första skede, medan andra hävdar att det finns en problematik med att börja för detaljerat eftersom det riskerar att hämma överblicken över processen. Utöver svårigheterna med avgränsningar anses riskidentifieringen fungera väl och en grupp med många olika kompetenser nämns som den främsta framgångsfaktorn.

Riskbedömningen utförs enligt RPN från den internationella PFMEA-standarden. RPN används som en riktlinje och det finns ingen uttalad gräns för när åtgärder ska vidtas. Även bedömningen utförs i tvärfunktionella grupper, men ibland i mindre formationer än vid identifieringen. Det råder delade meningar om de värderingsskalor som finns för att avgöra graderingen på faktorerna i risktalet; många anser att de är otydliga, men inte alla. Det används olika skalor för riskerna, vanligen 1 till 10 men 1 till 5 har använts i enstaka fall. Relationen mellan riskerna anses vara det viktigaste och att det framgår av RPN. Andra hävdar att otydliga skalor genererar en subjektiv bedömning vid poängsättningen. Somliga sorterar ut risker som har högt värde på någon av faktorerna var för sig. Generellt anses felsannolikheten vara lättast att avgöra och allvarligheten svårast. Det kan vara svårt att avgöra dels vad risken får för konsekvens i ett senare skede i tillverkningen och dels att känna till konstruktionen för artikeln i tillräckligt hög detaljnivå för att avgöra konsekvensen för slutprodukten. Det lyfts som viktigt att undvika mycket stopptid, mättid och svårupptäckta fel, som genererar kassationer. Konsekvens och säkerhet lyfts som viktigast vid bedömningen, i synnerhet i form av allvarligheten på slutprodukten. En beredare hänvisar prioriteringsordningen till Scaniahuset, där säkerhet är viktigt vid Scania. Vidare behöver bedömningen vara enkel och anses generellt lättare för en erfaren medarbetare. Sammantaget anses utmaningar vid bedömningen innebära att resultat för olika PFMEA:or inte blir jämförbara med varandra.

Riskuppföljningen kan delas in i två steg, arbetet mot en godkänd PPAP och det efterföljande arbetet i daglig produktion efter en godkänd PPAP. Det råder en tvetydighet i användandet av PFMEA som en iterativ process under investeringsprojekt, trots att det är specificerat i vilka faser som PFMEA ska uppdateras i PReP. De identifierade riskerna vid PFMEA-arbetet har vid ett tillfälle hanterats genom att de har översatts till kravspecifikationen vid maskininköpen, i syfte att köpa sig bort från problemen. I de fall där uppföljningen har fungerat väl har aktiviteter för åtgärder sammanställts i en pulsbar aktivitetslista i större tvärfunktionella grupper, för att utse ansvariga för aktiviteterna. Aktiviteterna har därefter följts upp kontinuerligt under projektet i syfte att bygga bort de mest kritiska riskerna. En framgångsfaktor som lyfts är att iterativt arbeta med PFMEA under hela CD/PD-processen, där det förekommer kontinuerliga möten med konstruktionsavdelningen, vilket är en möjlighet att ta upp frågor relaterade till konstruktionen. Tvetydigheten i det iterativa arbetet förklaras med att det är en tidskrävande metod i projekt, som ofta är tidspressade och där det inte är en naturlig arbetsrutin att gå igenom PFMEA. Vidare finns det ingen tydlig kravställare som efterfrågar PFMEA och säkerställer dess kvalitet.

I dagsläget finns det ingen tydlig arbetsprocess som talar om hur en PFMEA ska följas upp efter

godkänd PPAP då artikeln är överlämnad till daglig produktion. PPAP-standarden nämner att PFMEA ska uppdateras vid ändring av produkt, process eller i samband med ändring i styrplanen. Det är inte uttalat hur och när uppdateringen ska göras eller vem som ska ansvara för den. Detta anses vara den största utmaningen med att arbeta med PFMEA iterativt under daglig produktion. Rödpilsberedare nämner däremot att de arbetar kontinuerligt med PFMEA i den daglig produktionen, men en svårighet är att äldre produktionslinjer har bristfälliga PFMEAor. Bristande uppföljning kan resultera i att viktiga risker som identifieras glöms bort och att det blir svårare för Scania att uppnå sitt kvalitetsmål noll fel till kund. Den dagliga produktionen arbetar kontinuerligt med risker och riskbedömningar i form av rutiner, checklistor och mätfrekvenser, men PFMEA är ingen naturlig del i deras arbetsrutiner. Vidare finns därför bristande kunskap inom PFMEA, vilket resulterar i att de åtgärdade riskerna inte dokumenteras i PFMEA och att dokumentet förblir ouppdaterat samt arkiverade i en filstruktur. Sammantaget är det personberoende om PFMEA arbetas med iterativt under investeringsprojekten, men även organisatoriska förutsättningar anses vara grunden till en bristande uppföljning i daglig produktion. För att säkerställa en fungerande uppföljning är utmaningen att hitta ett bra arbetssätt för intern kravställning, där en välgjord och uppdaterad PFMEA efterfrågas under hela värdekedjan.

Användarvänlighet syftar till bedömning av den Excel-mall som används i PFMEA-arbetet och visas i bilaga D. Excel används frekvent inom Scania och medarbetarna anser därför att det är ett okomplicerat program som de besitter god kompetens inom. Kunskapen och enkelheten bidrar till att medarbetare upplever en trygghet med verktyget och anser generellt att det fungerar bra. Vidare hävdas att verktyget inte får vara komplicerat om det ska användas. Excel har däremot sina begränsningar; det är många steg i Scanias tillverkningsprocesser och Excelfilerna kan bli stora, med många olika rader och flikar. Resultatet kan därför bli svåröverskådligt och svårtolkat eftersom det kan vara svårt att sortera, filtrera och kategorisera. Ett exempel är om riskidentifieringen skrivs ned i processordningen från bearbetningsstegen och sedan ämnas riskerna att sorteras efter risktalen. Om inte processordningen då är namngiven med numrering riskerar sorteringen efter processordningen att gå förlorad. Det finns inte heller ett standardiserat sätt att beskriva riskerna på och därför är det svårt att följa med och förstå avsikten med uppdateringar som utförs av kollegor, till följd av avsaknaden av en historiklogg. Eftersom Excelfilen i dagsläget placeras i en filstruktur kan det lätt bli flera olika kopior och att information inte blir samlad på ett ställe. Sammanfattningsvis fungerar Excel bra, men det har efterfrågats ett systemstöd för en förenklad arbetsprocess där det är möjligt att koppla ihop olika verktyg.

Syfte: PFMEA syftar vid Scania till att på ett strukturerat sätt kvalitetssäkra operationer i tillverkningsprocessen, genom att bygga bort de mest kritiska riskerna, minska konsekvenser av risker samt implementera nya metoder eller poka yoke-lösningar. Prioriteringsordningen utifrån PFMEA ger en möjlighet till att allokera resurser i ett tidigt skede i ofta tidspressade investeringsprojekt. Risker som inte kan prioriteras i ett första skede av projekten dokumenteras i syfte att hanteras i ett senare skede. Att hantera åtgärder och minska riskernas konsekvens i ett tidigt skede anses spara tid, undvika irritationsmoment och dessutom är det billigare att arbeta med proaktiva åtgärder. Några respondenter ser PFMEA som en möjlighet till att tycka till om designen under produktutvecklingen samt att få en samsyn på risker tvärfunktionellt mellan arbetsgrupper som konstruktion, processteknik, beredning och produktion. En mindre andel uppger att de använder PFMEA som en naturlig del i underlag för beslutsstöd, men många menar att det finns potential för en ökad användning. Att motivera maskinupphandlingar eller investeringar i RFQ-arbetet genom att använda underlaget för presentation för styrgruppen, motivera processförändringar i ett tidigt skede och visualisera riskanalysen för

verkstadschef är exempel på tillämpningsområden för PFMEA. PFMEA anses vara en grund för styrplanen, som byggs upp från ritningen och kapabilitet, men detta är inget som används av beredningen i någon större utsträckning i dagsläget. Intressant är att respondenterna anser att de själva ser värdet med PFMEA men att många andra inte gör det, utan mer ser det som ett krav för en godkänd PPAP. Vissa anser att PFMEA behöver uppdateras kontinuerligt för att generera värde. Avslutningsvis, för att förstå värdet och tillämpningsområden för en noggrant utförd PFMEA, krävs en mognadsgrad i arbetssättet.

PReP är ett relativt nytt arbetssätt för beredning och har inte nått en utbredd användning ännu. Med PReP är målet att standardisera arbetet och underlätta arbetsgången, i synnerhet för nya beredare. Det råder dock delade meningar om huruvida PReP går att applicera på alla typer av förändringar. Utmaningar för röd beredare anses vara att applicera PReP på mindre förändringar i befintlig produktion och för gul/grön beredning är utmaningen att anpassa processen för stora förändringar för hela produktionslinjer. I PReP är den primära riskhanteringsmetoden PFMEA och somliga beskriver att det är tydligt vad som ska göras och i vilket steg, men däremot inte hur arbetet ska utföras. Andra framhåller otydligheten i framställning av hur PFMEA ska arbetas med iterativt genom PReP. Det har framkommit att det är otydligt på vilken detaljnivå de olika faserna ska utföras i PReP. Det anses i flera fall att PFMEA initieras för sent i processen. I ett projekt initierades PFMEA på en övergripande nivå från start, för att sedan itereras under hela processplaneringen. I detta fall arbetade de även kontinuerligt med DFM-arbetet, vilket resulterade i att de kunde ta stöd av konstruktionsavdelningen vid behov under PFMEA-arbetet.

Erfarna beredare har utvecklat egna arbetssätt för att använda sig av PFMEA och därmed initierat samt itererat analysmetoden efter egen erfarenhet. De olika arbetssätten som påvisades var bland hur översättningstabellerna för riskbedömningen tolkades, att olika poängskalor användes för bedömningen, att aktivitetslistor användes för en enklare uppföljning, en graf för att visualisera resultaten, olika typer av flödesscheman och att modifierad Excelmall efter egna preferenser.

PEIP används främst av projektledare inom produktionsteknik vid maskininvesteringar. I PEIP är riskbedömningar återkommande i de olika faserna. Nischade riskbedömningar används för exempelvis SHE; det utmärkande är ett större antal riskbedömningsmallar med stöd och vägledning för vilka risker som bör beaktas. Både några beredare och de produktionstekniker som är intervjuade anser att arbetsprocessen är tydlig och att mallar ger ett bra stöd i arbetet med riskbedömningar. Eftersom projektledarrollen är bred är det svårt för produktionstekniker att vara specialister inom alla områden och därför underlättar vägledningen genom mallar deras arbete. Det är även enklare för nyanställda att arbeta mer självständigt. Vidare används en tregradig skala för bedömning av riskerna istället för motsvarande RPN. Även om PEIP står i relation till projekt som styrs av PReP, är PFMEA ingen metod som generellt arbetas med i PEIP. För uppföljning finns ett hjälpmedel benämnt PEIP Follow Up, som är en Excelchecklista som kontrolleras vid varje fasövergång. Efter avslutat projekt utförs Lessons Learned, som sedan kan användas som stöd under projektets gång eller vid en ny maskininvestering. För PEIP finns dessutom SHE-koordinatorer, som kan agera stöd vid riskbedömningar, och arbeta med utveckling av metodiken. Sammantaget är PEIP ett väl etablerat arbetssätt och nischade bedömningsmallarna i kombination med stödfunktioner underlättar riskhanteringen.

Erfarenhetsåterföring: Det finns ingen standardiserad inlärningsprocess för PFMEA, utan medarbetarna får lära sig av mer erfarna kollegor samt genom att delta vid utförandet av PFMEA:or. En del menar att Learning by doing är nödvändigt för PFMEA och att lära sig

om processflödet och artikeln. Att känna till flödet och artikeln väl är en förutsättning för en bra PFMEA, men att utbildas inom metoden kan påskynda inlärningsprocessen. Andra inlärningsprocesser, som interna utbildningar för PPAP, PFMEA och webbutbildningar på intranätet, har i vissa fall kompletterat kunskapen om PFMEA. Ett fåtal personer uppger även att de har haft med sig kunskapen från tidigare arbeten, gjort efterforskning själv eller haft metodkunskapen från universitetet. Det finns en önskan om stöttning i arbetsprocessen och där har namn från respektive kvalitetsavdelning kommit på tal som informella stödpersoner, det vill säga moderatorroll.

När det skapas en ny PFMEA används främst kunskap från tidigare projekt eller egna PFMEA. Det finns möjlighet att ta del av tidigare utförda PFMEA:or inom den aktuella produktionsenheten genom en standardiserad filsturktur, förutsatt att erfarenhet finns från tidigare projekt. För att ta del av andra produktionsenheters PFMEA skickas en förfrågan till en person som beredaren känner till. Denna barriär innebär att detta enbart görs i undantagsfall. Att arbeta mot ett mer standardiserat inlärningssätt och utöka erfarenhetsutbytet för PFMEA-arbetet skulle bidra till kunskapsdelning, vilket är det som ytterst eftersträvas inom Scania som lärande organisation. Avslutningsvis skulle det vara ett sätt att underlätta utmaningen i kunskapsöverföring vid personbyten inom projekt och produktionslinjer och komma närmare ett standardiserat arbetssätt för PFMEA.

Tid är en faktor som står i relation till omfattning och värde för PFMEA. Att utföra en PFMEA noggrant är tidskrävande och tar tid från det dagliga arbetet. Vidare kräver det tid från många olika resurser. Det kan vara svårt att sammankalla många yrkesgrupper till en gemensam workshopstid, men som framgångsfaktor lyfts kortare workshopsmöten, om maximalt 1,5 timme, för att kunna arbeta tidseffektivt och återkomma till nästkommande möten med genomtänkta funderingar och underlag för bedömning. Respondenterna hävdar att det kan vara svårt att prioritera proaktiva åtgärder och strategiskt arbete när det finns akuta uppdrag, särskilt för de beredare som både har ett strategiskt och operativt ansvarsområde. Att prioritera tid till PFMEA-arbetet anses särskilt svårt vid mindre förändringar. Efter överlämnad PPAP till produktionen finns inte heller någon särskild tid avsatt för uppdatering och uppföljning av PFMEA. Avslutningsvis beror tiden som läggs på PFMEA på ambitionsnivån bland deltagarna, vilka avgränsningar som görs och hur tiden mellan strategiskt och operativt arbete fördelas.

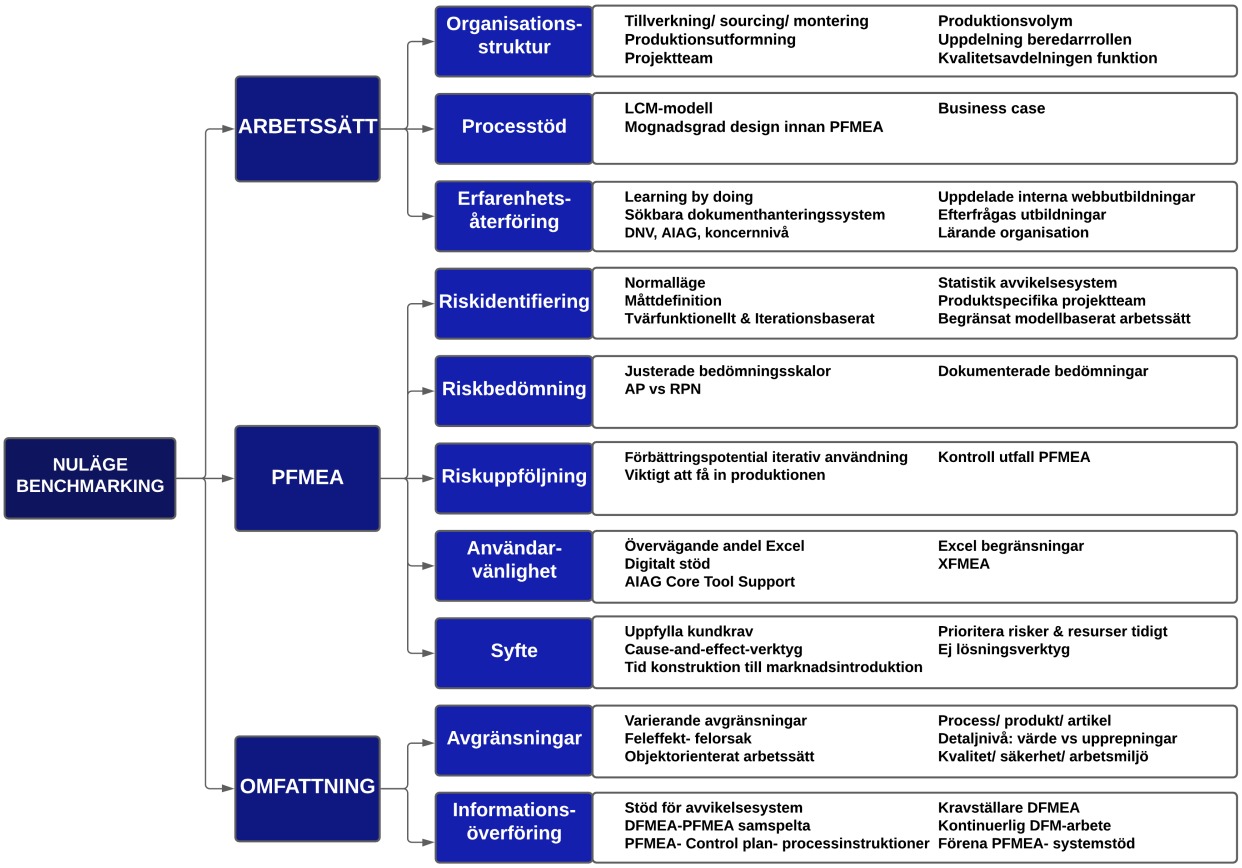
Informationsöverföring: Enligt PPAP-standarden bör DFMEA användas som indata i PFMEA, men detta är inget som är en självklarhet bland respondenterna. Vissa menar att DFMEA inte är tillgänglig och att de inte vet var de hittar den, medan andra menar att DFMEA är utförd på en alltför övergripande nivå. Det kan bland annat vara att DFMEA utförs för hela systemet och inte för en specifik artikel, eller att den beskriver hållfastheten istället för hur specifika tillverkningsegenskaper påverkas. Det nämns även att DFMEA och PFMEA inte matchar tidsmässigt och att det historiskt saknas en DFMEA för äldre artiklar, vilket försvårar användandet av DFMEA som indata till PFMEA. I de flesta fall används därför inte DFMEA vid PFMEA-arbetet, men i de fall DFMEA användes har de kritiska egenskaperna varit till hjälp vid bedömningen av allvarligheten. DFM-arbetet är däremot bredare än riskhanteringen och involverar bland annat tillverkningskostnader, där en erfaren beredare naturligt tar hänsyn till produktionsrisker trots att PFMEA-arbetet inte påverkas på ett strukturerat sätt. Vid ett projekt var det kontinuerliga möten med konstruktion och beredning, där forumet användes för att lyfta frågor relaterade till PFMEA-arbetet och beredningen fick hjälp att klassificera egenskaper i syfte att förenkla bedömningen.

Sammantaget anses att DFMEA bör vara indata till PFMEA enligt Scanias PPAP-standard och flödesschemat ska hjälpa till att identifiera riskerna i en PFMEA. PFMEA visar sedan statusen för riskerna och styrplanen visar hur risken kontrolleras samt i vilken frekvens. Detta exemplifierar beroendet mellan PFMEA och andra verktyg. Samtidigt är dessa separata dokument utan sammankopplade, som gör det utmanande och tidskrävande att hålla alla dokument uppdaterade.

Avgränsningar i PFMEA-arbetet skiljer sig mellan olika beredare och avdelningar. Som beskrivet i riskidentifieringen varierar det vilka risker som inkluderas utöver kvalitetsrisker och gränssnittet mellan de olika riskbedömningarna kan vara svåra att avgöra. En del beredare hävdar att en PFMEA bör vara mer omfattande än kvalitetsrisker på artikeln för att inte riskera att missa exempelvis säkerhetsrisker för operatörerna, medan andra menar att riskbedömningen då riskerar att överlappa mot andra riskbedömningar som exempelvis SHE. Vidare skiljer sig omfattningen av en PFMEA mellan avdelningar gällande artikel- eller processnivå. Med processnivå menas att det finns en PFMEA per produktionslinje, avdelning eller produktfamilj som använder samma bearbetningssteg och därmed delar processflöde. En annan tvetydighet är vilket angreppssätt som används vid bedömning av risker; bedömning kan göras efter mätprocess eller måttartikel samt med hänsyn till olika led som allvarligheten orsakar en konsekvens för. Exempelvis på sådana led kan vara nästa processteg, vid montering eller påverkan på slutprodukten. Beslut behöver även tas gällande resurser och när de olika resurserna ska inkluderas i riskhanteringen. Respondenter som tycker att processen ska vara mer omfattande i början menar att den ska inkludera fler risker i början vid en ny process. Detta innebär fler deltagare för att identifiera så många risker som möjligt i ett tidigt skede, medan andra menar att det finns brister med att göra en PFMEA för detaljerad i början. Som en framgångsfaktor lyfts särskilt från en beredare att börja på en övergripande nivå första workshopen med de fem viktigaste riskerna i varje processteg. Nedskärningen på deltagare i bedömningssteget kan underlätta överenskommandet men hämma fler perspektiv på problematiken och utfallet blir beroende av vilka resurser som exkluderas. De olika avgränsningarna för PFMEA i kombination med avsaknaden av PFMEA i vissa arbetsprocesser, riskerar att hämma en standardiserad riskhanteringsprocess.

4.2.2 Tematisk analys benchmarking fordons- och komponenttillverkare

I figur 11 presenteras en sammanställning av nuläget vid benchmarkingföretagen i form av en tematisk analys, på motsvarande sätt som nuläget vid Scania.



Figur 11: Tematisk analys benchmarkingintervjuer

Organisationsstruktur är visade sig viktigt att beakta eftersom organisatoriska förutsättningar har en inverkan på utformningen av arbetsprocesserna, där PFMEA inkluderas. Om tillverkning sker internt inom bolaget, om sourcingstrategier används eller om organisationen är en kontraktstillverkare talar om i vilket led i värdekedjan som organisationen befinner sig. I utförd benchmarking arbetade exempelvis monterande enheter i högre utsträckning med att hantera risker innan produktion, och kontraktstillverkare kunde vara styrda av specifika krav gällande säkerhetsklassningar, informationsdelning och kostnadsbesparingar. Att inte få dela erfarenheter mellan produkter och produktionslinjer eller ha insyn i konstruktionsarbetet är negativa aspekter som lyfts från kontraktstillverkare, medan extern kravställning av PPAP kan driva på förbättringsarbetet för en ökad lönsamhet och kvalitetssäkring av produktionen. Produktionsvolym, storleken på artikelfloran och produktionsutformning som serie- eller styckettillverkning är andra faktorer som påverkar hur PFMEA tillämpas inom en organisation. Vid lågvolymsproduktion och i synnerhet vid en liten artikelflora, underlättas efterlevnaden och uppföljning av PFMEA. En annan aspekt som underlättade uppföljning är att ha en projektgrupp som följer en produkt från konstruktionsfasen till produktionen. Gruppen blir på så vis dedikerat en viss produktfamilj och uppnår därmed skalfördelar för informationsdelning. Detta då gruppen känner till riskanalyser väl, men flera organisationer upplevde att en uppdelning mellan beredning mot daglig produktion och artikelintroduktioner fungerade bäst. Vad gäller ägandeskapet och kravställning internt, inkluderade samtliga organisationer kvalitetsavdelningen som metodägare, kravställare eller moderator vid behov. I en organisation som arbetar framgångsrikt med att bygga bort risker i ett tidigt skede, deltog kunniga och utvalda operatörer i flertalet PFMEA:or, vilket gjorde dem till bäst insatta i metoden till skillnad från beredare som utförde PFMEA mer sällan. Sammantaget används kvalitetsavdelningens kompetens i PFMEA-arbetet vid samtliga benchmarkingföretag och organisatoriska förutsättningar

behöver beaktas vid jämförelse av framgångsfaktorer för PFMEA-arbetet.

Processtöd för PFMEA-arbetet förekommer både i form av interna arbetsprocesser och etablerade modeller. Det anses viktigt att överföra och omvandla krav från kund till produktionsparametrar samt att ha en god kommunikation mellan avdelningarna. En organisation framhåller att ha en systemavdelning som ansvarar för kundkrav och en konstruktionsavdelningen som sedan översätter detaljkrav till en lösning. Utöver kundkrav behöver produktionsbarhet säkerställas i ett så tidigt skede som möjligt, vilket vägs mot designens mognadskrav. Att utföra en PFMEA anses svårt innan designen har nått en mognadsgrad och detta avgör när riskanalysen för processen startar. Organisatoriska förutsättningar har även inverkan på processtöd. Med produktion av produkter i lägre volym kan arbetssätt för systemnedbrytning med verifiering av förändringar ha förutsättningar att prioriteras högre än vid högvolymsproduktion av en bred produkt- och artikelflora. Life cycle management (LCM) är en metodik där checklistor enligt en gatemodell finns som stöd för beslut om fullföljning av olika utvecklingsfaser. En organisation nämner även att de har möjlighet att hitta äldre PFMEA:or i sitt LCM-system.

För att utreda identifierade riskscenarion används i ett företag business case, där experter ansvarar för sina respektive kompetensområden och utför utredningar parallellt med riskanalysprocessen. Business case ger en djupgående analys av olika scenarion, där värde vägs mot krävda resurser för investering för respektive alternativ, som sammantaget utgör underlag för beslutsfattande. Experters roll i utredande inom deras kompetensområden anses vara ett resurseffektivt arbetssätt. Avslutningsvis behövs en balans i att starta tidigt med PFMEA, men samtidigt ha en mognadsgrad i konstruktionen, utreda handlingsalternativ utanför PFMEA-forumet och hitta fungerande processtöd för utvecklingsprocessen, där krav omhändertas genom organisationen.

Erfarenhetsåterföring: Learning by doing används som inlärningsstrategi bland de intervjuade företagen. Det efterfrågas utbildningar på koncernnivå och av externa parter, där DNV är ett företag som har utbildningar inom PFMEA och certifiering av kvalitetsledningssystem. Vid ett fall har interna halvdagsutbildningar använts, men utan önskat resultat eftersom PFMEA-arbetet inte utförs nog frekvent. Den lösning som utformades efter detta var webbutbildningar på intranätet på olika nivåer och uppdelade i faserna introduktion, förberedelser och analys. Fördelen med detta är att medarbetarna själva kan förnya sina kunskaper vid behov och få specifikt stöd för det aktuella arbetet. Det har även funnits stöd från kvalitetsavdelningarna som har agerat som moderatorer. För att hitta och ta del av erfarenheter från tidigare utförda PFMEA:or används sökbara dokumenthanteringssystem, där det är möjligt att söka på antingen huvudord eller ID-nummer för projekten. I ett fall användes Lessons Learned, där lärdomar från projekten togs upp och utvärderades, vilket innefattar PFMEA. Slutligen har det indikerats att de några av de intervjuade företagen har utvecklade utbildningar och ett uttalat stöd av kvalitetsavdelningen vid behov.

Riskidentifieringen utförs i tvärfunktionella grupper, där vikten av att utgå från ett normalläge och att tidigt sätta avgränsningar, påpekas. Det kan vara avgränsningar som kritiska och signifikanta egenskaper som specificerats på ritningen. Eftersom det kan vara krävande att brainstorma och identifiera risker används iterationsbaserat arbetssätt, där 45 minuter angavs som en tumregel av en respondent för varje sittning. Utöver gruppens samlade erfarenhet används avvikelsesystem för kvalitet, arbetsmiljö och montering samt i enstaka fall 3D-modeller och ritningar i CATIA som stöd vid riskidentifieringen.

Riskbedömningen anses vara en svårighet, vilket har resulterat i att vissa företag har juster-

ade bedömningsskalor. Ett företag använder sig av en femgradig skala och ett annat företag bedömer att nio till tio i allvarlighet är kritiska egenskaper som alltid åtgärdas. Även en kombination mellan fem till åtta i allvarlighet och fyra till tio i felsannolikhet är signifikanta egenskaper, där en åtgärd då behöver ses över via ett business case. Denna bedömning är mer lik den nya standarden för AP-värdet, men upptäckbarheten anses bara behövas om konstruktionen inte är tillräckligt robust vilket inte är eftersträvansvärt. En god erfarenhet av PFMEA och de interna processerna anses vara viktiga faktorer för en lyckad riskbedömning. Det kan vara bra att använda sig av en moderator som kan hjälpa till att se riskerna från ett annat perspektiv. För att förenkla riskuppföljningen och erfarenhetsåterföringen nämns vikten av att kommentera och dokumentera bedömningen.

Riskuppföljningen och arbetssätten kring uppföljningen varierar mellan företagen. De flesta lyfte vikten av att ha inarbetade arbetssätt för hur den dagliga produktionen ska tillföra kunskap och uppdatera PFMEA med nya lärdomar samt föra in förändringar efter påbörjad produktion. Somliga menar att det främst brister vid mindre förändringar i produktionen, men fungerar bättre vid större förändringar. De företag som uppdaterar ny kunskap vid påbörjad produktion gör det ofta via beredare som tar hjälp av produktionen för erfarenhetsåterföring till PFMEA. Den mest utmärkande åsikten var en respondent som menade att PFMEA i bästa fall inte behöver itereras i daglig produktion eftersom det inte är eftersträvansvärt att ha kvar risker att åtgärda vid påbörjad massproduktion. Värt att beakta är att denna åsikt var anknutet till ett monteringssammanhang och kan vara svårt att realisera för tillverkande produktion. Det förekommer även i några fall uppföljning av PFMEA, där utfallet jämförs mot statistik och avvikelser från montage, slutkontroll, kundkontroll och arbetsmiljö. Uppdateringar i PFMEA görs även efter interna revisioner och reklamationer. De organisationer som mest frekvent jämförde utfall hade en låg till medelstor produktionsvolym, men ansåg att de kunde bli bättre på att arbeta iterativt under projektens fortlöpande. Sammantaget framhålls vikten av att få in produktionskunskap och förbättringspotential i en mer kontinuerlig uppföljning. Sedan, som den utmärkande åsikten belyste, ska riskerna i bästa fall redan vara hanterade innan påbörjad produktion och då kan relevansen i iterationer ifrågasättas.

Användarvänlighet: Excel används bland majoriteten av de intervjuade företagen. Ett företag nämnde däremot att sjustegsmetoden i figur 5 är för komplex för att Excel ska kunna användas och har därför börjat testa AIAG:s systemstöd Core Tool Support (CTS). En fördel med CTS är den förenklar kopplingen och hanteringen av PPAP-dokument som exempelvis FMEA, flödesdiagram och styrplan. Ett annat systemstöd som används av ett av benchmarkingföretagen är XFMEA. Utifrån en RFQ med 140 krav ansåg de att XFMEA bäst uppfyllde kraven. XFMEA innefattar en databas som förenklar erfarenhetsåterföring, men saknar en sammankoppling mellan avvikelsehanteringssystem. En nackdel med XFMEA är att om användarna uttrycker sig olika försämras systemets sökbarhet. Respondenten menar att systemet är känsligt för olikheter i skrivsätt, där stavfel och skiljetecken som en punkt kan göra att sökbarheten försvåras. Sammanfattningsvis påpekar respondenterna värdet med ett standardiserat och användarvänligt stöd vid PFMEA-arbetet för att underlätta och förbättra arbetsgången.

Syftet med PFMEA anses vara att kvalitetssäkra snabba marknadsintroduktioner, tänka igenom produktionsprocessen i ett tidigt skede, på ett strukturerat sätt få kontroll över ett montageupplägg, stödja produktionsupplägg samt få en samsyn på risker inom en projektgrupp. Vid ett tillfälle ansågs PFMEA syfta till att fungera som teoretisk testning i tidiga faser. Samma person framhöll prioriteringen av resurser i ett tidigt skede som främsta styrkan med PFMEA och avslog användandet av PFMEA som en loggbok för lösningsförslag. Med detta menas att PFMEA syftar till att användas som en cause-and-effect-matris, där det flag-

gas för åtgärder men att dessa delegeras till specialister inom givna tidsramar. Andra syften med PFMEA är att utvärdera erbjudanden från verktygsleverantörer eller för att möta besparingskrav från kunder, men det sistnämnda nämns i ett sammanhang med förutsättning att det finns en extern part som godkänner PPAP. Snabbare marknadsintroduktioner efter utveckling är en generell trend som benchmarkingföretagen delar, vilka förutsätter korta ledtider från konstruktion till produktion och där ses potential med att börja tidigt med PFMEA.

Avgränsningarna för PFMEA-arbetet varierar både för vilka kategorier av risker som identifieras och på vilken nivå som analysen utförs. Kvalitetsrisker inkluderas alltid, men däremot skiljer det sig mellan organisationer för om arbetsmiljö och säkerhet inkluderas och i vilken omfattning. Somliga företag gör analysen på artikelnivå och ibland på artikelfamiljnivå för likvärdiga artiklar, medan andra utför PFMEA för enskilda operationer och produkt- eller processnivå samt andra mestadels för montering. Vilka avgränsningar som görs kan även variera inom organisationer. Det viktiga är att inte missa risker och därför lyfts ofta delar som arbetsmiljö upp, även om hanteringen av riskerna kan delegeras till en annan del av organisationen. En svårighet som delges är på vilken detaljnivå som PFMEA ska utföras, då en högre nivå har fördelar för att undvika upprepningar av resonemang, medan andra anser att det viktiga är att PFMEA är detaljerad för att generera värde. På temat avgränsning uppkommer begreppet objektorienterat arbetssätt inom en organisation, som syftar till att koncentrera PFMEA kring den avsikt som bedöms som syftet med genomförandet i specifika fall. Om det bakomliggande syftet med genomförandet är tydligt blir det i sin tur lättare att hålla PFMEA på en högre nivå, vilket resulterar i att det gör det lättare att urskilja felorsak och feleffekt. Sammanfattningsvis är även avgränsningarna beroende av organisatoriska förutsättningar för att avgöra på vilken nivå och i vilken omfattning som PFMEA ska utföras samt vilka typer av risker som bör inkluderas.

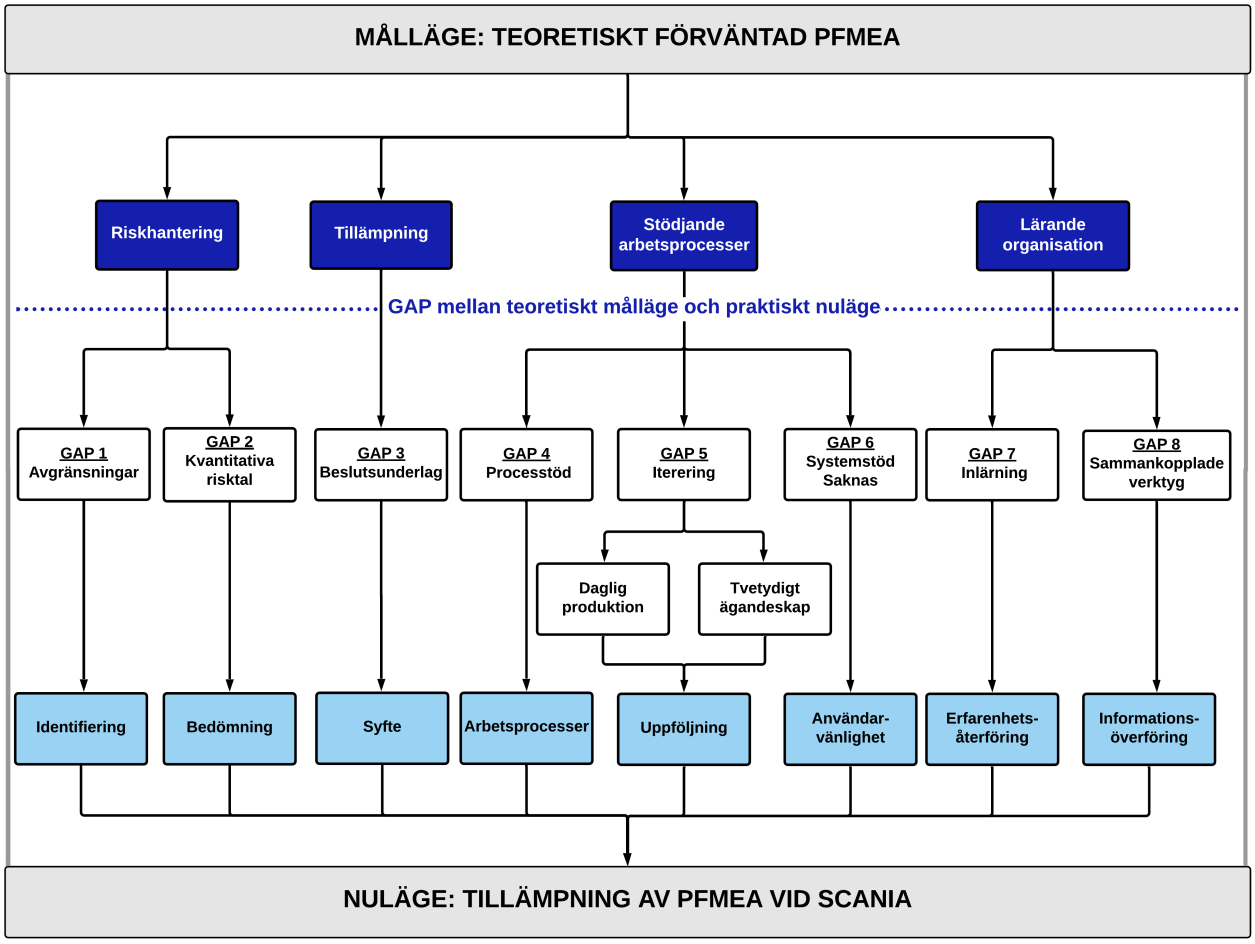
Informationsåterföring: Kopplingen mellan DFMEA och PFMEA anses vara viktig eftersom konstruktionsavdelningen har störst insikt i produktkraven. Det nämns att DFMEA är en förutsättning för att göra en bra PFMEA, där en kravnedbrytning utförs i syfte att summera kritiska delar i designen som ger en förenklad bedömning av allvarligheten. Vid extern konstruktion skapas ingen egen DFMEA utan en PFMEA utgår från mät- och funktionskritiska mått som kunden har specificerat på ritningen och där respondenterna anser att en samverkan under DFMEA-arbetet hade gjort tillverkningen billigare. Inom ett företag påvisades ingen tydlig koppling mellan DFMEA och PFMEA, utan delar av DFMEA har översatts till montageanvisningar som visar på riskerna vid detaljmonteringen. I fall, menar en respondent att en PFMEA inte krävs och riskerna ska byggas bort i kravspecifikationen i produktutvecklingsstadiet; detta genom kontinuerligt DFM-arbete, där business case ligger till grund för hur riskerna hanteras. Kravspecifikationen kan sedan användas som grund till liknande projekt framöver. Den framgångsfaktor som lyfts vid riskidentifieringen med ett och samma projektteam genom produktutvecklingen, fungerar som ett kontinuerligt DFM-arbete och påvisar vikten av att samarbeta tvärfunktionellt. På så sätt kan produktionen säkerställa tillverkningsmöjligheter redan under uppbyggnaden av kravspecifikationen.

Sammantaget har de intervjuade företagen har ingen specifik sammankoppling mellan PFMEA och avvikelsesystem eller processtöd som DFMEA, flödesschema och styrplan. Flödesschemat görs i vissa fall i Powerpoint och anses vara en grundförutsättning för att erhålla kontroll över processen. En respondent menar att PFMEA bara identifierar problem och därav är det viktigt att styrplanen är sammankopplad med PFMEA. I ett fall användes styrplanen som hjälp vid framtagning av processinstruktioner. Respondenterna vill därför se en koppling mellan DFMEA, PFMEA, flödesschema och styrplan för en förenklad informationsöverföring, vilket

systemstödet XFMEA inte har i dagsläget.

4.3 Gap-analys

Gap-analysen i figur 12 är en sammanställning av de utvecklingsområden som har identifierats mellan en teoretiskt förväntad PFMEA och de organisatoriska tillämpningarna vid Scanias bearbetande enheter samt benchmarkingföretagen. Som stöd för identifiering av målläget används både teori och benchmarkingintervjuer. Gapen mynnar sedan ut i tillhörande teman från sammanställning av nulägesanalysen i figur 10. Gap-analysen följs av en diskussion om nuläge och målläge för respektive gap.



Figur 12: GAP-analys

Gap 1: Avgränsningar

Avgränsningar för en PFMEA som kan tillämpas i alla situationer inom en organisation är svåra att göra. Orsaken är att det är svårtillämpat att göra en generell avgränsning och att det inte är ett tillräckligt uppmärksammat område. PFMEA är en kvalitativ analysmetod som är beroende av teamets kompetens och beslut om avgränsningar, vilket bidrar till en subjektivitet som är viktig att dokumentera exempelvis för personer inblandade i beredningen, antaganden och kvaliteten på indata (ISO, 2018; AIAG & VDA, 2019). Detta kan jämföras mot Scanias tillämpning av tydligt försättsblad. Vid tillämpning vid Scania fanns både exempel där artikelnivå användes och där avdelningar eller en produktionslinje utgjorde avgränsningar. Avgränsningarna bör dessutom göras med hänsyn till intentionen och tiden för det specifika projektet, där Silverman och Johnson (2013) anser att brainstormingen bör koncentreras till

kortare sittningar om maximalt två timmar. Avgränsningarna kan med fördel göras med stöd från processvisualiseringar som flödesscheman eller 3D-modeller samt statistik från liknande artiklar eller bearbetningssteg (AIAG & VDA, 2019). Samtidigt värdesätter de flesta utövarna enkelhet vid tillämpning, vilket kan tala emot en utökad användning av stora mängder kvantitativ data och ytterligare riskidentifieringsmetoder som 3D-modeller.

En diskussion som nämns av utövarna, men som inte framkommit i teorin, är huruvida PFMEA ska utgå från ett normalläge eller med hänsyn till att det finns risk för avvikelser från en arbetsinstruktion. Att utgå från normalläge och ha en standardiserad grund för avgränsningar kan kopplas till Scaniahuset, där normalläge är en av principerna för hur Scaniamedarbetare ska agera. Att generellt utgå från ett normalläge och eftersträva ständiga förbättringar utifrån det bäst kända arbetssättet går i linje med Lean (Liker, 2009). Leanstrategier är vanligt förekommande inom fordonsindustrin och PFMEA ett krav för uppfyllande av PPAP, vilket innebär att organisationerna både har etablerade Lean- och PFMEA-arbeten (Belu et al., 2013; Banduka et al., 2016). Många utgår från processordningen, som exempelvis börjar vid mottagning av en produkt i en inloppsbana, men vilka processer och roller som sedan inkluderas i riskbedömningen varierar. AIAG och VDA (2019) hävdar att utgångspunkten bör vara från interna processer som påverkar kvaliteten som mottagningsprocesser och logistikfunktioner samt märkningar av artiklar, men menar att det kan vara värt att inkludera säkerhetsaspekten också. Logistikfunktioner inkluderas enbart vid enstaka tillfällen vid PFMEA-utförande vid Scania och benchmarkingföretagen, men de kan vara bra att inkludera för att få in materialhanteringsperspektiv på kvaliteten som AIAG och VDA framhåller. FMEA-standarden rekommenderar även att ta hjälp av kvalitetsavdelning eller konstruktörer via ett DFM-arbete, som har större insikt i faktorer som tekniska krav och produktens tillförlitlighet (AIAG & VDA, 2019). För fler faktorer se avsnitt 3.2.4.

Variationen av avgränsningar stödjer inte ett standardiserat arbetssätt och det finns därmed risk för att göra både överlappande riskanalyser och att inte nyttja hela värdekedjans kännedom om potentiella risker. Generellt anses riskidentifieringen däremot fungera bra vid Scania, men en intressant aspekt är att det är svårt att avgöra utfallet av riskidentifieringen och de avgränsningar som gjorts för en PFMEA utan att jämföra mot utfallet efter fullskalig produktion av en artikel. SFMEA har nämnts av Neghab et al. (2011), Stamatis (2013) och AIAG och VDA (2019), men det har indikerats att det inte används på ett systematiskt sätt i praktiken. DFMEA har i praktiken varit på en för hög nivå, vilket i vissa fall kan bli en SFMEA. Det finns dock fördelar med att på ett strukturerat sätt säkerställa att ett system bryts ned i mindre konstruktioner och sedan i tillverkningsprocess, för att uppnå en högre grad av standardisering och minska otydligheter.

Gap 2: Kvantitativa risktal

Olika bedömningar i kombination med olika avgränsningar gör att PFMEA:or inte blir jämförbara internt inom organisationen. För riskprioriteringen används RPN oftast som en riktlinje och det finns en strävan om en enkelhet i bedömningssteget. Utövare anser att det viktigaste är att erhålla en relation mellan risker snarare än ett noggrant värde från en komplex modell. Samtidigt har kritik lyfts kring RPN-bedömningen, som anses sakna matematisk bevisning och kan bidra till en felaktig bedömning av vilken risk som ska prioriteras (Baynal et al., 2018; Yazdi et al., 2020; Bhuvanesh Kumar & Parameshawara ,2020). Att tillägga komplexa kvantitativa modeller för viktning av RPN motsätter samtidigt den enkelhet som har framhållits som en viktig faktor, både vid Scania och andra företag. Teori fokuserar på utredning av matematiska modeller för en mer logisk riskbedömning, men för att matematiska bedömningar ska bli användbara krävs en närmare koppling till enkelhet vid tillämpning enligt utövare. Detta belyser

ett gap mellan teori och en föredragen tillämpning, i linje med Fan och Stevenson (2018) som anser att det finns behov av ytterligare forskning om riskhantering med hänsyn till utövares perspektiv. Gapet upplevs däremot kunna minskas genom att kommentera viktiga bedömningar i PFMEA-mallen, som gör bedömningarna lättare att följa upp.

Upptäckbarhet har ifrågasatts som faktor eftersom den kan vara svårt att hantera, medan många anser att risker som har högt värde på någon av de tre faktorerna bör uppmärksammas även om det totala risktalet inte blir högt. Detta är i linje med en mer generell tvådimensionell riskbedömning baserat på förekomst och allvarlighetsgrad av felet, exempelvis den beprövade metoden PRA från Aven och Zio (2014). AP-bedömningen från den nya standarden från AIAG stödjer en enkelhet i fråga om risktalet, då riskerna bedöms efter fem nivåer istället för tio, vilket kan vara mer tidseffektivt vid diskussion i tvärfunktionella grupper. AP-bedömningen lägger störst vikt vid allvarlighet, sedan felsannolikhet och sist upptäckbarhet (AIAG & VDA, 2019). Detta är också ett sätt att hantera kritiken mot RPN. Ytterligare ett gap för bedömningen är att allvarligheten anses svår att avgöra. Samtidigt hanteras ovisshet i riskbedömningssammanhang genom att vidta försiktighetsåtgärder, som i detta sammanhang skulle kunna innebära att allvarligheten bedöms högre vid osäkerhet. Att allvarligheten är svårbedömd kan också bero på bristfällig koppling till riskidentifiering på system- och designnivå. Sammantaget råder det en skillnad mellan teori och utövares meningar för hur riskbedömningen bäst hanteras.

Gap 3: Beslutsunderlag

Att identifiera risker i form av fellägen, förstå dess effekt och vidta förebyggande åtgärder är uppenbara syften med PFMEA (Mascia et al., 2020; Tupa et al., 2017; ISO, 2018). I empirin åskådliggjordes däremot en tvetydighet för i vilka situationer som PFMEA kan användas som beslutsunderlag, både vid Scania och andra fordonstillverkare. Svårigheten som finns med prestandamätning för riskhantering nämns samtidigt kunna bidra till att riskverktygets potential blir lidande, där en effekt är att investeringar och implementeringar av maskiner blir svårmotiverade. Maletič et al. (2020) och ISO (2018) hävdar att besluten som görs inte endast ska vara ekonomiskt grundade, utan baserade utifrån organisationens strategi, mål, medarbetare och processer. Vidare är det ledningens ansvar att personer på lämplig nivå inom organisationen ansvarar för PFMEA och att det tydligt framgår var, när, hur och av vem som beslut ska fattas inom organisationen. Ytterliare ett gap som har identifierats mellan teori och praktik är att det inte är uttalat vem som är intern kravställare för en PFMEA. Vid ett fall användes PFMEA vid uppbyggnaden av kravspecifikationen i syfte av att köpa sig bort från problemet, vilket är i enlighet med Stamatis (2013) som nämner att PFMEA kan användas till att utvärdera lösningar innan inköp. Vidare bör priset inte vara det viktigaste, i linje med prioriteringsordningen i Scaniahuset. Under benchmarkingen framkom det i ett fall att de identifierade riskerna utvärderades med hjälp av ett business case för att uppnå strategiskt grundade beslut. Aven (2020) hävdar att det är allmänt beskrivet hur risker hanteras, men att riskområdet behöver fortsätta utvecklas och belysa kvalitetshantering och prestationsanalyser. Sammanfattningsvis finns det potential för utökad användning av PFMEA som beslutsstöd genom att förtydliga i vilka situationer den kan vara till nytta, vilka delar som kan utgöra beslutsunderlag och hur den kan underlätta beslutsfattande exempelvis vid fasövergångar och upprättande av kravspecifikationer för maskininköp.

Gap 4: Processtöd

Riskhanteringen behöver vara anpassad efter organisationens behov och vara en del av organisationens syfte, ledarskap, mål och processer (ISO, 2018). Användandet av PFMEA som beslutsunderlag vid ett stort företag grundar sig i att det finns arbetsprocesser som underlättar ett standardiserat tillvägagångssätt. Trots att den standardiserade arbetsprocessen PEIP

innefattar PFMEA, har det indikerats av projektledare att det är otydligt hur PFMEA ska inkluderas i PEIP-arbetet. Användandet av PReP innefattar även PFMEA, där utmaningen med arbetsprocessen förklaras vidare i gap 5. För att uppnå standardisering är det viktigt med tydliga arbetssätt, dels genom en avdelning som ansvarar för att metoden uppdateras och används på korrekt sätt och dels att det finns parter som efterfrågar riskbedömningarna internt eller externt, beroende på organisatorisk kontext (Liker, 2009; Banduka et al., 2016). Ett gap som har identifierats är en otydlighet hur, när och vad PFMEA ska användas till i arbetsprocesserna, vem som agerar som intern kravställare för PFMEA, en efterfrågad stödfunktion som beredare kan vända sig till vid behov av stöttning under arbetet och att det inte finns ett tydligt ägandeskap av metoden som arbetar med kontinuerliga förbättringar. Under benchmarkingen visade det sig vara kvalitetsingenjörer eller kvalitetsavdelningen som fyller rollen som stödfunktion och ägare av metoden. ISO (2018) hävdar att det är ledningens ansvar att säkerställa att rätt kompetens och policy finns, tilldela ansvar till personer på lämplig nivå i organisationen och säkerställa att riskhanteringsmetoden fungerar effektivt. Silverman och Johnson (2013) beskriver vidare att ledningen behöver stödja PFMEA-insatser och rikta sina utbildningsinsatser för att förstå effekterna av PFMEA.

Efter riskbedömningen ska alternativa hanteringsåtgärder för risken tas fram och det lämpligaste alternativet väljas för att behandla risken, alternativt fatta besluta om att inte hantera risken (Hallikas et al., 2004; Tummala & Schoenherr, 2011). Samtidigt framhålls att besluten ska vara grundade utifrån både ekonomiska förutsättningar och utifrån organisationens strategi, mål, medarbetare och processer (ISO, 2018). Ett av benchmarkingföretagen utsåg ansvariga för att utreda riskhanteringsåtgärder för de högt prioriterade riskerna. Dessa risker undersöktes sedan utanför PFMEA-sittningen av utvalda specialister med ett arbetssätt i enlighet med business case.

Utöver ett tydligare ägandeskap av metoden, stödfunktioner och utredning av hanteringsåtgärder av rätt kompetenser, finns det ytterligare utmaningar i att säkerställa att PFMEA finns med i de arbetsprocesser för vilka som förväntas uppdatera analysen. Kopplingen mellan interna arbetsprocesser och verktyget PFMEA är en utmaning för samtliga företag, vilket är ett gap som är svårt för forskning att fylla. Scania kan förtydliga om produktionen ska följa upp PFMEA efter implementerat processflöde och hur PFMEA i sådana fall säkras i efterföljande processer efter godkänd PPAP. Detta beskrivs vidare i gap 5.

Gap 5: Iterering

ISO (2018), Tupa et al. (2017), Wolniak (2019) och Scanias tolkning av PPAP-standarden framhåller vikten av att arbeta med PFMEA iterativt, både vid artikelintroduktion och produktionsuppföljning. Detta genom att ha en handlingsplan, deadline och en ansvarig som går i enighet med organisationens strategier och målsättningar. Det finns ett gap mellan teori och Scanias tillämpning eftersom det saknas en tydlig målbild som är relaterad till Scaniahuset och kvalitetsmålet med noll fel till kund samt hur PFMEA ska användas iterativt genom arbetsprocesserna. PReP nämner när PFMEA ska initieras och itereras, men trots det används PFMEA inte i enlighet med PReP vilket indikerar att det krävs en mognadsgrad och utbredd användning av den relativt nya arbetsprocessen PReP. Vidare behövs en tydligare målbild för vad PFMEA ska användas till, exempelvis nyttjande som beslutsunderlag vid fasövergångar. Det är bristande användning av PFMEA i daglig produktion när PPAP är godkänd, vilket kan kopplas till att det inte är tydlighet hur och när PFMEA ska användas. Det finns ingen tydlig arbetsprocess som talar om när en ändring ska ske och inte heller något tydligt ägandeskap efter en godkänd PPAP. Både vid Scania och under benchmarkingen användes den mest framgångsrikt av röd beredare under det dagliga arbetet. Det har även indikerats att

produktionspersonalen vid Scania har begränsad kunskap inom PFMEA, vilket kan jämföras med ett annat företag där produktionspersonalen hade bättre kunskap än beredarna eftersom de arbetade mer frekvent medverkande under PFMEA-arbetet. Samtidigt ska det vara enkelt att följa hur riskhanteringsprocessen påverkar organisationens prestation (Hallikas et al., 2004; Tummala & Schoenher, 2011). Detta gjorde ett benchmarkingföretag genom att jämföra och validera resultatet från PFMEA-arbetet med statistik från avvikelsekontroller som slutkontroll och kundkontroll, vilket inte har framkommit vid Scania. Det finns potential för Scania att använda sig av avvikelsesystemen PUS, EBBA och FRAS, vilket kan ge mätbara resultat att kopplas till riskhanteringsprocessen. Med detta överkommer Scania den svårighet som Maletič et al. (2020) nämner om prestandamätning i relation till riskhanteringsmetoden och det är även ett sätt att följa upp utfallet av riskidentifieringen och bedöma uppföljningens effektivitet som författaren framhåller som en viktig aspekt.

Sammantaget behövs det en tydlig målbild för vad organisationen vill uppnå med PFMEA-arbetet och en tydlighet hur och vem som ska arbeta med PFMEA genom de olika processerna från produktutveckling till daglig produktion. Eftersom det finns få fallstudier som talar om hur en lyckad iterativ riskhanteringsprocess ska gå till (Fan & Stevenson 2018), behöver organisationer anpassa sig efter sina förutsättningar.

GAP 6: Systemstöd saknas

Både FMEA-handboken (2019) och ISO (2018) påvisar vikten av att dokumentera riskerna och kommunicera resultatet för att underlätta organisationens lärande. AIAG och VDA (2019) hävdar att riskkommunikationen är utanför formulärmallen och Hallikas et al. (2004) samt Tummala och Schoenher (2011) nämner att det ska vara enkelt att följa riskhanteringsprocessen. Med hjälp av ett systemstöd anser Stamatis (2013), Feili et al. (2013) och Banduka et al. (2016) att det går att förenkla riskhanteringsprocessen genom att enkelt ta del av tidigare projekt, uppnå en standardisering i riskanalysen och sammankoppla med andra verktyg och dokument. Bracke och Ulutas (2019) uppger att erfarenhetsåterföring är en nyckelfaktor för att minska återkommande fel, där huvudutmaningen är att dokumentera, spara och dela strukturerad kunskap under en lång tidsperiod. AIAG (2021) hävdar att det finns felaktigheter i 90 % av alla FMEA- och styrplansdokument och påvisar därför vikten av ett systemstöd. Excel anses inte uppfylla ovan nämnda kravställningar, vilket leder till att avsaknaden av ett systemstöd är ett gap. Utifrån den efterforskning och benchmarking som utförts i denna studie, har det inte framkommit ett systemstöd som kan uppfylla de krav som ställs i samband med PFMEA-arbetet. AIAG och VDA (2019) anser att en lösning kan vara att utveckla ett skräddarsytt systemstöd utifrån organisationens förutsättningar.

Gap 7: Inlärning

Liker (2009) menar att standardisering delvis är grunden till en välorganiserad och strukturerad arbetsplats. Standardisering är vidare viktigt för organisationens lärande genom att ta del av befintlig kompetens, uppdatera standarder och upptäcka avvikelser, vilket i sin tur leder till minskad variation i kvalitet och tidsåtgång (Petersson et al., 2017). Även om standardisering är en styrd arbetsmiljö engagerar det, enligt Bowen och Spear (1999), medarbetarna till ett bättre arbete, vilket är en hörnsten inom en lärande organisation. Utbildning inom PFMEA är en nödvändighet för att skapa en förståelse för metodiken, vilket resulterar i att arbetsprocessen blir mer tidseffektiv (Silverman & Johnson, 2013). Utbildning ger även organisationen en möjlighet att förmedla hur de strategiska målen ska användas under PFMEA-arbetet. Vid Scania finns ingen standardiserad inlärningsprocess för PFMEA. Även om Learning By Doing anses vara en nödvändighet, kan en standardiserad inlärningsprocess minska det personberoende arbetssättet och den personberoende kunskapen som har påträffats samt att PFMEA-arbetet

blir mer tidseffektivt. En framgångsfaktor hos andra företag är olika faser och nivåer av webbutbildningar, vilket gör att användaren kan välja själv när kunskapen behöver förnyas. En annan framgångsfaktor är att använda sig av moderatorer som stöd vid PFMEA-arbetet och vid inlärningsprocessen för nya beredare. Även Silverman och Johnson (2013) framhäver vikten av en moderator, som är kunnig både i metodiken och analysområdet, tillräckligt stark för att bryta icke värdeskapande diskussioner och uppmuntra nya tankar samt ha fakta och evidensbaserade resonemang. Med en moderator blir arbetet mer tideffektivt och dokumenteras på rätt sätt (AIAG & VDA, 2019). Sammanfattningsvis är den standardiserade arbetsprocessen PReP en del av att standardisera arbetssättet för PFMEA. Enligt Scaniahusets grunder, är en standardiserad inlärningsprocess ett steg närmare att upptäcka avvikelser, bidra till förutsägbarhet och skapa lärande. Detta leder i sin tur till minskad variation i kvalitet och tidsåtgång vilket minskar slöseri och ökar produktivitet i enighet med LEAN och TPS (Petersson et al., 2017).

Gap 8: Sammankopplade verktyg

Scanias PPAP-standard, Gueorguiev et al. (2020) och AIAG och VDA (2019) tar upp kombinationer av olika verktyg för att förenkla PFMEA-arbetet. Metoder som nämns är bland annat DFMEA, flödesschema och styrplan vilka i dagsläget görs i olika program vid Scania. En sammankoppling mellan dessa verktyg med ett ovan nämnt systemstöd hade förenklat informationsöverföringen och förenklat arbetsprocessen. Det har även indikerats att det behövs en tydligare koppling för hur PFMEA och styrplanen ska användas i relation till varandra eftersom PFMEA är ett sätt att identifiera riskerna, medan styrplanen är ett sätt att implementera proaktiva åtgärder och därmed minska kostnader (Jumbad & Chel, 2018; Belu et al., 2013; Stamatis, 2013). Neghab et al. (2011) påtalar även vikten av att ta hänsyn till en DFMEA under PFMEA-arbetet. Eftersom detta endast görs i undantagsfall vid Scania är detta ytterligare ett identifierat gap. I PPAP-standarden står det att DFMEA eller någon enklare form av riskbedömning ska göras av konstruktionsavdelningen och att den bör användas som indata till PFMEA. Eftersom detta anses vara en svårighet bland användarna borde det standardiseras hur DFMEA ska se ut, men även förtydliga hur sammankopplingen mellan DFMEA och PFMEA ska ske. Respondenterna såg störst potential i användningen av DFMEA vid bedömning av allvarligheten, där konstruktörerna har bäst insikt i de kritiska och signifikanta måtten samt påverkan på slutprodukten. Den största framgångsfaktorn för sammankopplingen mellan DFMEA och PFMEA, både vid Scania och andra företag, har visat sig vara ett kontinuerligt DFM-arbete med konstruktörerna. Detta är ett sätt att överkomma barriären med att DFMEA och PFMEA inte matchar tidsmässigt, vilket resulterar i att DFMEA inte kan användas som indata till PFMEA.

Sammanfattningsvis har PFMEA-arbetet visat sig beroende av organisatoriska förutsättningar och arbetssätt. Det finns en otydlighet för hur DFMEA, flödesschema, PFMEA och styrplan på bästa sätt ska användas i symbios och itereras under produktutvecklings- och tillverkningsprocesserna i strävan mot att uppnå organisationens målsättningar.

4.4 Framgångsfaktorer för PFMEA-arbetet

I tabell 2 sammanfattas framgångsfaktorer från nuläget vid Scania, benchmarking och teori.

Tabell 2: Framgångsfaktorer för PFMEA

Gap	Tema	Framgångsfaktorer
Gap 1: Avgränsningar	Identifiering	• Tydliggör avgränsningar - Utgå från normalläge - Produktionslinje på avdelningsnivå - Kvalitet på artikel - Kan innefatta säkerhetsrisker - Beskriva omfattning och avgränsningar i försättsblad • Tvärfunktionell arbetsgrupp - Beredning, process- & produktionsteknik, operatörer, logistik & supervisor. Ev. specialistfunktioner, moderator & kvalitetsingenjör - Antal personer: 5-10 • Stöd av standardiserat flödesschema och 3D-modeller för att visualisera artikel efter operationsstegen • Förberedelser inför möten - Statistik från avvikelsehanteringssystem - Stöd från liknande PFMEA • Brainstorming riktlinje inte längre än 1-2 timmar • Skilj på felorsak och feleffekt
Gap 2: Kvantitativa risktal	Bedömning	• Arbeta vertikalt i kalkylbladet • Användning av AP-bedömning • Kommentera bedömningen • Riktlinje högt värde RPN • Hantera risker med högt värde på en av O, S eller D • Kritiska och signifikanta egenskaper från DFMEA för bedömning av allvarlighet i PFMEA
Gap 3: Beslutsunderlag	Syfte	• Prioritera proaktivt arbete • Jämföra alternativ innan inköp • Uppbyggnad av kravspecifikation • Motivera beslut för styrgrupp • PFMEA vid fasövergång • Kvalitetssäkring mot organisatoriska mål - Ledningsstöd och förståelse för PFMEAs värde
Gap 4: Processtöd	Arbetsprocesser	• Tydlig användning av PFMEA i investeringsprocessen för produktionsutrustning (PEIP) • Tydligt ägandeskap - Under processplanering - Efter godkänd PPAP (produktionsuppföljning) - Metodägare PFMEA • Kravställare av PFMEA internt • Tydligt användande av PFMEA i arbetsprocess för processplanering (PReP) • Initiera PFMEA tidigt i processplaneringen (PReP) • Arbetsprocess för iterativ PFMEA i daglig produktion • Röd beredare • Agenda på kvalitetsforum • Standardiserat PFMEA-arbete inom organisationen

Gap	Tema	Framgångsfaktorer
Gap 5: Iterering	Uppföljning	• Verifiera utfall från PFMEA konkreta nyckeltal • Avsätt tid för PFMEA-uppföljning - Ansvarig för åtgärd - Slutdatum för åtgärd • Dokumentera uppföljning i PFMEA-mall • Använd business case för åtgärdsutvärdering • Uppdatera standard/ kravspecifikation efter PFMEA - Underlättar framtida projekt • Inkludera produktionspersonal i PFMEA-arbetet
Gap 6: Systemstöd saknas	Användar-vänlighet	• Systemstöd - Grundlig RFQ utifrån organisationens behov - Utvärdera alternativa lösningar/ programvaror - Sammankoppling mellan verktyg och avvikelsesystem • Namnge processteg i nummerordning för förenklad sortering • Enkelhet - Sammankoppling mellan verktyg och avvikelsesystem - Förenkla filtrering - Sökbarhet - Historiklogg
Gap 7: Inlärning	Erfarenhets-återföring	• Standardiserad inlärningsprocess - Webbutbildningar uppdelade i faser - Moderator som stöd vid utförande • God kunskap om flödet och artikeln samt PFMEA-metoden • Systemstöd som bidrar till att dokumentera, spara och dela strukturerad kunskap under lång tid • Förmedla strategiska mål via inlärning
Gap 8: Samman-kopplade verktyg	Informations-överföring	• Sammankoppling mellan DFMEA och PFMEA via DFM-arbete • Specificera krav på en DFMEA utifrån en PFMEA • Tydlig beskrivning av FMEA-arbetet i organisationens PPAP-standard - Koppling DFMEA-PFMEA (Kritiska och signifikanta egenskaper för allvarlighetsbedömning) - Koppling PFMEA - Styrplan - Standardiserat flödesschema • Börja riskanalysen på en övergripande systemnivå

5 Slutsatser och rekommendationer

I kapitlet presenteras slutsatser från studien följt av rekommendationer för en lyckad tillämpning av PFMEA. Slutsatserna syftar till att besvara forskningsfrågan och följs av rekommendationer som är nedbrutna i fyra huvudsakliga förbättringsområden. Avslutningsvis presenteras en omarbetning av tidslinjen i figur 9 från fallstudiebeskrivningen.

5.1 Slutsatser

För att framgångsrikt tillämpa PFMEA vid artikelintroduktioner, processförändringar och produktionsuppföljning är det viktigt att utgå från organisationens förutsättningar, strategi, mål och framtida vision. Mätbara resultat för PFMEA-arbetet anses vara en framgångsfaktor och med en tydlig målbild och konkreta nyckeltal förenklas uppföljningsarbetet. För att stödja en lärande organisation bör målbilden framhålla prioriteringen av proaktiva åtgärder och strategiskt arbete i relation till den operativa kärnverksamheten, vilket är en utmaning. Studien framhåller vikten av standardiserade arbets- och inlärningsprocesser för PFMEA-arbetet, i linje med Lean. Standardiserade arbetsprocesser bör belysa när, hur och vad som ska göras, vilket bidrar till tidseffektivare arbetsprocesser och mindre variation i kvaliteten på PFMEA-arbetet. En standardiserad inlärningsprocess minskar även den personberoende variationen. Det behövs kravställare för utformningen av en PFMEA, som vidare efterfrågar en PFMEA under PPAP-arbetet. Studien visade också behov av en metodägare, som sköter utvecklingen av PFMEA och kan agera moderator vid behov.

Processplanering står i relation till konstruktionsarbetet och den dagliga produktionen, vilket gör att PFMEA-arbetet inte bör hanteras separat. Samarbete mellan avdelningar inom organisationen, använda tvärfunktionella grupper vid utförandet och etablera tydliga sammankopplingar mellan verktyg som DFMEA, styrplan och flödesschema är viktiga framgångsfaktorer. För att nyttja den fulla potentialen är det vidare viktigt att tydliggöra syftet med riskanalysen för att säkerställa att rätt avgränsningar görs. Avgränsningar är beroende av avsikten med analysen och finns begränsat med teori om. Tillämpningsområden för PFMEA som identifierades inom ramen för studien var strukturering av proaktivt arbete, framtagning av kravspecifikationer, jämföra och motivera alternativa maskininköp samt utgöra beslutsunderlag till styrgrupp.

Avslutningsvis värderas enkelhet vid tillämpning högt bland användare till fördel för ett bekant verktyg som Excel, men samtidigt finns det begränsningar med Excel som motsätter användarvänlighet och enkelhet. Komplexa teoretiska bedömningsmodeller som viktar riskfaktorerna i risktalet vinner inte samma gehör bland användare som i teorin. Systemstöd lyfts som underlättande för sammankoppling av verktyg, men en barriär är förändringsbenägenhet för övergång från Excel till nya verktyg. Sammantaget framhåller studien en tydlig strategi, standardiserade arbetsprocesser, välfungerande informationsöverföring och systemstöd som framgångsfaktorer för ett lyckat PFMEA-arbete.

5.2 Rekommendationer

Rekommendationerna i tabell 3 syftar till att uppfylla det framtida måltillståndet presenterat i figur 13. Rekommendationerna behandlas i den ordning som de anses lämpade att vidtas, från fastställande av strategi till utredning av framtagning av ett systemstöd. Måltillståndet

presenteras i en tidslinje för hur arbetsprocesserna och PFMEA kan sammankopplas för artikelintroduktioner, processförändringar och produktionsuppföljning. Nedan följer en beskrivning av rekommendationerna med hänsyn till hur de understödjer måltillståndet i figur 13.

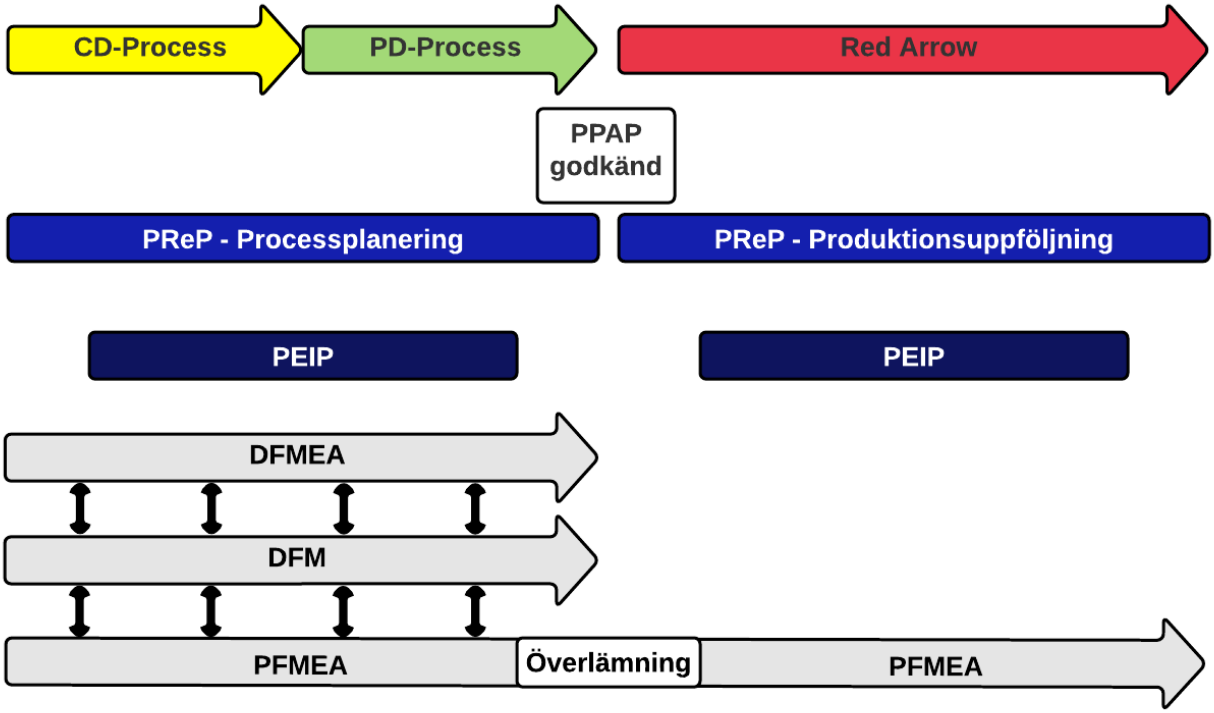
Tabell 3: Rekommendationer

Rekommendation	Beskrivning	Utmaning
1. Ta fram strategi för PFMEA-arbetet	• Fastställ syftet med PFMEA-arbetet • Ta fram en framtida målbild • Fastställ metodägare och kravställare • Prestandamätning utfall • Sammanställ underlättande exempel • Strategi för riskövervakning • Inspiration av SHE vid utvecklingen av PFMEA • Standardiserad grund för avgränsningar och inlärning	• Olika förutsättningar inom Scania • Samverkan och förståelse från alla delar av organisationen • Långsiktig investering och initialt resurskrävande • Prioritera strategiskt arbete
2. Anpassa arbetsprocesserna	• Tydliggör arbetssätt för PFMEA under daglig produktion • Röd beredare ansvarig för PFMEA under Röd pil • Produktion intern kravställare under Röd pil • Kombinera ÅVS & ÅES med PFMEA • Styrgrupp intern kravställare under CD/PD-process • Förtydliga användningen av PFMEA i PEIP • Använd PFMEA vid fasövergångar • Initiera PFMEA tidigare i PReP	• Krävs mognadsgrad för processförändringar • Bredda PFMEA-kunskapen inom organisationen (till fler roller)
3. Tydliggör informationsöverföringen till PFMEA	• Sammankoppla DFMEA och PFMEA via DFM-arbetet • Fastställ kritiska och signifikanta egenskaper i DFMEA-arbetet • Använd DFMEA som stöd för bedömning av allvarlighet i PFMEA • Standardisera flödesscheman • Förtydliga kopplingen mellan PFMEA och styrplan • Koppla PFMEA-arbetet mot avvikelser från PUS, EBBA och FRAS • Förtydliga hur verktyg sammankopplas i PPAP-standarden	• Krävs gränsöverskridande samarbeten • Beroende av produktionens avvikelsehantering
4. Utred införandet av ett digitalt systemstöd	• Ta fram en RFQ för ett FMEA-systemstöd • Business case för värdet gentemot inköpskostnad och resurser som krävs för ett systemstöd	• Resurskrävande • Förändringsbenägenhet • Hitta system efter RFQ • Utbud kommersiella programvaror

Initialt är det viktigt att fastställa en strategi från ledningens sida som tydliggör engagemang för väl utförda PFMEA:or genom att klargöra vad organisationen vill åstadkomma med PFMEA-

arbetet och i vilka situationer PFMEA kan användas som stöd för beslutsfattande. PFMEA behöver vara kopplad till organisatoriska mål, exempelvis till Scaniahuset och förtydliga på vilket sätt som PFMEA ska bidra till målsättningen "noll fel till kund". PFMEA löser inte ensam alla kvalitetsproblem och det är viktigt att inte ha en övertro till metoden, men om budskapet för PFMEA förmedlas väl är det även lättare för användarna att se värdet med arbetet och säkerställa ett standardiserat arbetssätt. En rekommendation för ökad tydlighet och standardisering är att fastställa ägandeskap för metoden. Förslagsvis, i enlighet med benchmarkingföretagen, kan Scania låta en kvalitetsavdelning eller utsedda kvalitetsingenjörer ansvara för metodiken, göra omvärldsbevakning, förmedla uppdateringar, se till att lämpliga utbildningar finns tillgängliga, agera moderator vid behov samt finnas med som intern kravställare för att stötta produktionen vid beslut om PPAP-godkännande. Lämpliga avgränsningar kan vara utgångspunkt från ett normalläge, i första hand kvalitetsrisker och en gemensam PFMEA på process- eller avdelningsnivå; dessa ligger också inom ramen för strategibeslut. Vidare rekommenderas användningen av en summering som försättsblad för att på ett enkelt sätt avgöra avgränsningar och omfattning för PFMEA-arbetet.

Att förtydliga syftet med PFMEA kan göras via att tillhandhålla goda exempel för ett standardiserat tillvägagångssätt. Att sammanställa exempel för respektive fas i PFMEA-arbetet är också ett sätt att minska gapet som finns för inlärning. Inlärningen behöver inte nödvändigtvis ske i form av långa utbildningar, utan kan vara digitalt material som finns att tillgå för de praktiska utmaningar som kan uppstå och hur andra inom organisationen tidigare har löst dessa. Som utgångspunkt för att fastställa exempel kan framgångsfaktorerna i tabell 2 vara till hjälp. Vidare är rekommendationerna för arbetsprocess, systemstöd och informationsöverföring beroende av relationen mellan processer och verktyg, vilka beskrivs i figur 13 som en uppdaterad version av det teoretiska nuläget från figur 9.



Figur 13: Rekommendation av målläge för sammankoppling av PFMEA-processerna

Istället för att använda DFMEA som indata till PFMEA, rekommenderas att FMEA-arbetet sammankopplas via ett DFM-arbete. Denna sammankoppling är ett sätt att överkomma att en DFMEA inte är klar när PFMEA påbörjas. Vidare blir det enklare att följa med i utförda uppdateringar och bedömningar. Under PFMEA-arbetet kan däremot DFMEA-arbetet underlätta bedömning av allvarligheten, då konstruktörerna kan lista kritiska och signifikanta egenskaper med kommentarer om feleffekten i en DFMEA. Det har indikerats att PFMEA initieras för sent och därför rekommenderas att PFMEA bör påbörjas på en övergripande nivå i första fasen under PReP, tillsammans med DFM-arbetet. En Gul/Grön beredare är sedan ansvarig för att PFMEA itereras under hela CD/PD-processen, där de viktigaste punkterna från PFMEA bör presenteras vid varje fasövergång för interna kravställare. Eftersom PFMEA är en punkt i PEIP, behöver det förtydligas hur den ska användas; ett förslag är att använda PFMEA vid framtagning av kravspecifikationen vid inköp av produktionsutrustning. Även för denna situation kan PFMEA presenteras vid fasövergångar för interna kravställare. Efter att PPAP är godkänd och ägs av produktionen, bör Röd beredning vara ansvarig för itereringen av PFMEA. Detta bör göras genom en tydlig arbetsprocess för hur den ska arbetas med. Ett exempel är att kontinuerligt lyfta PFMEA på löpande kvalitetsforum.

Eftersom enkelhet, tillsammans med uppdateringar och sammankopplade verktyg, anses viktigt rekommenderas på sikt att använda sig av ett systemstöd. Utifrån de organisatoriska målen och användarnas krav rekommenderas att ta fram en RFQ och utvärdera värdet gentemot kostnaden för införandet av ett systemstöd. Detta kan göras genom ett business case, där inköp av ett kommersiellt systemstöd ställs mot att utveckla ett eget. Detta ger även en möjlighet att förenkla ett iterativt arbete, erfarenhetsåterföring och sammankopplingen mellan exempelvis PFMEA, DFMEA, flödesscheman och styrplan. Eftersom flödesscheman skapar förståelse för processerna, behövs ett standardiserat sätt för uppbyggnaden i syfte att göra arbetet tidseffektivt. Ett systemstöd ger även möjligheten att sammankoppla PFMEA-arbetet med avvikelsesystem, vilket förenklar användningen av produktionsavvikelser som EFR och kassationer. Vidare rekommenderas att kopplingen mellan PFMEA och styrplanen förtydligas eftersom PFMEA är ett sätt att identifiera risker och styrplanen är ett sätt att implementera proaktiva åtgärder. Avslutningsvis, för att utvärdera utfallet från en PFMEA, rekommenderas framtagning av ett sätt för prestandamätning i produktionen. Detta för att se om nödvändiga risker identifierats, hanterats och om nya risker uppträder. Att utvärdera utfallet och på sikt ha ett inarbetat systemstöd för PFMEA stödjer ett standardiserat arbetssätt och strävan mot en lärande organisation.

6 Diskussion

Kapitlet behandlar diskussion om resultat, rekommendationernas genomförbarhet och studiens tillförlitlighet. Avslutningsvis presenteras förslag på framtida studier inom PFMEA-området, dels ur ett verksamhetsutvecklingsperspektiv för Scania och dels ur ett akademiskt perspektiv.

6.1 Resultatdiskussion

Studier har belyst behovet av undersökningar om riskhantering med hänsyn till skillnader mellan forskares och utövares åsikter (Fan & Stevenson, 2018; Anderson & Shattuck, 2012). Utmaningar med praktisk tillämpning av PFMEA styrks i examensarbetet, främst för uppföljning, bedömning, användarvänlighet, informationsöverföring och avgränsningar. Teoretisk utveckling av matematiska modeller för viktning av faktorerna i risktalet ges mer utrymme i teori än i praktik (Baynal et al., 2018; Huvanesh Kumar & Parameshawaran, 2020). Detta kan bero på att användare sällan jämför PFMEA:or mot varandra och det väsentliga utfallet är riskers relationer, riktvärde för processens tillförlitlighet och enkelhet vid tillämpning. AP-bedömningen kan anses som en gyllene medelväg som stödjer enkelheten och har mer fokus på riskers relationer. En intressant aspekt är att överväga om viktning av faktorerna kan inkluderas i ett framtida digitalt system för hänsyn till matematiskt korrekt relation mellan faktorer men också enkel tillämpning.

Det finns utmaningar med implementering av en strategi för PFMEA-arbetet, då förutsättningarna ser olika ut inom Scania och därmed kan syftet med PFMEA skilja sig exempelvis mellan gul/ grön och röd beredning eller mellan produktionslinjer och monteringsenheter. Vidare är det initialt resurskrävande för framtagning av en strategisk riktning, vilket bör vägas mot en förväntad besparing på lång sikt (Yeh et al., 2010). Scania har utvecklade och etablerade riskhanteringsprocesser som kan användas som inspiration för utveckling av PFMEA och PReP. En sådan process är SHE-bedömning, som anses tydlig och inkluderar stödjande funktioner som arbetsmiljöansvariga och SHE-koordinatorer. Nya eller förändrade arbetsprocesser kräver däremot en mognadsgrad inom organisationen innan önskat utfall kan uppnås. Användning av PReP behöver premieras och kunskapen för PFMEA behöver spridas till fler funktioner än beredare, där arbetssätt som inkluderar produktionspersonal som exempelvis rollen Supervisor i PFMEA-arbetet framhålls av författarna. Vidare observerades att ÅVS och ÅES påminner om PFMEA i ett produktionssammanhang, vilket leder till en diskussion om hur överlappande analyser och informationsdelningen mellan metoderna kan utvecklas. Det är viktigt med fungerande erfarenhets- och informationsöverföring samt gränsöverskridande samarbeten (Bracke & Ulutas, 2019), och PFMEA-arbetet underlättas med bra avvikelserapportering från produktionen. Samarbetet mellan konstruktion och produktion anses utmanande och därför rekommenderades sammankoppling av FMEA- med DFM-arbetet. I praktiken behövs sedan en mognadsgrad i designen innan PFMEA kan initieras, även om rekommendationen är att börja så tidigt som möjligt (Silverman & Johnson, 2013). Det behövs beaktas att figur 13 är ett teoretiskt målläge.

Avslutningsvis har vikten av enkelhet och användarvänlighet framhållits. Ett systemstöd kan stödja enkelheten, men för införandet av nya system finns en utmaning i att övervinna hinder i förändringsbenägenhet inom organisationen, som kan uppstå vid övergång från ett välutvecklat verktyg som Excel till ett nytt systemstöd. Det har indikerats från benchmarkingen att utbudet av kommersiella programvaror som uppfyller kravspecifikationer är begränsat och därför kan värdet gentemot kostnaden för utveckling av ett systemstöd diskuteras.

6.2 Metoddiskussion

I studien infördes begreppet interna risker som en avgränsning för tillämpningen av PFMEA med hänsyn till kvalitetsrisker på artiklar, som i teori benämns som exempelvis intern logistik, operativa risker och produktionsrisker (Ibrahim & Chassapis, 2017; Reis et al., 2017). Externa risker som materialförsörjningen och förändrade marknadsfaktorer (Thun and Hoenig, 2011; Pfohl et al., 2010), ansågs inte ha en direkt påverkan på kvaliteten på artiklarna under tillverkningen eller kunna påverkas av den producerade verksamheten och exkluderades därför i studien.

Intresset för studien har varit stort och många respondenter har uttryckt värdet i att utveckla metoden. Att få kontakt med respondenter har därför varit enklare än förväntat. Intervjustudien vid Scania inkluderade 28 respondenter med olika bakgrund, men samtliga med erfarenhet av artikeltillverkning och riskbedömningar. Det fanns också en spridning över olika avdelningar inom de två produktionsenheterna, vilket minskade inverkan av avdelningsberoende förutsättningar. För att minska effekten av respondenturvalet hade däremot kvantifiering av resultaten kunnat utföras genom exempelvis enkätundersökning mot fler beredare än de som intervjuades. En enkätundersökning hade kunnat ge en högre generaliserbarhet och en bättre prioritering bland de identifierade gapen samt generera fler utmaningar vid anonymt framförda åsikter. Att benchmarkingen visade att andra tillverkare står inför liknande utmaningar som Scania är inte förvånande eftersom den internationella kvalitetsstandarden IATF 16969 tillämpas inom fordonsindustrin, där PPAP och PFMEA ingår. En nackdel med studiens kvalitativa datainsamling är däremot att den är svår att replikera eftersom semistrukturerade frågor är beroende av författarnas förmåga att ställa relevanta följdfrågor.

Organisatoriska förutsättningar har visat sig vara avgörande för lämpliga avgränsningar och arbetsprocesserna för PMFEA-arbetet. Benchmarkingföretagen hade avvikande förutsättningar gentemot Scania som exempelvis mindre produktionsvolymer, outsourcade konstruktionsarbeten, produktsäkerhetsklassningar och montering i högre utsträckning än artikeltillverkning. Vid framtagning av framgångsfaktorer användes benchmarkingen därför som komplement för att säkerställa studiens generaliserbarhet inom branschen och öka rekommendationernas giltighet i branschen. Vid översättning av rekommendationerna till andra förutsättningar än Scanias tillverkande enheter bör särskild uppmärksamhet ägnas åt arbetsprocesser, avvikelsesystem och organisationsstruktur eftersom dessa skiljer sig mellan organisationer.

6.3 Framtida studier

Avslutningsvis har studien visat att företag inom fordonsindustrin står inför liknande utmaningar för praktisk tillämpning av PFMEA. Befintlig studie kan utvidgas till en internationell kontext för en bättre branschjämförelse. Ur ett vetenskapligt perspektiv rekommenderas även fortsatta studier inom informationsöverföringen mellan DFMEA, styrplan och arbetssätt för ett effektivt DFM-arbetet i relation till PFMEA-arbetet samt utveckling av digitala systemstöd utifrån användarnas behov.

Inom ramen för Scanias verksamhetsutveckling rekommenderas utredning av framtida strategier för PFMEA-arbete med mätbara nyckeltal och arbetsprocesser för hur utfallet av riskanalysen kan följas upp. Ytterligare ett framtida utvecklingsområde är att ta fram RFQ-underlag för systemstöd och utreda marknaden för kommersiella programvaror. Dessa utvecklingsområden kompletterar de givna rekommendationerna för ett framtida lyckat PFMEA-arbete.

Referenser

AIAG. (2020). *Automotive Industry Action Group.* https://www.aiag.org/

AIAG. (2021). *Core tools support (cts) software details. Automotive Industry Action Group.* https://www.aiag.org/store/core-tools-software/details

AIAG & VDA. (2019). *Failure mode and effects analysis - fmea handbook (1 uppl.).* Automotive Industry Action Group.

Anderson, T. & Shattuck, J. (2012). Design-based research: A decade of progress in education research? *Educational researcher*, *41*(1), 16–25. https://doi.org/10.3102/0013189X11428813

Aven, T. (2020). Recent advancements in risk analysis and management. *Paper presented at the Proceedings of the 29th European Safety and Reliability Conference, ESREL 2019*, 1–8. https://doi.org/10.3850/978-981-11-2724-3_0001-cd

Aven, T. & Zio, E. (2014). Foundational issues in risk assessment and risk management. *Risk Analysis*, *34*(7), 1164–1172. https://doi.org/10.1111/risa.12132

Baccarini, D. & Archer, R. (2001). The risk ranking of projects: A methodology. *International Journal of Project Management*, *19*(3), 139–145. https://doi.org/10.1016/S0263-7863(99)00074-5

Banduka, N., Veža, I. & Bilić, B. (2016). An integrated lean approach to process failure mode and effect analysis (pfmea): A case study from automotive industry. *Advances in Production Engineering and Management*, *11*(4), 355–365. https://doi.org/10.14743/apem2016.4.233

Baynal, K., Sari, T. & Akpinar, B. (2018). Risk management in automotive manufacturing process based on fmea and grey relational analysis: A case study. *Advances in Production Engineering and Management*, *13*(1), 69–80. https://doi.org/10.14743/apem2018.1.274

Belu, N., Al Ali, A. R. & Khassawneh, N. (2013). Application of control plan - ppap tool in automotive industry production. *Quality - Access to Success*, *14*(136), 68–72. https://www.researchgate.net/profile/Nadia-Belu/publication/259601985_Application_off_Control_Plan_-_PPAP_Tool_in_Automotive_Industry_Production/links/544b4b2e0cf2bcc9b1d4f93c/Application-off-Control-Plan-PPAP-Tool-in-Automotive-Industry-Production.pdf

Bergman, B. & Klefsjö, B. (2012). *Kvalitet från behov till användning (5 uppl.).* Studentlitteratur AB.

Bhuvanesh Kumar, M. & Parameshawaran, R. (2020). A comprehensive model to prioritise lean tools for manufacturing industries: A fuzzy fmea, ahp and qfd-based approach. *International Journal of Services and Operations Management*, *37*(2), 170–196. https://doi.org/10.1504/IJSOM.2020.110337

Bowen, K. & Spear, S. (1999). Decoding the dna of the toyota production system. *Harvard Business Review*, *99*, 97–106. https://hbr.org/1999/09/decoding-the-dna-of-the-toyota-production-system

Bracke, S. & Ulutas, B. (2019). Basic structure of lessons learned approach to improve manufacturing processes: A case study. ifac-papersonline. *Production Engineering Archives*, *52*(13), 1010–1015. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.327

Braun, V. & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative research in psychology*, *3*(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Castellion, G. & Markham, S. K. (2013). Perspective: New product failure rates: Influence of argumentum ad populum and self-interest. *Journal of Product Innovation Management*, *30*(5), 976–979. https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2012.01009.x

Chapman, R. J. (2001). The controlling influences on effective risk identification and assessment for construction design management. *International Journal of Project Management*, *19*(3), 147–160. https://doi.org/10.1016/S0263-7863(99)00070-8

Chen, J. (2007). Utility priority number evaluation for fmea. *Journal of failure analysis and Prevention*, *7*(5), 321–328. https://doi.org/10.1007/s11668-007-9060-2

David, M. & Sutton, D. (2016). *Samhällsvetenskaplig metod*. Studentlitteratur.

Diabat, A., Govindan, K. & Panicker, V. V. (2012). Supply chain risk management and its mitigation in a food industry. *International Journal of Production Research*, *50*(11), 3039–3050. https://doi.org/10.1080/00207543.2011.588619

Dias, G. C., Hernandez, C. T. & de Oliveira, U. R. (2020). Supply chain risk management and risk ranking in the automotive industry. *Gestão & Produção [Brazilian Institute for Information in Science and Technology]*, *27*(1). https://doi.org/10.1590/0104-530X3800-20

Fan, Y. & Stevenson, M. (2018). A review of supply chain risk management: Definition, theory, and research agenda. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, *48*(3), 205–230. https://doi.org/10.1108/IJPDLM-01-2017-0043

Farquhar, J. D. (2012). *Case study research for business*. SAGE Publications Ltd. https://doi.org/10.4135/9781446287910

Feili, H. R., Akar, N., Lotfizadeh, H., Bairampour, M. & Nasiri, S. (2013). Risk analysis of geothermal power plants using failure modes and effects analysis (fmea) technique. *Energy Conversion and Management*, *72*, 69–76. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2012.10.027

Gan, L., Xu, J. & Han, B. T. (2012). A computer-integrated fmea for dynamic supply chains in a flexible-based environment. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, *59*(5-8), 697–717. https://doi.org/10.1007/s00170-011-3526-9

Gibson, B., Mentzer, J. & Cook, R. (2005). Supply chain management: The pursuit of a consensus definition. *Journal of Business Logistics*, *26*(2), 17–25. https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2005.tb00203.x

Gray, G., Bron, D., Davenport, E. D., D'Arcy, J., Guettler, N., Manen, O., Syburra, T., Rienks, R. & Nicol, E. D. (2019). Assessing aeromedical risk: A three-dimensional risk matrix approach. *Heart*, *105*, 9–16. https://doi.org/10.1136/heartjnl-2018-313052

Griffin, A. & Hauser, J. (1993). The voice of the customer. *Marketing Science*, *12*(1), 360–37. http://dx.doi.org/10.1287/mksc.12.1.1

Gueorguiev, T., Kokalarov, M. & Sakakushev, B. (2020). Recent trends in fmea methodology. *In 2020 7th International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering (EE&AE)*, 1–4. https://doi.org/10.1109/EEAE49144.2020.9279101

Hallikas, J., Karvonen, I., Pulkkinen, U., Virolainen, V. & Tuominen, M. (2004). Risk management processes in supplier networks. *International Journal of Production Economics*, *90*(1), 47–58. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.02.007

Haseeb, J., Ahmad, N., Malik, S. U. R. & Anjum, A. (2019). Application of formal methods to modelling and analysis aspects of business process reengineering. *Business Process Management Journal*, *26*(2), 548–569. https://doi.org/10.1108/BPMJ-02-2019-0078

Haughey, B. & Train, R. (2020). The impact of manufacturing errors on product defects. *Konferenspapper presenterat vid Proceedings - Annual Reliability and Maintainability Symposium, januari 2020*. https://doi.org/10.1109/RAMS48030.2020.9153663

Ibrahim, I. H. & Chassapis, C. (2017). An interactive variation risk management environment to assess the risk of manufacturing variations. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, *11*(3), 597–608. https://doi.org/10.1007/s12008-016-0330-7

ISO. (2018). *Risk management – guidelines. Svenska Institutet för Standarder*. https://www.sis.se/produkter/foretagsorganisation/foretagsorganisation-och-foretagsledning-ledningssystem/foretagsorganisation/iso-310002018/

Juan, Y. & Ou-Yang, C. (2004). Systematic approach for the gap analysis of business processes. *International Journal of Production Research*, *42*(7), 1325–1364. https://doi.org/10.1080/00207540310001631223

Jumbad, V. & Chel, A. (2018). Strategic use of control plan as a process audit tool in automotive industry: A case study. *Paper presented at the AIP Conference Proceedings*. https://doi.org/10.1063/1.5058243

Jüttner, U., Peck, H. & Christopher, M. (2003). Supply chain risk management: Outlining an agenda for future research. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, *6*(4), 197–210. https://doi.org/10.1080/13675560310001627016

Kovács, G. & Spens, K. (2005). Abductive reasoning in logistics research. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, *35*(2), 132–144. https://doi.org/10.1108/09600030510590318

Kumar, M. B. & Parameshwaran, R. (2019). Fuzzy weighted geometric mean approach-based fmea to prioritise lean failure modes in manufacturing industries. *International Journal of Manufacturing Technology and Management.*, *33*(6), 398–427. https://doi.org/10.1504/IJMTM.2019.104550

Liker, J. K. (2009). *The toyota way– lean för världsklass (1 uppl.)*. Liber AB.

Liliana, L. (2016). A new model of ishikawa diagram for quality assessment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *161*(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/161/1/012099

Maletič, D., Pačaiová, H., Nagyová, A. & Maletič, M. (2020). The link between asset risk management and maintenance performance: A study of industrial manufacturing companies. *Quality Innovation Prosperity*, *24*(3), 50–69. https://doi.org/10.12776/QIP.V24I3.1477

Mascia, A., Cirafici, A., Bongiovanni, A., Colotti, G., Lacerra, G., Di Carlo, M., Digilio, F., Liguori, G., Lanati, A. & Kisslinger, A. (2020). A failure mode and effect analysis (fmea)-based approach for risk assessment of scientific processes in non-regulated research laboratories. *Accred Qual Assur*, *25*, 311–321. https://doi.org/10.1007/s00769-020-01441-9

Mikulak, R. J., McDermott, R. & Beauregard, M. (2017). *The basics of fmea (2 uppl.)*. CRC Press.

Modig, N. & Åhlström, P. (2015). *Detta är lean: Lösningen på effektivitetsparadoxen (2 uppl.)*. Rheologica Publishing.

Molhanec, M., Zhuravskaya, O., Povolotskaya, E. & Tarba, L. (2011). The ontology based fmea of lead free soldering process. *Paper presented at the Proceedings of the International Spring Seminar on Electronics Technology*, 267–273. https://doi.org/10.1109/ISSE.2011.6053871

Neghab, A. P., Siadat, A., Tavakkoli-Moghaddam, R. & Jolai, F. (2011). An integrated approach for risk-assessment analysis in a manufacturing process using fmea and des. *IEEE International Conference on Quality and Reliability, ICQR 2011*, 366–370. https://doi.org/10.1109/ICQR.2011.6031743

Ng, M. F., Rao Tummala, V. M. & Yam, R. C. M. (2003). A risk-based maintenance management model for toll road/tunnel operations. *Construction Management and Economics*, *21*(5), 495–510. https://doi.org/10.1080/0144619032000089616

Ohno, T. (1988). *Toyota production system.* Productivity inc.

Pawar, G. J. & Mukhopadhyay, S. J. (2015). Application of design failure modes and effect analysis (dfmea) to vertical roller mill gearbox. *International Journal of Engineering Research*, *4*(12), 663–667. https://doi.org/10.17950/ijer/v4s12/1207

Petersson, P., Olsson, B., Lundström, T., Johansson, O., Broman, M., Blücher, D. & Alsterman, H. (2017). *Lean- gör avvikelser till framgång! (3 uppl.)*. Part Media.

Pfohl, H. C., Köhler, H. & Thomas, D. (2010). State of the art in supply chain risk management research: Empirical and conceptual findings and a roadmap for the implementation in practice. *Logistics research*, *2*(1), 33–44. https://doi.org/10.1007/s12159-010-0023-8

Press, D. (2003). *Guidelines for failure mode and effects analysis (fmea), for automotive, aerospace, and general manufacturing industries.* CRC Press.

Price, C. J. & Taylor, N. S. (2002). Automated multiple failure fmea. *Reliability Engineering and System Safety*, *76*(1), 1–10. https://doi.org/10.1016/S0951-8320(01)00136-3

Puvanasvaran, A., Jamibollah, N. & Norazlin, N. (2014). Integration of poka yoke into process failure mode and effect analysis: A case study. *American Journal of Applied Sciences*, *11*(8), 1332–1342. https://doi.org/10.3844/ajassp.2014.1332.1342.

Rana, S. & Belokar, R. M. (2017). Quality improvement using fmea: A short review. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, *4*(6), 263–267. https://www.irjet.net/archives/V4/i6/IRJET-V4I645.pdf

Reis, A., Stender, G. & Maruyama, U. (2017). Internal logistics management: Brazilian warehouse best practices based on lean methodology. *International Journal of Logistics Systems and Management*, *26*(3), 329–345. https://doi.org/10.1504/IJLSM.2017.081965

Reliasoft. (2021). *Xfmea for failure mode and effects analysis (fmea).* https://www.reliasoft.com/products/xfmea-failure-mode-effects-analysis-fmea-software

Saunders, M., Lewis, P. & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students (5 uppl.)*. Pearson education.

Scania. (2021a). *Scania production system* [Scania Reflex]. https://reflex.scania.com

Scania. (2021b). *Apqp & ppap* [Scania Reflex]. https://reflex.scania.com

Scania. (2021c). *Part realization process (prep)* [Scania Reflex]. https://reflex.scania.com

Scania. (2021d). *Product development process* [Scania Reflex]. https://reflex.scania.com

Scania. (2021e). *Production equipment investment process (peip)* [Scania Reflex]. https://reflex.scania.com

Scania. (2021f). *She* [Scania Reflex]. https://reflex.scania.com

Scania. (2021g). *Avs/åes* [Scania Reflex]. https://reflex.scania.com

Scania. (2021h). *Fras* [Scania Reflex]. https://reflex.scania.com

Scania. (2021i). *Pus* [Scania Reflex]. https://reflex.scania.com

Scania. (2021j). *Ebba* [Scania Reflex]. https://reflex.scania.com

Scania. (2021k). *P-fmea - part manufacturing* [Scania Reflex]. https://reflex.scania.com

Silverman, M. & Johnson, J. R. (2013). Fmea on fmea. *Paper presented at the Proceedings - Annual Reliability and Maintainability Symposium*. https://doi.org/10.1109/RAMS.2013.6517629

Stamatis, D. H. (2013). *Failure mode and effect analysis: Fmea from theory to execution (2 uppl.)*. American Society for Quality.

Svenskt Näringsliv, (2020). *Efter pandemin- Ekonomisk bedömning hösten 2020 – Så säkrar vi svenskt välstånd och en hållbar tillväxt.* https://www.svensktnaringsliv.se/material/rapporter/efter_pandemin_ekonomisk_bedomning_2020_webbpdf_1146891.html/Efter_pandemin_ekonomisk_bedomning_2020_webb_2.pdf

Teoh, P. C. & Case, K. (2005). An evaluation of failure modes and effects analysis generation method for conceptual design. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, *18*(4), 279–293. https://doi.org/10.1080/0951192042000273122

Thun, J. & Hoenig, D. (2011). An empirical analysis of supply chain risk management in the german automotive industry. *International Journal of Production Economics*, *131*(1), 242–249. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.10.010

Tummala, R. & Schoenherr, T. (2011). Assessing and managing risk management process (scrmp). *Supply Chain Management: An International Journal*, *16*(6), 474–483. https://doi.org/10.1108/13598541111171165

Tupa, J., Simota, J. & Steiner, F. (2017). Aspects of risk management implementation for industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, *11*, 1223–1230. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.248

Van Weele, A. & Arbin, K. (2012). *Inköp och supply chain management- analys, strategi, planering och praktik (2 uppl.)*. Studentlitteratur.

Wolniak, R. (2019). Problems of use of fmea method in industrial enterprise. *Production Engineering Archives*, *23*(23), 12–17. https://doi.org/10.30657/pea.2019.23.02

Wu, D. D. & Olson, D. (2010). Enterprise risk management: A dea var approach in vendor selection. *International Journal of Production Research*, *48*(16), 4919–4932. https://doi.org/10.1080/00207540903051684

Wurster, S., Heß, P., Nauruschat, M. & Jütting, M. (2020). Sustainable circular mobility: User-integrated innovation and specifics of electric vehicle owners. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(19). https://doi.org/10.3390/SU12197900

Yazdi, M., Nedjati, A., Zarei, E. & Abbassi, R. (2020). A reliable risk analysis approach using an extension of best-worst method based on democratic-autocratic decision-making style. *Journal of Cleaner Production*, *256*. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120418

Yeh, T., Pai, F. & Yang, C. (2010). Performance improvement in new product development with effective tools and techniques adoption for high-tech industries. *Quality and Quantity*, *44*(1), 131–152. https://doi.org/10.1007/s11135-008-9186-7

7 Bilagor

A Intervjumall till beredare

Namn: **Datum:**
Avdelning: **Titel och ansvarsområde:**

1. Kan du berätta kort om hur ni arbetar med PFMEA?
- När (i vilken process) gör ni den och för vilka projekt?
- Hur vet du när du ska göra vad?
- Vilka personer är vanligtvis involverade i PFMEA-arbetet?

2. Hur lärde du dig att utföra en PFMEA?

3. Varför anser du att ni utför PFMEA:or?
- Används PFMEA vid beslutsfattande? Om ja, i vilka situationer?
- Ser du värdet i relation till nedlagd tid?

4. Är det tydligt när en PFMEA ska utföras?
- Följer du PReP? Ser du några brister med processen?

5. Använder ni DFMEA som indata till PFMEA-arbetet?
- Påverkar DFM-arbetet PFMEA-arbetet? Hur?

RISKIDENTIFIERING

6. Hur identifierar ni riskerna i PFMEA-arbetet?
- Vilka risker tas med?
- Är tydligt vilka risker som ska behandlas?
- Används några andra verktyg eller underlag för att identifiera risker?
- Hur anser du att riskidentifieringen fungerar?

RISKBEDÖMNING

7. Hur bedömer ni riskerna?
- När vidtas åtgärder och enligt vilka kriterier?
- Hur arbetar ni med risktalet?

8. Hur anser du att riskbedömningen fungerar?

UPPFÖLJNING

9. Hur arbetar ni med riskuppföljningen?
- Åtgärdas de identifierade riskerna?
- Vem ansvarar för uppföljningen och när sker eventuella överlämningar?
- Vad händer med PFMEA när den är överlämnad?

10. Hur tycker du att uppföljningen av riskerna fungerar?

ERFARENHETSÅTERFÖRING

11. Upplever du att det behövs mer dokumentations-/ systemstöd för PFMEA-arbetet? Om ja, vad saknas?

12. Vad tycker du om Excel-mallen som används i PFMEA-arbetet?

UTVÄRDERING

13. Vad anser du är styrkorna med PFMEA?

14. Vad anser du är svagheterna med PFMEA?

B Intervjumall till benchmarkingen

ORGANISATORISKA FÖRUTSÄTTNINGAR

1. Hur ser er organisationsstruktur ut från produktutveckling till implementerad process?

- Sker artikel-/ produktkonstruktion internt eller externt?
- Har ni serieproduktion?

2. Hur ser samarbetet ut mellan konstruktion, artikelberedning och produktion för riskbedömningar för artikelintroduktioner/ processförändringar?

- Är konstruktionsavdelningen med i hela processen tills artikeln är i fullskalig produktion?
- Är teknikorganisationen/produktionsavdelningen med i konstruktionsarbetet under ett DFM-arbete?

3. Utför ni DFMEA?

- Används DFMEA som indata i PFMEA-arbetet? Hur?

4. Har ni en specifik avdelning som har ansvar över PFMEA-metoden?

- Har ni någon som kan agera moderator vid FMEA-arbetet?

IDENTIFIERING

5. Vad gör ni för avgränsningar i identifieringssteget?

- Artikel- eller produktnivå eller för en produktionsline/ avdelning?
- Innefattas risker för säkerhet & arbetsmiljö eller är det enbart kvalitetsrisker?
- Varför gör ni dessa avgränsningar?

BEDÖMNING

6. Hur tycker du att riskbedömningen fungerar?

- Har ni några framgångsfaktorer för bedömningsarbetet?

UPPFÖLJNING

7. Arbetar ni med PPAP?

- Hur arbetar ni med PFMEA under investeringsprojekt? Från projektets start? Itereras den under projektets gång?
- Hur arbetar ni med PFMEA när PPAP är godkänd? Görs uppföljning kontinuerligt i produktionen?
- Vem arbetar med PFMEA?
- Hur väl känner produktionspersonalen/ andra yrkesgrupper till PFMEA?

ANVÄNDARVÄNLIGHET

8. Använder ni PFMEA-mallen från den internationella standarden?

- Har ni gjort några anpassningar efter era förutsättningar? Vilka och varför?
- Använder ni kompletterande verktyg eller program som stöd vid utförandet av PFMEA?

9. Hur arbetar ni med kopplingen mellan styrplan, flödesschema och PFMEA?

10. Arbetar ni modellbaserat?

- Tar inspiration från 3D-modeller i PFMEA-arbetet?
- Vilket/vilka program används?

<u>ERFARENHETSÅTERFÖRING</u>

11. Hur ser inlärningsprocessen för PFMEA ut?

- Vad har ni för typ av utbildningar?

12. Hur fungerar informationsdelningen mellan enheter och produktionslinjer?

- Kan ni lätt ta del av PFMEA för likvärdiga moment från tidigare projekt? Om ja, hur?

C Respondenter fallstudie

I tabell 4 presenteras befattningarna för de respondenter som medverkade i studien och i tabell 5 visas de företag som medverkade i benchmarkingen.

Tabell 4: Respondenter vid Scania

Respondent	Titel
Scania CV	
1	Projektledare inom produktionsteknik
2	Beredare
3	PD-koordinator
4	Beredare
5	Beredare
6	Teamleader
7	Beredare
8	Processtekniker
9	SHE-koordinator
10	Kvalitetsingenjör
11	Operatör
12	Beredare
13	Projektledare beredning
14	Projektledare inom produktionsteknik
15	Beredare
16	Beredare
17	Supervisor
18	Beredare
19	Beredare
20	Beredare
21	Beredare
22	Beredare
23	Beredare
24	Kvalitetsingenjör
25	Beredare
26	Beredare
27	Senior ingenjör inom processplanering/ beredning
28	Konstruktör

Tabell 5: Respondenter benchmarking

Respondent	Företag
1	LEAX Mekaniska
2	LEAX Mekaniska
3	Saab Aerostructures
4	Volvo Group Truck Operations
5	BAE Systems Hägglunds
6	Volvo Cars

D PFMEA-mall

Figur 14: Excel-mall för PFMEA (Scania, 2021k)

SCANIA Template Issue3

Document name: Project

P-FMEA REG NO:	19: Reason for P-FMEA	20: MAIN GROUP and SUB GROUP	18: DATE	Version																
PFMEA-XXX	0	Main: 0 Sub: 0	2018-03-19	1																
1: Type	2: Variant	3: Process Step *Where*	4: Failure mode *What*	5: Failure cause *Why*	6: Failure effect Production *Consequence*	7: Failure effect Customer *Consequence*	8: Control	9: O	10: S	11: D	12: R	13: Measure	14: Resp.	15: Planned ready date	16: Actual ready date	9: O	10: S	11: D	12: R	17: Comments
																Expected RPN with implemented measures				
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	
											0								0	

E Bedömningsmatriser för RPN

Nedan presenteras bedömningskriterierna för uträkning av de olika faktorerna i risktalet (RPN).

E.1 Bedömningsmatris för allvarlighetsfaktorn

Tabell 6: Matris för riskbedömning av allvarlighet. Justerad (AIAG & VDA, 2019)

Allvarlighet (S)				
S	**Feleffekt**	**Produktionspåverkan**	**Påverkan för slutkund**	**Företags-specifikt exempel**
10	Hög	Risk för plötslig hälso- eller säkerhetsrisk för produktionspersonal	Påverkar säker framförsel av fordon samt förarens och passagerarens hälsa	
9		Fel kan resultera i att säkerhetskraven inte uppfylls	Säkerhetskraven uppfylls inte	
8	Måttligt hög	Kan uppstå 100 % kassationer. Fel kan leda till kronisk hälso- och säkerhetsrisk för produktionspersonal	Förlust av nödvändig fordonsfunktion för normal livslängd	
7		Produkten kan behöva sorteras efter kassation, avvikelse i produktionprocess eller minskad produktionstakt	Degradering av primär fordonsfunktion för normal livslängd	
6	Måttligt låg	100 % av artiklarna kan behöva omarbetas och accepteras manuellt	Förlust av sekundär fordonsfunktion	
5		En del av artiklarna kan behöva omarbetas och accepteras manuellt	Degradering av sekundär fordonsfunktion	
4		100 % av artiklarna kan behöva omarbetas i maskinen	Stor påverkan på utseende, ljud, vibrationer eller liknande	
3	Låg	En del av artiklarna kan behöva omarbetas i maskinen	Måttlig påverkan på utseende, ljud, vibrationer eller liknande	
2		Lindrigt besvär för process, operation eller produktionspersonal	Lindrig påverkan på utseende, ljud, vibrationer eller liknande	
1	Väldigt låg	Ingen märkbar påverkan	Ingen märkbar påverkan	

E.2 Bedömningsmatris för felsannolikhetsfaktorn

Tabell 7: Matris för riskbedömning av felsannolikhet. Justerad (AIAG & VDA, 2019)

Felsannolikhet (O)				
O	**Förutsägelse av felorsak**	**Typ av kontroll**	**Förebyggande kontroll**	**Företags-specifikt exempel**
10	Extremt hög	Ingen	Ingen förebyggande kontroll	
9 8	Mycket hög	Beteende	Förebyggande kontroll har liten inverkan på att förhindra felorsak	
7	Hög	Beteende eller tekniskt	Förebyggande kontroll har till viss del inverkan på att förhindra felorsak	
6				
5	Måttlig		Förebyggande kontroll har inverkan att förhindra felorsak	
4				
3	Låg	Beteende eller tekniskt	Förebyggande kontroll har i hög grad inverkan att förhindra felorsak	
2	Mycket låg			
1	Extremt låg	Tekniskt	Förebyggande kontroll är extremt effektiv att förhindra felorsaken. Avsikten med kontrollen är att det inte ska gå att producera på grund av felorsaken	

E.3 Bedömningsmatris för upptäckbarhetsfaktorn

Tabell 8: Matris för riskbedömning av upptäckbarheten. Justerad (AIAG & VDA, 2019)

Upptäckbarhet (D)				
D	**Upptäck-barhet**	**Metod för upptäckbar-het**	**Möjlighet att upptäcka**	**Företags-specifikt exempel**
10	Väldigt låg	Ingen metod för upptäckbarhet	Felläget kan inte upptäckas	
9		Osannolikt att metoden upptäcker felläget	Felläget är inte lätt att upptäcka genom slumpmässiga kontroller	
8	Låg	Metoden är inte bevisad att vara pålitlig och effektiv	Manuell kontroll eller mätning som borde upptäcka felläget	
7			Maskinbaserad upptäckbarhet, eller inspektionsutrustning såsom mätmaskin som borde upptäcka felläget	
6	Måttlig	Metoden är bevisad att vara pålitlig och effektiv	Manuell kontroll eller mätning som kommer upptäcka felläget	
5			Maskinbaserat upptäckbarhet, eller inspektionsutrustning såsom mätmaskin som kommer upptäcka felläget	
4	Hög	Systemet har bevisats vara pålitligt och effektivt	Automatisk maskinbaserat system för upptäckbarhet där felläget upptäcks nedströms i produktionen och förebygger ytterligare bearbetning eller system som identifierar produkten och automatiskt tar bort produkten senare i produktionen	
3			Automatiskt maskinbaserat system för upptäckbarhet där felläget upptäcks i maskinen och förebygger ytterligare bearbetning eller system som identifierar produkten och automatiskt tar bort produkten senare i produktionen	
2		Metoden för upptäckbarhet har bevisats vara pålitlig och effektivt	Maskinbaserad upptäckbarhet som upptäcker och förebygger att felläget uppstår	
1	Väldigt hög	Metoderna upptäcker alltid felläget och tillverkningen kan inte ske utan att upptäcka felläget		

F Matris för Action Priority (AP)

Nedan presenteras den nya riskbedömningsmetoden Action Priority.

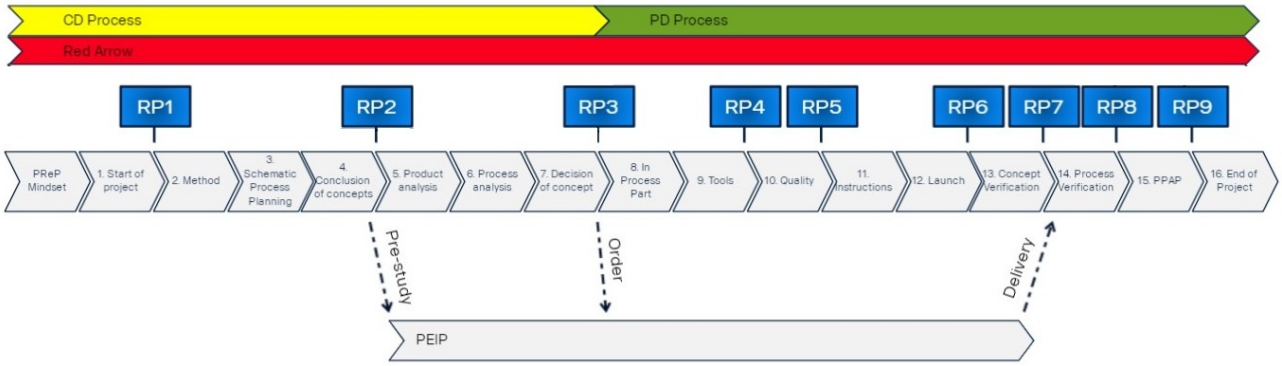
Tabell 9: Matris för riskutvärdering med AP-metoden. Justerad (AIAG & VDA, 2019)

Action Priority för FMEA							
Effekt	**S**	**Felsannolikhet**	**O**	**Upptäckbarhet**	**D**	**AP**	**Kommentarer**
Väldigt hög	9-10	Väldigt hög	8-10	Låg - väldigt låg	7-10	H	
				Måttlig	5-6	H	
				Hög	2-4	H	
				Väldigt hög	1	H	
		Hög	6-7	Låg - väldigt låg	7-10	H	
				Måttlig	5-6	H	
				Hög	2-4	H	
				Väldigt hög	1	H	
		Måttlig	4-5	Låg - väldigt låg	7-10	H	
				Måttlig	5-6	H	
				Hög	2-4	H	
				Väldigt hög	1	M	
		Låg	2-3	Låg - väldigt låg	7-10	H	
				Måttligt	5-6	M	
				Hög	2-4	L	
				Väldigt hög	1	L	
		Väldigt låg	1	Väldigt hög - väldigt låg	1-10	L	
Hög	7-8	Väldigt hög	8-10	Låg - väldigt låg	7-10	H	
				Måttlig	5-6	H	
				Hög	2-4	H	
				Väldigt hög	1	H	
		Hög	6-7	Låg - väldigt låg	7-10	H	
				Måttlig	5-6	H	
				Hög	2-4	H	
				Väldigt hög	1	M	
		Måttlig	4-5	Låg - väldigt låg	7-10	H	
				Måttlig	5-6	M	
				Hög	2-4	M	
				Väldigt hög	1	M	
		Låg	2-3	Låg - väldigt låg	7-10	M	
				Måttlig	5-6	M	
				Hög	2-4	L	
				Väldigt hög	1	L	
		Väldigt låg	1	Väldigt hög - Väldigt låg	1-10	L	

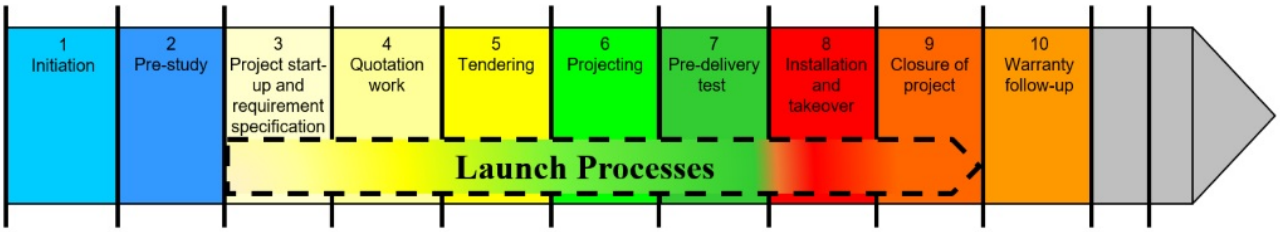
Action Priority för FMEA							
Effekt	**S**	**Felsannolikhet**	**O**	**Upptäckbarhet**	**D**	**AP**	**Kommentarer**
Måttlig	4-6	Väldigt hög	8-10	Låg - väldigt låg	7-10	H	
				Måttlig	5-6	H	
				Hög	2-4	H	
				Väldigt hög	1	H	
		Hög	6-7	Låg - väldigt låg	7-10	H	
				Måttlig	5-6	H	
				Hög	2-4	H	
				Väldigt hög	1	H	
		Måttlig	4-5	Låg - väldigt låg	7-10	H	
				Måttlig	5-6	H	
				Hög	2-4	H	
				Väldigt hög	1	M	
		Låg	2-3	Låg - väldigt låg	7-10	H	
				Måttligt	5-6	M	
				Hög	2-4	L	
				Väldigt hög	1	L	
		Väldigt låg	1	Väldigt hög - Väldigt låg	1-10	L	
Låg	2-3	Väldigt hög	8-10	Låg - väldigt låg	7-10	H	
				Måttlig	5-6	H	
				Hög	2-4	H	
				Väldigt hög	1	H	
		Hög	6-7	Låg - väldigt låg	7-10	H	
				Måttlig	5-6	H	
				Hög	2-4	H	
				Väldigt hög	1	M	
		Måttlig	4-5	Låg - väldigt låg	7-10	H	
				Måttlig	5-6	M	
				Hög	2-4	M	
				Väldigt hög	1	M	
		Låg	2-3	Låg - väldigt låg	7-10	M	
				Måttlig	5-6	M	
				Hög	2-4	L	
				Väldigt hög	1	L	
		Väldigt låg	1	Väldigt hög - Väldigt låg	1-10	L	
Ingen effekt	1	Väldigt låg - Väldigt hög	1-10	Väldigt hög - Väldigt låg	1-10	L	

G Arbetsprocesser för investeringsprojekt och processförändringar

I figur 15 presenteras de 16 faserna i PReP, där RP illustrerar de interna fasövergångarna. Figur 16 representerar de 10 faserna i investeringsprocessen PEIP.



Figur 15: Faserna i PReP (Scania, 2021c)



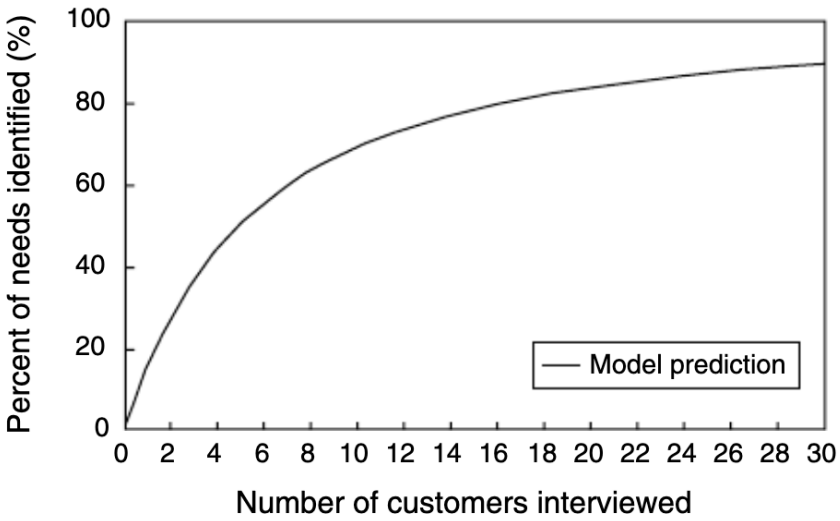
Figur 16: Faserna i PEIP (Scania, 2021e)

H Kompletterande teoretiskt material

Avsnittet innefattar kompletterande teoretiskt material till i synnerhet den teoretiska referensramen, men även till metodkapitlet.

H.1 Modell för respondenturval

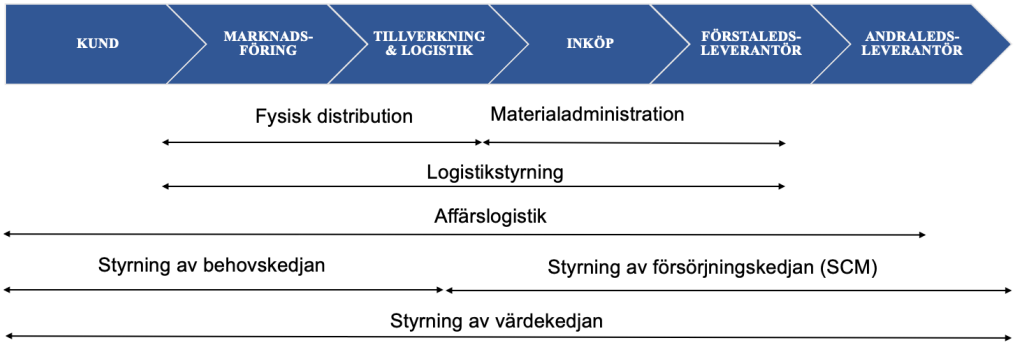
Modellen i figur 17 visar relationen mellan andelen av det identifierade kundbehovet och antalet intervjuade kunder inom ett kundsegment. Antalet intervjuade kunder plottas mot andelen identifierade behov. Modellen används i studien som en indikator för antalet intervjuer som anses lämpligt vid identifiering av nuläget bland en specifik yrkesgrupp vid Scania.



Figur 17: Relationen mellan andel identifierade behov och antal utförda intervjuer (Griffin & Hausser, 1993)

H.2 Visualisering av logistiska begrepp i värdekedjan

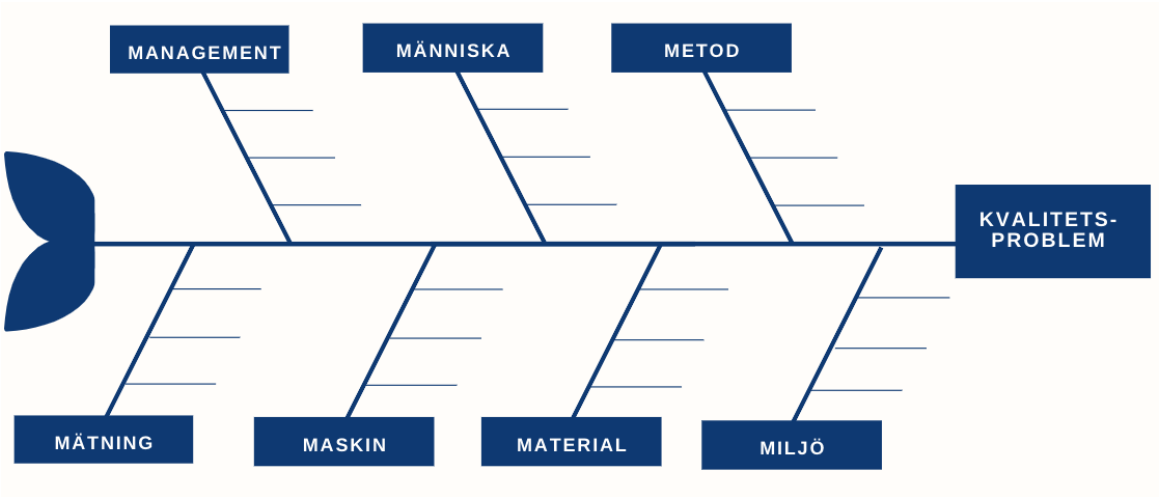
Figur 18 visar ett utvidgat perspektiv på affärslogistik enligt den svenska översättningen styrning av försörjningskedjan för SCM, det vill säga från råvaruleverantör till tillverkande företag. Detta synsätt på försörjningskedjan används i studien och grundar sig i definitioner från Van Weele och Arbin (2012).



Figur 18: Logistiska begrepp i värdekedjan. Justerad (Van Weele & Arbin, 2012)

H.3 Fiskbensdiagram

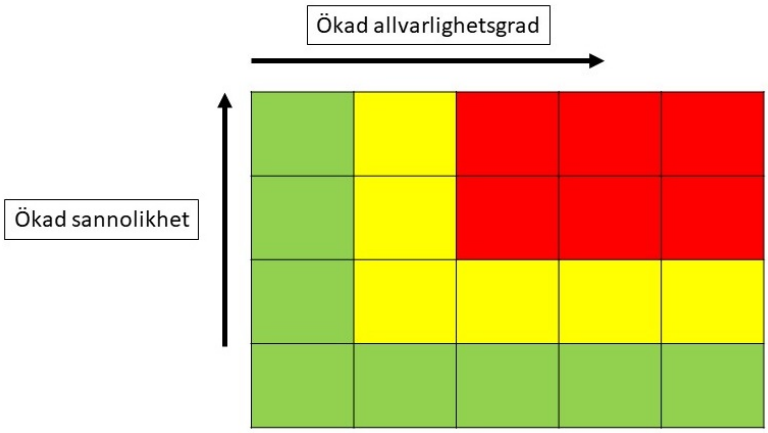
Figur 19 visar ett exempel på ett fiskbensdiagram med sju M på axlarna. I fiskbensdiagram inkluderas ofta alla sju eller ett antal av de olika M:en management, människa, metod, mätning, maskin, material och miljö. Faktorn Management avser faktorer kopplade till ledningens stöttning, Människa avser inblandade medarbetare i processen, Metoder avser hur processen utförs, Maskinutrustning inkluderar verktyg, Material inkluderar komponenter och råvaror, Mätning avser kvalitetsbedömning av processen och Miljö står för yttre förhållanden som omgivande plats och faktorer som exempelvis temperatur (Bergman & Klefsjö, 2012). Liliana (2016) föreslår dessutom en variant för utvärdering av ingående delar i maskinkonstruktionen som en sammansättning av tre fiskbensdiagram som utförs separat för fel vid utvärdering av dimensionell noggrannhet, positioneringsavvikelser samt vid ytfinhet.



Figur 19: Fiskbensdiagram. Justerad (Bergman & Klefsjö, 2012)

H.4 Riskmatris

Figur 20 åskådliggör en tvådimensionell riskmatris där en risk bedöms från grönt område som illustrerar en accepterad risk till rött område som anses som en oacceptabel risk. Bedömningen baseras på allvarlighetsgraden vid riskens uppträdande och sannolikheten att risken inträffar.



Figur 20: Tvådimensionell riskmatris. Justerad (Gray et al., 2019)

H.5 PPAP-dokument

I tabell 10 presenteras vad som ska inkluderas i PPAP-arbetet. De dokument som sedan är relaterade till PFMEA-arbetet är DFMEA, flödesschema och styrplan.

Tabell 10: Sammanställning av dokument som innefattas i PPAP. Justerad (Belu et al., 2013)

Nr	PPAP-dokument
1	Tekniskt underlag
2	Tekniska ändringsdokument om sådana finns
3	Godkända avvikelser
4	Design FMEA
5	Flödesschema
6	Process FMEA
7	Styrplan
8	Mätsystemsanalys (MSA)
9	Dimensionsresultat
10	Materialegenskaper
11	Inledande processstudier
12	Kvalificerat mätrum
13	Godkänt utseende på artikel
14	Provexemplar
15	Masterdetalj
16	Kontrollhjälpmedel
17	Kundspecifika krav
18	Part Submission Warrant - PSW