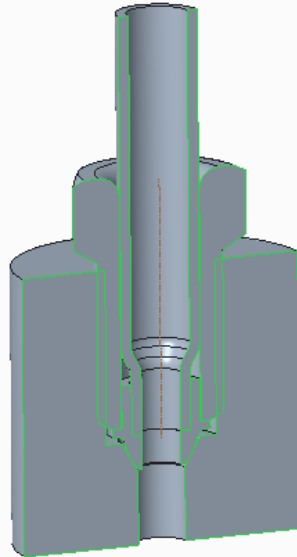




**CHALMERS**



# Utveckling och validering av en oljekoppling för turboaggregat

Designanpassning av sfäriska högtryckskopplingar för snabbare montering

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet maskinteknik

Jacob Gustafsson

Lukas Forsberg

Examinator: Peter Hammersberg

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2025

[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)

Utveckling och validering av en oljekoppling för turboaggregat

Designanpassning av sfäriska högtryckskopplingar för lågtrycks- och högtemperaturmiljöer

Jacob Gustafsson

Lukas Forsberg

© JACOB GUSTAFSSON, 2025.

© LUKAS FORSBERG, 2025.

Handledare: Viktor Rosén, Volvo GTT

Examinator: Peter Hammersberg, Institutionen för Industri- och Materialvetenskap.

Industri- och Materialvetenskap

Chalmers Tekniska Högskola

SE-412 96 Göteborg

Sverige

Telefon +46 31-772 1000



**CHALMERS**

# Förord

Detta examensarbete har genomförts under våren 2025 i samarbete med Volvo GTT som en del av vår utbildning inom Maskinteknik vid Chalmers tekniska högskola.

Vi vill rikta ett stort tack till Volvo GTT för möjligheten att genomföra detta projekt samt för det stöd och den expertis vi fått under arbetets gång. Ett särskilt tack riktas till vår handledare på Volvo, Viktor Rosén för värdefulla insikter och kontinuerlig vägledning.

Vi vill även tacka vår akademiska handledare och examinator, Peter Hammersberg.

Lukas Forsberg

Jacob Gustafsson

Göteborg, våren 2025

# Ordlista

**Plastisk deformation** - Förändring av form och storlek som förblir permanent efter påverkad kraft.

**Sträckgräns** - Den maximala spänning som ett material kan utsättas för innan plastisk deformation.

**Kristallint material** - Material som består av ett regelbundet arrangemang av partiklar, ett kristallgitter.

**Brottgräns** - Den maximala spänning som ett material kan utsättas för innan det går sönder.

**Deformationshärdning** - En process där material blir starkare och mer motståndskraftig mot deformation efter det blivit utsatt för plastisk deformation.

**Porrer** - Luftbubblor som tillkommer i gjutna material under gjutnings/kylningsprocess.

**Scope creep** - Projektets omfattning gradvis expanderar utöver de ursprungliga målen och specifikationerna och projektet blir större än vad projektgruppen klarar av.

**Volvo GTO** - Volvo Group Trucks Operations ansvarar för tillverkning och montering av lastbilar och andra tunga fordon med anläggning i Skövde.

**Volvo GTT** – Volvo Group Trucks Technology

**Kråkfot** - Ett nyckelverktyg för att montera muttrar runt rör.

**Ledtid** - Ledtid är den tid det tar från att en produktionsorder påbörjas tills produkten är färdigställd.

**FEM** - Finita Elementmetoden, är en numerisk metod som används för att lösa komplexa problem genom att dela upp strukturer i mindre och enklare delar (element) för att underlätta tekniska relationer.

# Sammanfattning

Detta examensarbete, utfört i samarbete med Volvo GTT, syftar till att utveckla ett alternativt designförslag för en oljekoppling till turboaggregatets lagerhus. Projektet startades för att utveckla en komponent som är enklare att montera, har en lägre komplexitet och minskad ledtid. Den befintliga lösningen är funktionell men har av hög materialåtgång och svår montering, vilket motiverar en ny konstruktion.

Arbetet följer en systematisk produktutvecklingsmetodik och inleds med en marknadsanalys samt teknisk analys av nuvarande lösning. Därefter används verktyg som brainstorming, elimineringsmatriser, Pugh-matriser och Kesselringmatris för att generera och sälla fram koncept. Det slutgiltiga valet föll på en enkel design som tätar genom metallisk deformation vid montering.

CAD-modeller och tekniska ritningar har utvecklats enligt ISO-standarder och Volvos interna riktlinjer, där materialvalet föll på austenitiskt rostfritt stål för dess höga hårdhet och temperaturtålighet. Det har också getts alternativa materialval som ferritiskt stål vilket kan vara en mer kostnadseffektiv lösning.

En valideringsplan har tagits fram som inkluderar tryck-, vibrations- och salttester, samt termisk cykling. Simuleringar med Finita Elementmetoden (FEM) har genomförts för att analysera kontaktryck och plastisk deformation i tätningen. Resultaten indikerar att belastningen tas upp som förväntat, men vidare simuleringar föreslås. För fortsatt utveckling föreslås utförande av fysiska tester, FMEA-uppdatering samt ekonomisk och miljömässig analys. Dessutom krävs en dialog föras med leverantörer och Volvo GTO i Skövde. Projektet har levererat ett förslag på en förbättrad oljekoppling med potential att effektivisera produktionen och minska kostnader, samtidigt som funktionalitet och hållbarhet bevaras.

# Abstract

This bachelor's thesis, conducted in collaboration with Volvo GTT, aims to develop an alternative design proposal for an oil connection to the turbocharger housing. The project was initiated to develop a component that is easier to assemble, has lower complexity, and reduced lead time. The existing solution is functional but suffers from high material consumption and complicated assembly, which motivates a new design.

The work follows a systematic product development methodology, beginning with a market analysis and a technical review of the current solution. Tools such as brainstorming, elimination matrices, Pugh matrices, and Kesselring matrices were then used to generate and screen concepts. The final choice fell on a simple, robust design that seals through metallic deformation during assembly.

CAD models and technical drawings were developed according to ISO standards and Volvo's internal guidelines. The selected material was austenitic stainless steel due to its high hardness and temperature resistance. Alternative materials such as ferritic steel were also considered as potentially more cost-effective options.

A validation plan has been developed, including pressure, vibration, and salt tests, as well as thermal cycling. Finite Element Method (FEM) simulations were conducted to analyse contact pressure and plastic deformation in the seal. The results indicate that the load is absorbed as expected, but further simulations are recommended. For continued development, physical testing, FMEA updates, and economic and environmental analyses are proposed. In addition, a dialogue must be established with suppliers and Volvo GTO in Skövde. The project has delivered a proposal for an improved oil connection with the potential to streamline production and reduce costs while maintaining functionality and durability.

# Innehållsförteckning

Förord.....	I
Ordlista.....	II
Sammanfattning.....	III
Abstract.....	IV
1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte .....	1
1.3 Avgränsningar.....	2
1.4 Precisering av frågeställning .....	2
2 Teori.....	2
2.1 Krypning, Material i hög temperatur .....	3
2.1.1 Diffusionskrypning.....	3
2.1.2 Power-law krypning.....	3
2.2 Ytårdhet, Brinell .....	4
2.3 Termisk utvidgning.....	4
2.4 Rostfritt stål.....	4
2.4 Beskrivning av befintlig produkt.....	5
3 Metod .....	5
3.1 Arbetets kronologi.....	5
3.2 Marknadsanalys.....	5
3.3 Boundary- och parameterdiagram .....	6
3.4 Kravspecifikation.....	6
3.5 Brainstorming.....	6
3.6 Elimineringmatris.....	7
3.7 Pugh-matris.....	7
3.8 Kesselringmatris.....	7

3.9	FMEA .....	8
4	Konceptgenerering av oljekoppling .....	8
4.1	Brainstorming och marknadsundersökning .....	9
4.2	Boundary- och parameterdiagram .....	10
4.3	Kravspecifikation.....	11
4.4	Elimineringsmatris.....	11
4.5	Pugh-matris.....	12
4.5.1	Vidareutveckling av koncept .....	12
4.6	Kesselringmatris.....	13
5	Konceptval.....	13
5.1	Ändform ändring .....	14
6	Utveckling av oljekoppling.....	15
6.1	CAD och ritning.....	15
6.2	Alternativa material .....	18
6.2.1	Austenitiskt rostfritt stål.....	19
6.2.2	Ferritiskt rostfritt stål.....	19
7	Valideringsplan .....	20
7.1	Vibrationstest.....	20
7.2	Trycktest.....	20
7.2.1	Tryckfall.....	21
7.3	Salttest.....	21
7.4	Montering.....	21
7.5	Värme cykeltest.....	22
7.6	Simulering.....	22
8	Vidareutveckling.....	23
8.1	Rekommenderade nästa steg.....	23
8.1.1	FMEA .....	24

8.2 Hållbarhetsanalys.....	24
8.3 Tillverkning och leverantör .....	24
8.4 Monteringslogistik.....	25
8.5 Service och underhåll .....	25
9 Referenser.....	26
Referenslista 1: Använda standarder för Design, CAD och ritning.....	26
10 Bilagor.....	28

# 1 Inledning

Detta kapitel introducerar projektets bakgrund, syfte, avgränsningar samt precisera frågeställningen som undersökningen skall besvara. Syftet är att etablera en tydlig kontext för arbetet och ge läsaren en översikt över projektets omfattning och riktning.

## 1.1 Bakgrund

Volvo GTT är en global aktör inom utveckling av förbränningsmotorer där det bedrivs kontinuerligt arbete med att förbättra prestanda, hållbarhet och effektivitet i företagets produkter. I takt med ökade krav på miljöprestanda och kostnadseffektivitet uppstår ett behov av att utveckla komponenter som kombinerar hög funktionalitet med lägre tillverkningskostnad, minskad materialåtgång och förbättrad monterbarhet.

Ett aktuellt utvecklingsområde är oljekopplingen till turboaggregatets lagerhus. Denna koppling spelar en avgörande roll för smörjning och kylning. Dagens lösning är funktionell med kännetecknas av hög komplexitet, stor komponent och lång ledtid vid montering. Därmed föreligger ett tydligt förbättringsutrymme i form av en mer optimerad lättmonterad koppling.

## 1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att utveckla ett alternativt designförslag till den befintliga oljekopplingen med fokus på att reducera ledtid och materialanvändning. Arbetet omfattar även framtagandet av en övergripande valideringsplan, som skall utgå från Volvos existerande valideringsstrategier och testutrustning.

## 1.3 Avgränsningar

Arbetet avgränsas till att enbart omfatta framtagning av ett alternativt designförslag för oljekopplingen. Detta innefattar kravanalys, genomgång av designprocessen, framtagning av en konceptuell lösning samt upprättande av en övergripande valideringsplan. Projektet omfattar inte praktiska tester eller insamling av mätdata, utan syftar till att utgöra ett underlag för vidareutveckling. Känsliga värden för GTT markeras med "X" i bilagor.

## 1.4 Precisering av frågeställning

För att konkretisera projektets mål och ramar formuleras följande beskrivning av examensarbetets syfte och genomförande:

Examensarbetet syftar till att utveckla en förbättrad design för en oljekoppling som förenklar monteringsarbetet och minskar materialåtgången. Arbetet genomförs under våren 2025 (veckor 1–22) av Lukas Forsberg och Jacob Gustafsson i samarbete med Volvo GTT.

Projektet följer en strukturerad utvecklingsprocess som inleds med informationsinsamling och marknadsanalys för att skapa förståelse för befintliga lösningar och tekniska begränsningar. Därefter genomförs idé- och konceptgenerering med hjälp av brainstorming och beslutsmatriser. Det valda konceptet vidareutvecklas med CAD-modeller och tekniska ritningar enligt gällande ISO- och Volvostandarder. En övergripande valideringsplan utformas, baserad på Volvos befintliga testutrustning och valideringsmetoder. Arbetet sker i nära samverkan med Volvo GTT avdelningar för produktutveckling och validering.

Projektet anses vara avslutat när en komplett CAD-modell med tillhörande tekniska ritningar har färdigställts, en övergripande valideringsplan har fastställts och överlämnats till GTT, samt en prognos för vidareutveckling har redovisats.

## 2 Teori

I detta kapitel läggs en teoretisk bedd för vad som kommer diskuteras och påverka design- och materialval. Projektet innefattar inte fördjupade beräkningar utan mer jämförelser av

materialegenskaper utifrån GTT's materialalternativ. Därför är det viktigt att ha en grundläggande förståelse för vilka egenskaper och värden som bör beaktas i utvärderingen. De huvudsakliga designproblemen i detta fall är påverkan av hög temperatur och hårdheten hos material och beskrivs i kapitlet nedan.

## 2.1 Krypning, Material i hög temperatur

Krypning sker när ett material påverkas av långvariga belastningar som får materialet att deformera, särskild under högre temperaturer. Det finns två olika anledningar till krypning beroende av hög temperatur, diffusions- och power-law krypning. Dessa sker vid olika temperaturer och belastning. Eftersom komponenten kommer utsättas för temperaturer över 200°C är det relevant att förstå materialets krypbeteende.

### 2.1.1 Diffusionskrypning

Diffusionskrypning innebär att atomer diffunderar (vandrar) genom ett material under belastning. När atomerna rör sig i strukturen kommer hela strukturen att ändra form som svar, dvs långsam plastisk deformation. Atomerna rör sig eftersom det uppstår vakansplatser (fria utrymmen i kristallgittret). Högre temperatur ökar antalet vakanser vilket gör att atomer lättare kan diffundera och därav kryper materialet mer.

(Baserat på Ashby, Shercliff & Cebon, 2013)

### 2.1.2 Power-law krypning

Power-law krypning uppstår när ett material utsätts för högre spänningar än vid diffusionskrypning. Den drivs främst av dislokationsrörelse, särskilt genom dislokationsklättring. En dislokation är en defekt i ett kristallint material där atomplanen är förskjutna. Denna möjliggör till plastisk deformation genom att dislokationen kan förflytta sig genom kristallen. Dislokationer kan hindras av partiklar eller andra defekter i materialet men vid förhöjd temperatur ökar antalet vakanser, vilket blir en väg för dislokationen att "klättra" förbi hindret. Denna klättring gör att dislokationen fortsätter röra sig som innebär att deformationen fortsätter över tid och det är detta som utgör power-law krypning.

(Baserat på Ashby, Shercliff & Cebon, 2013)

## 2.2 Ytårdhet, Brinell

Hårdheten hos ett material är en avgörande egenskap i detta arbete, eftersom tätningen bygger på att en kontrollerad plastisk deformation sker på en liten yta mellan två metallytor. För att säkerställa att deformationen sker i rätt komponent, alltså sätet i turbohuset, används Brinellhårdhet som jämförelseparameter. Målet är att det valda materialet för endformen ska vara hårdare än sätet, vilket leder till att det är sätet som deformeras vid åtdragning.

(Baserat på Ashby, Shercliff & Cebon, 2013)

## 2.3 Termisk utvidgning

En ytterligare effekt av temperaturen är termisk utvidgning. Termisk utvidgning är materialets expansion på grund av vibrerande atomer. Resultatet av det blir att materialets kristallstruktur expanderar som leder till att hela komponenten ökar i volym. Det är viktigt att ta hänsyn till detta för att undvika uppbyggnad av interna spänningar i komponenter som sitter dikt an mot varandra, särskilt om de har olika termiska utvidgningskoefficienter. Sådana spänningar kan leda till sprickbildning eller deformation. För att förhindra detta är det fördelaktigt att välja material med liknande utvidgningskoefficient.

(Baserat på Ashby, Shercliff & Cebon, 2013)

## 2.4 Rostfritt stål

Rostfritt stål är ett kolstål med en legering på minst 11% Krom, (Cr), som ger en ökad korrosionsbeständighet genom att bilda ett skyddande oxidskikt. Stålet kan även innefatta fler legeringar såsom Nickel (Ni) och Molybden (Mo) för att utöka korrosionsbeständigheten men ger också materialet förbättrad värmebeständighet jämfört med konventionella kolstål (Livalco, n.d.). Kolstålet kan ha olika typer av faser beroende på värmebehandling och kylning av stålet. Faserna är bland annat Ferrit, Austenit och Martensit som bidrar med olika materiella egenskaper.

## 2.4 Beskrivning av befintlig produkt

Idag finns det en blockkoppling där röret är fast via lödning från sidan och sedan fäster man blocket in i turbohuset med två skruvar. För att hålla kopplingen tät så används en metallpackning mellan blocket och turbohuset som deformeras vid montering. Dagens lösning fungerar men är stor, otymplig och har en överkomplicerad montering. Detta är för att skruvarna måste dras i en viss ordning för att metallpackningen inte ska böja på sig. Designändringen görs inte för förbättrad oljetillförande funktion utan enbart som ett designförslag för att förbättra monteringsstiden genom att man antingen minskar antal delsteg för montering eller förenklar stegen. Detta mäts i tid från initierad montering till den är ditsatt då syfte är om att förbättra ledtid. Minimeringen av materialet mäts i vikt.

## 3 Metod

Detta kapitel går igenom vilka metoder som har användas för att genomföra exjobbet på ett metodiskt sätt och för att säkerställa att den bästa lösningen hittas.

### 3.1 Arbetets kronologi

Arbetet börjar med en informationssöknings period för att grunda en informationsbedd kring vilka lösningar som existerar, lösningar i andra men liknande applikationer och faktorer som kan komma att påverka designen.

### 3.2 Marknadsanalys

En marknadsanalys görs genom att kolla på dagens lösning samt konkurrenternas lösning på problemet. Detta ger en djupare förståelse och kan ge inspiration till nya koncept.

### 3.3 Boundary- och parameterdiagram

Ett boundary diagram är ett visuellt verktyg som används för att tydligt definiera ett systems gränser, inklusive dess funktionella avgränsningar och hur det interagerar med andra komponenter. Det hjälper till att klargöra vilka komponenter och funktioner som ingår i ett system och vilka som ligger utanför dess gränser. Detta är särskilt användbart tidigt i system- och komponentutveckling, där det är viktigt att fastställa projektets gränser för att förhindra "scope creep".

Parameterdiagram används för att visualisera och analysera relationer mellan olika parametrar inom ett system. Det hjälper till att identifiera hur förändringar i en parameter kan påverka andra parametrar och systemets övergripande funktion. Genom att kartlägga dessa relationer är det lättare att förstå komplexa system och fatta informerade beslut om designändringar och förbättringar.

### 3.4 Kravspecifikation

Kravspecifikationen görs för att skapa en grund av vad den nya produkten ska ha för krav samt önskemål på sig. Detta visar tydligt vad som måste tas i åtanke vid produktutvecklingen. Den görs genom att dela in kriterier i olika sektioner som funktioner, prestanda och miljö och hållbarhet, på dessa sättas det in relevanta kriterier och vilket målvärde man har satt. Det bestäms sedan om dessa kriterier är krav eller önskemål om det är ett krav så måste produkten uppfylla detta om det är ett önskemål så läggs det också en vikt på hur viktigt det är att önskemålet uppfylls. Man beskriver också väldigt översiktligt hur detta skall verifieras och vem det är som ställer kraven.

(Bourenius & Lindstedt, 2003)

### 3.5 Brainstorming

Brainstorming görs genom att gruppen försöker komma på så många lösningar som möjligt. Detta gör det lättare att komma igång med konceptgenerering då man får många koncept att utgå ifrån men i detta stadiet behöver koncepten inte vara bra eller ens möjliga. Genom att

komma på koncept utan att ta hänsyn till begränsningarna blir det lättare att tänka utanför boxen.

### 3.6 Elimineringmatris

Elimineringmatrisen görs för att sälla bort dem koncept från brainstormingen som inte når upp till kraven som satts i kravspecifikationen. Matrisen görs genom att du ställer alla koncept mot alla krav från kravspecifikationen (inte önskemålen) om konceptet klarar ett krav sätts ett “+” om inte sätts ett “-”, om det är svårt att ta detta beslut kan man sätta ett “?” som betyder att man behöver mer information. En lösning går inte vidare i processen om den har ett eller fler minustecken men kan gå vidare om den har ett frågetecken.

(Bourenius & Lindstedt, 2003)

### 3.7 Pugh-matris

I en Pugh-matris jämför man dem koncept som klarade elimineringmatris med varandra. Matrisen görs genom att du väljer ett av koncepten som referens, man gör sedan en lista med krav och önskemål från kravspecifikationen så jämför man de andra koncepten till referensen och sätter ett “+” om man tror att konceptet uppfyller kravet bättre än referensen, ett “0” om konceptet är likvärdigt referensen och ett “-” om den uppfyller kravet sämre. Man byter sedan referens till ett annat koncept och upprepar processen. Detta gör ofta att ett eller flera koncept är bättre än andra vilket skapar en rangordning på hur bra koncepten uppfyller uppgiften.

(Bourenius & Lindstedt, 2003)

### 3.8 Kesselringmatris

En kesselringmatris görs genom att man jämför koncepten som är kvar med ett ideal som uppfyller alla krav och önskemål perfekt. Alla krav viktas också efter deras betydelse, detta görs genom att man jämför dem med varandra där varje krav är referens en gång. Om ett krav är viktigare än referensen så får den 1, 0.5 om den värderas likvärdigt och 0 om referensen är viktigare. Varje koncept bedöms sedan efter hur bra dem uppnår dessa krav genom ett siffervärde 1-5 där 5 är att konceptet klarar kravet så bra det går. Bedömningarna görs

tillsammans med projektgruppen samt produktansvariga ingenjörer på GTT. Denna siffra går sedan med värderingen på kravet för att få ett nytt värde som gör det lätt att se vilket koncept som uppfyller det viktigaste bäst.

(Bourenius & Lindstedt, 2003)

### 3.9 FMEA

FMEA står för *Failure Mode and Effects Analysis* och är en analytisk metodik som försäkrar att potentiella problem har tänkts igenom samt hur dessa ska motverkas. Detta gör att man kan få en tydlig bild av risker som kommer att finnas hos den nya produkten. FMEA är ett kontinuerligt arbete som kommer att kompletteras under arbetets gång. I *Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Reference Manual* (Chrysler LLC, Ford Motor Company, & General Motors Corporation, 2008) beskrivs FMEA som en strukturerad metod för att identifiera och förebygga potentiella fel i produkt- och processutveckling. Ingen tidigare FMEA finns på dagens lösning därmed ingen historisk data på fel typer som kan uppstå.

Det går att utforma FMEA på olika sätt, men det finns vissa punkter som den behöver täcka:

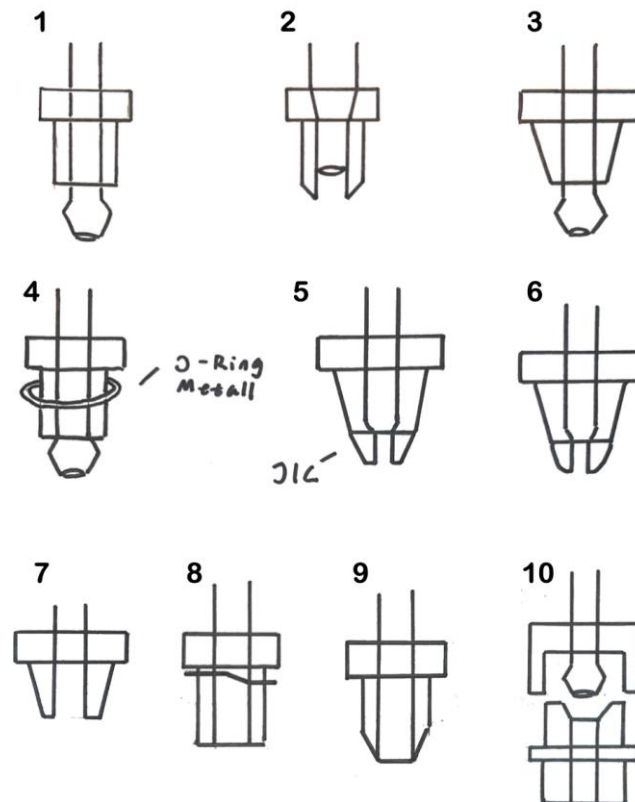
- Funktioner, krav och leveranser för produkten eller processen som analyseras.
- Feltyper när funktionskrav inte uppfylls.
- Effekter och konsekvenser av feltyper.
- Potentiella orsaker till feltyper.
- Åtgärder och kontroller för att hantera orsakerna till feltyperna.
- Åtgärder för att förhindra att feltyper upprepas

## 4 Konceptgenerering av oljekoppling

Detta kapitel visar resultaten från design- och utvecklingsprocessen från brainstorming, marknadsundersökning och ett antal olika matriser, som bland annat historisk erfarenhet.

## 4.1 Brainstorming och marknadsundersökning

Marknadsundersökningen gjordes genom att gå igenom dagens lösning från GTT samt konkurrenternas lösningar, vilket gjorde det lättare att skapa en bild av hur olika lösningar kan se ut. Med hjälp av detta gjordes ett brainstormingspass vilket genererade 10 stycken olika koncept.

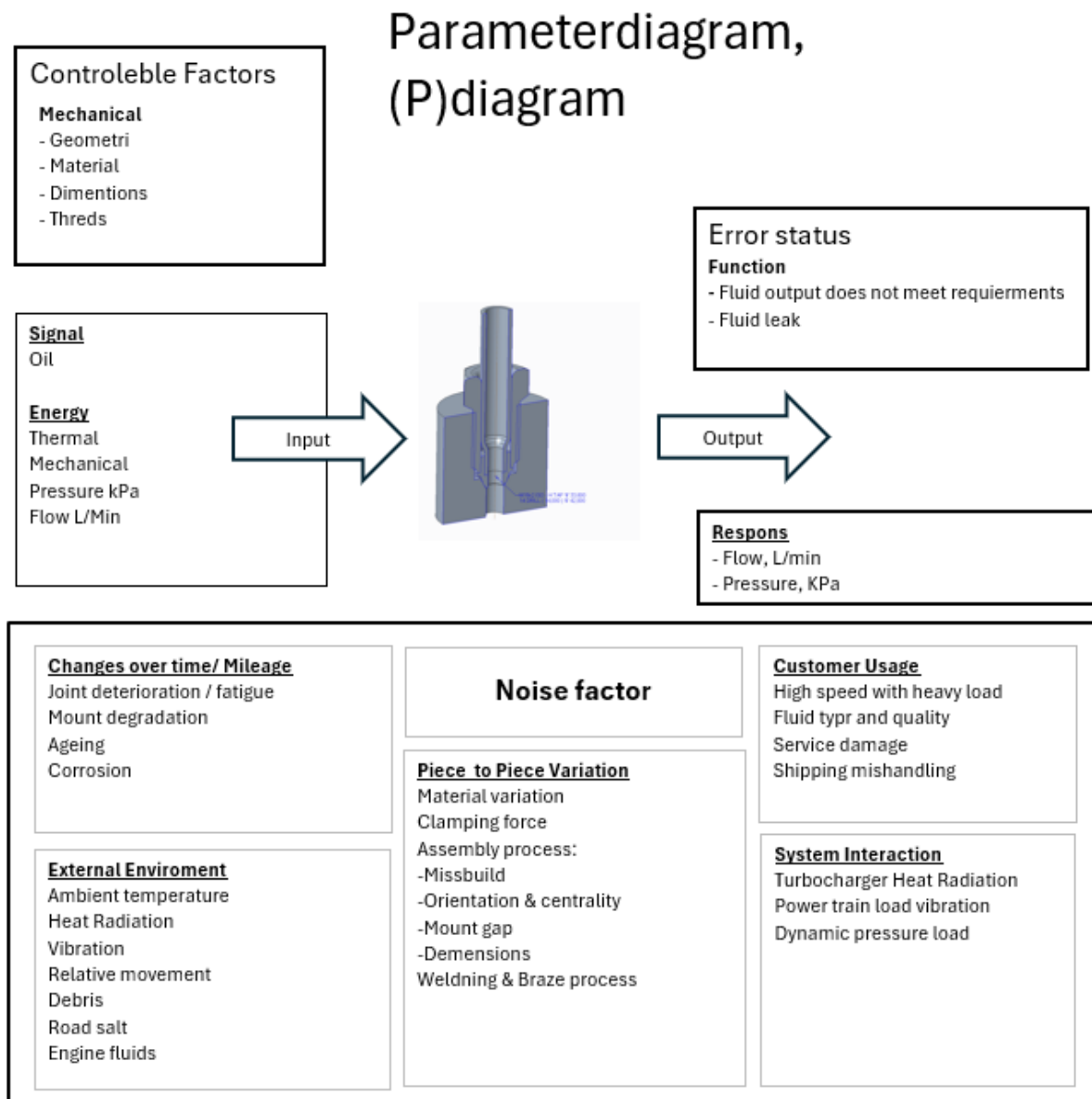


Figur 1: Genererade koncept

Dessa koncept hölls ganska enkla med fokus på ändformning, gängtyp och olika versioner av tätningsringar.

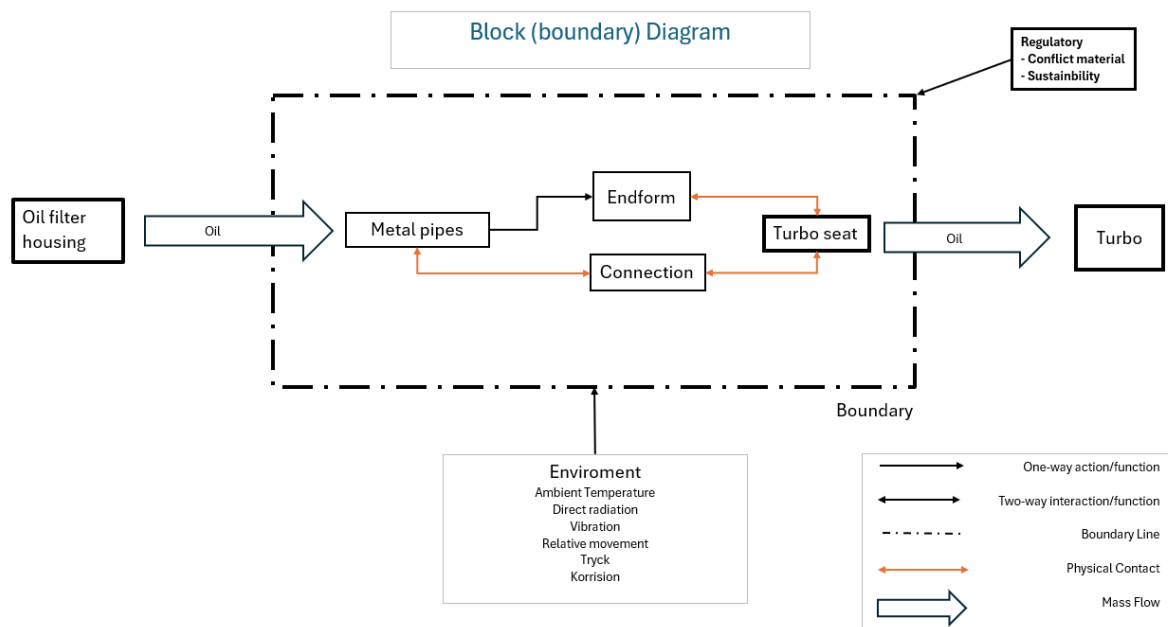
## 4.2 Boundary- och parameterdiagram

Genom att använda boundary- och parameterdiagrammen kunde det tydligt definieras begränsningar som gäller för komponenten, detta gjorde att risken för missförstånd och scope creep minimeras samt att designbeslut kan baseras på en tydlig analys av komponentens gränser och parametrar.



<p><b><u>Changes over time/ Mileage</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Joint deterioration / fatigue</li> <li>Mount degradation</li> <li>Ageing</li> <li>Corrosion</li> </ul>	<p><b>Noise factor</b></p>	<p><b><u>Customer Usage</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>High speed with heavy load</li> <li>Fluid typr and quality</li> <li>Service damage</li> <li>Shipping mishandling</li> </ul>
<p><b><u>External Enviroment</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ambient temperature</li> <li>Heat Radiation</li> <li>Vibration</li> <li>Relative movement</li> <li>Debris</li> <li>Road salt</li> <li>Engine fluids</li> </ul>	<p><b><u>Piece to Piece Variation</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Material variation</li> <li>Clamping force</li> <li>Assembly process:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>-Missbuild</li> <li>-Orientation &amp; centrality</li> <li>-Mount gap</li> <li>-Demensions</li> </ul> </li> <li>Weldning &amp; Braze process</li> </ul>	<p><b><u>System Interaction</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Turbocharger Heat Radiation</li> <li>Power train load vibration</li> <li>Dynamic pressure load</li> </ul>

Figur 2: Parameterdiagram



Figur 3: Boundary diagram

### 4.3 Kravspecifikation

För att göra kravspecifikationen klargjordes vilka kriterier som skall användas, dessa kan delas in i sju olika typer med mer specifika underkriterier. Se bilaga 1. Det gick utifrån detta att klargöra vad som ska vara krav eller önskemål för produkten. Kraven utgår från vad koncepten måste uppfylla utifrån förundersökning av dagens koppling och GTT's egna standarder.

### 4.4 Elimineringssmatris

Med hjälp av elimineringsmatris sållades fyra koncept bort då de inte uppfyller alla krav, dessa var koncept 3, 5, 6 och 7. Se bilaga 2. Dessa togs bort då dem inte uppfyller krav 1.5 vilket var att kopplingen ska kunnas avmonteras och bytas utan att något annat ska behövas bytas förutom möjligtvis röret men på grund av att dessa lösningar deformerar gängorna i turbon så kommer man behöva byta ut turbon eller gänga om turbon vilket inte är ett alternativ.

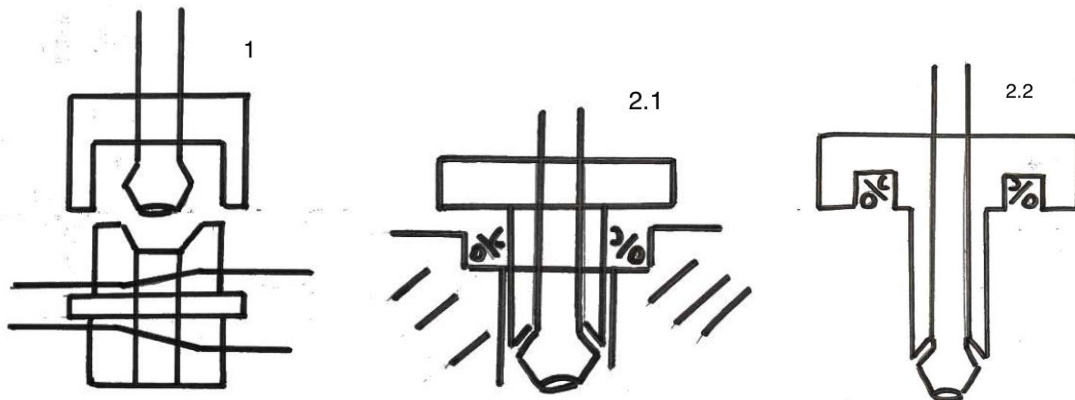
## 4.5 Pugh-matris

Det gjordes tre stycken pugh-matriser där koncept 1 var referens först vilket gav resultatet att koncept 10 var bäst vilket gjorde att koncept 10 blev referens nästa matris, i denna matris blev koncept 8 bäst vilket gjorde att den blev referens i den sista matrisen. Se Bilaga 3.

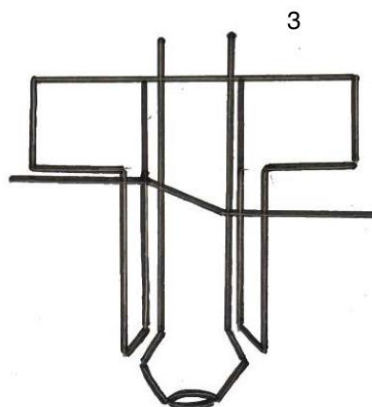
Koncepten som presterades sämst var koncept 2 och 9 och kommer inte att gå vidare i utvecklingsprocessen.

### 4.5.1 Vidareutveckling av koncept

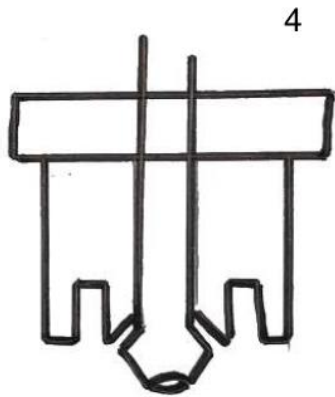
Koncepten som gick vidare från pugh-matriserna vidareutvecklas för att förtydliga design och tankegång så ett välgrundat beslut kan tas. Under denna tid var det en öppen dialog med många designingenjörer på GTT för att få djupare förståelse över hur man ska tänka samt saker som gruppen kan ha missat.



Figur 4: Vidareutvecklade koncept 1, 2.1, 2.2



Figur 5: Vidareutvecklade koncept 3, Gasket



*Figur 6: Vidareutvecklade koncept 4, Förlängd elastisk väg*

## 4.6 Kesselringmatris

De kriterier som gruppen valde att jämföra mot varandra var läckageområden, antal monteringssteg, tryckfall, livslängd, underhållsbehov, miljö och hållbarhet. Se bilaga 4. Utifrån dessa kriterier kunde två matriser konstrueras. De koncept som vidareutvecklades avvek betydligt från de koncept som valdes ut genom Pugh-matrisen, vilket ledde till att gruppen även beslutade att inkludera de två bästa koncepten från Pugh-matriserna utan förändring

## 5 Konceptval

Detta kapitel redovisar tankegångar och resonemang för det slutgiltiga valet av koncept som kommer att utvecklas vidare. Efter möten med ett flertal ingenjörer på GTT kom gruppen fram till beslutet att koncept 1 från pugh-matrisen var den bästa lösningen.



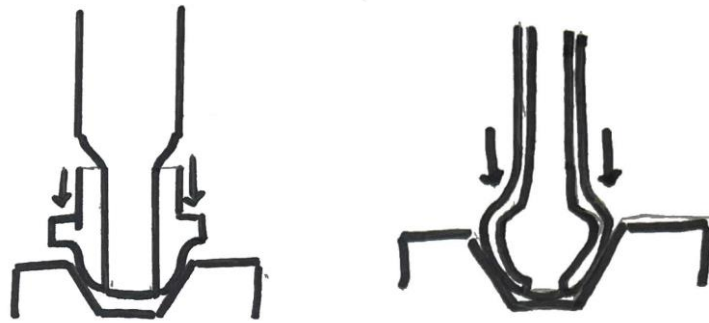
Figur 7: Koncept 1 från Pugh-matris

Denna lösning valdes för dess överlägsna enkla design, genom att ha så lite komplexitet i designen gör det lättare att designa och tillverka då det inte finns så mycket att förhålla sig till. Toleranser behöver inte vara lika små då det inte är flera olika delar som läggs på varandra. En av anledningarna att dem vidareutvecklade koncepten inte valdes var för antalet komponenter samt att dem hade två stycken tätningar i samma riktning, detta funkar endast om alla delar tillverkas med extrem noggrannhet men i praktiken är detta svårt och hade lett till att bara en tätning tätar och den andra blir överflödigt.

Detta koncept tätar genom att man skruvar ner skruven och trycker den rundade endformen mot en konad yta i botten av skruvhålet. Endformen kommer då att deformeras och en metallmetall tätning kommer att skapas vilket är fördelaktigt i en sån varm miljö där gummi och andra liknande material inte hade klarat sig.

## 5.1 Ändform ändring

Efter ett möte med en ingenjör på GTT kom det fram till att det kan bli för dyrt att beställa ett nytt verktyg som bockar till röret till den önskade formen. Därmed började det kollas på om hur man kan få samma prestanda och funktion men undvika att beställa ett helt nytt verktyg. En svarvad detalj är betydligt mycket billigare då inget nytt verktyg behövs. Att svarvar ändformen och sedan löda på den skulle ge samma funktion samt prestanda utan ett nytt verktyg och det beslutades då att en svarvad detalj är det som kommer att utvecklas.



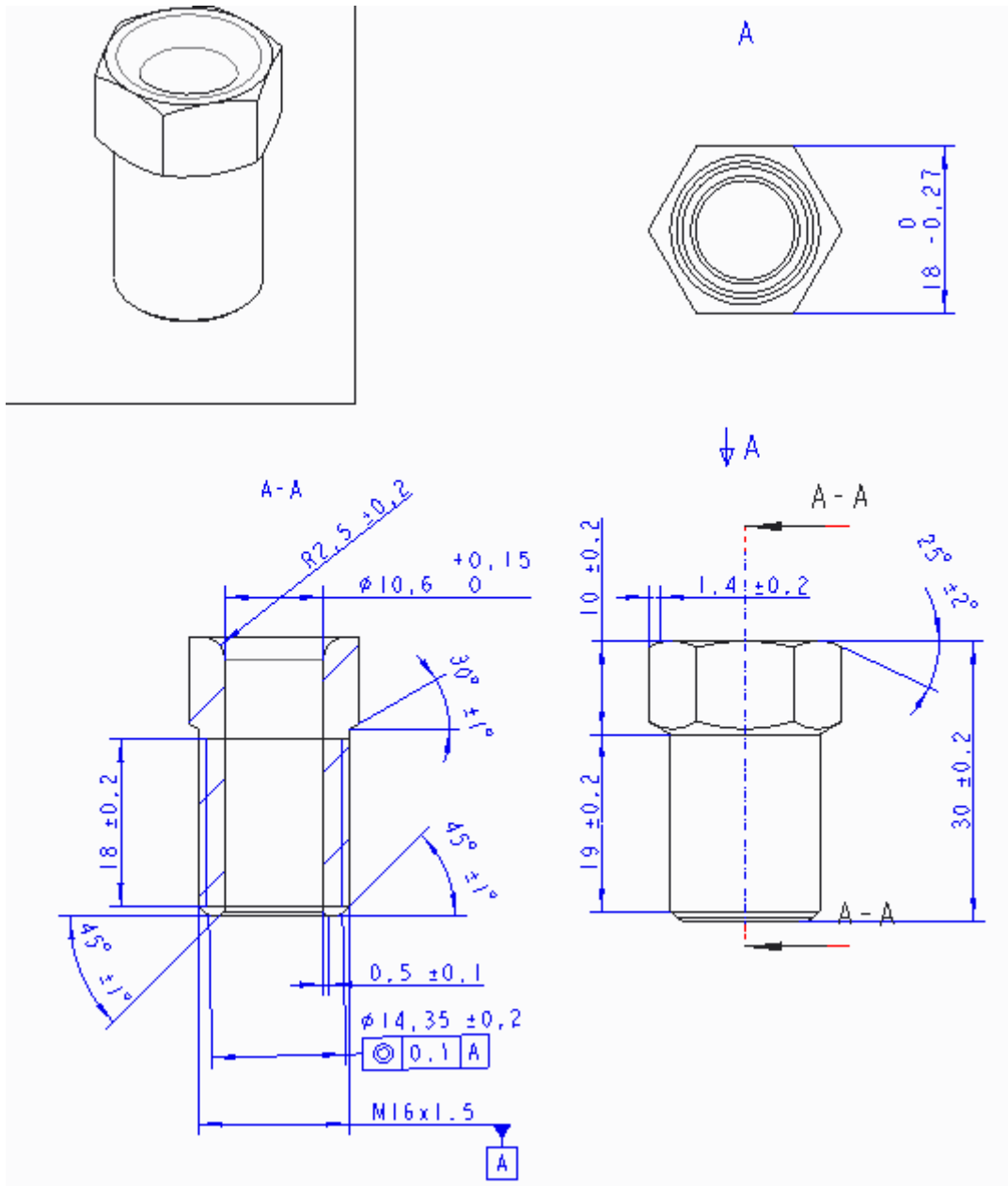
Figur 8: Svarvad ändform (vänster), Buklad ändform (höger)

## 6 Utveckling av oljekoppling

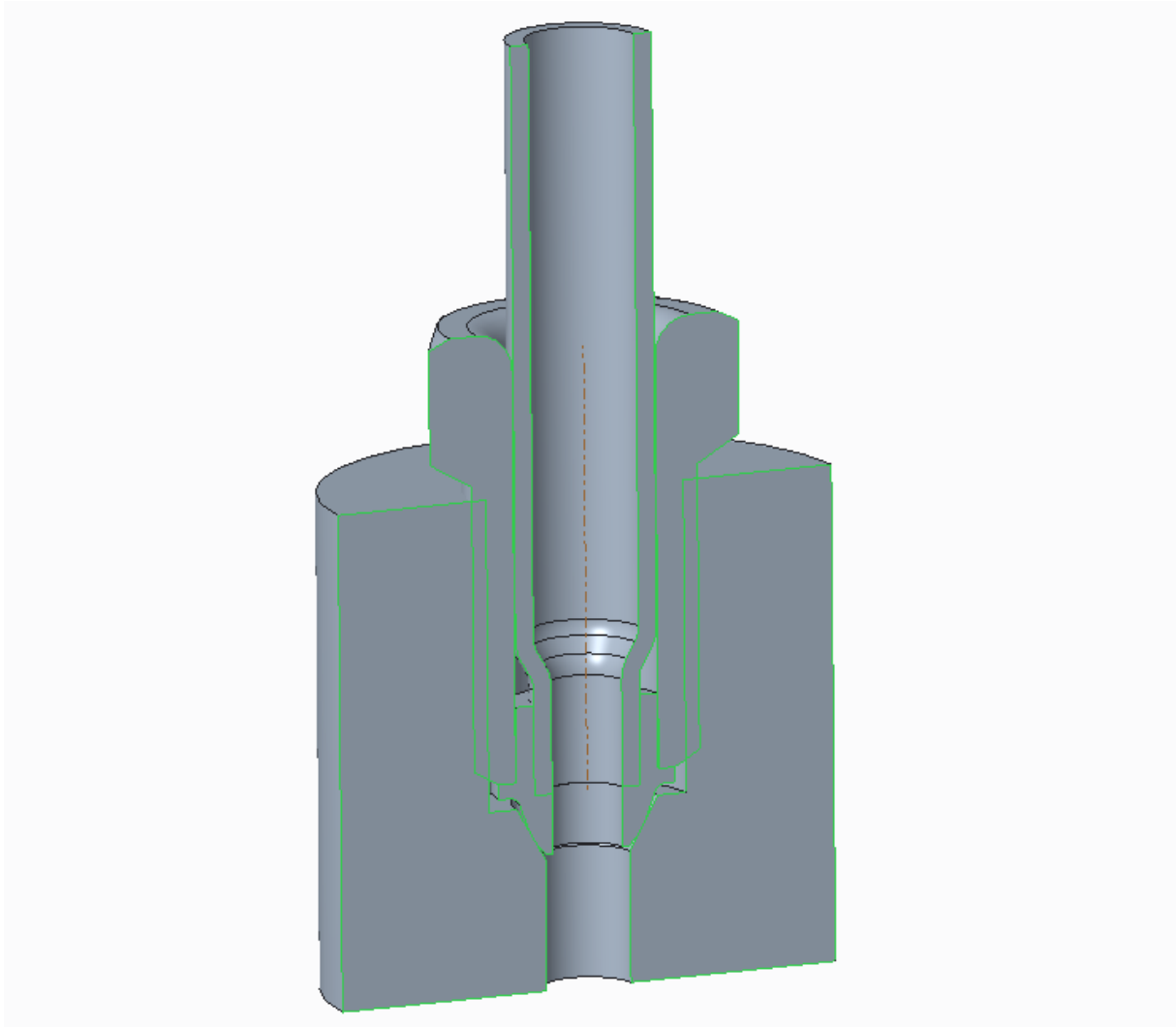
### 6.1 CAD och ritning

Både CAD och ritning har gjorts i Creo Parametric. Designen är baserad på främst två ISO-standarder, där ändformen utgår från ISO 13296:2016 och sätet är dimensionerat enligt ISO 2974:2013 (International Organization for Standardization, 2013; 2016). CAD och ritning har också gjorts enligt GTT's interna standarder. Se Referenslista 1: Använda standarder för Design, CAD och ritning. Genom att följa internationella väletablerade standarder säkerställs att konstruktionen uppfyller branschpraxis för kvalitet, funktion och tillverkningsbarhet. Dessa standarder har utvecklats under lång tid och är brett accepterade inom industrin, vilket gör dem till en pålitlig grund för en kvalitativ och standardiserad utveckling.





Figur 11: Skruv



Figur 12: Hela kopplingen i säte

## 6.2 Alternativa material

De materiella utmaningarna för denna applikation är främst relaterade till hur materialet påverkas av temperatur. De materialkrav som har beaktats inkluderar termisk ledningsförmåga, korrosionsbeständighet, termisk utvidgning, krypning, hårdhet samt maskinbearbetbarhet. Med dessa krav och i enlighet med GTT's designriktlinjer har ett lämpligt material kunnat rekommenderas.

Målet med hårdheten hos materialet är att det ska ha en hårdare ythårdhet än turbohuset, d.v.s. ett högre Brinell(HB) värde för att säkerställa att det är sätet som ger vika för deformationstätningen.

- Austenitiskt rostfritt stål
- Ferritiskt rostfritt stål

### 6.2.1 Austenitiskt rostfritt stål

Austenitiskt rostfritt består av max 0.15% kol och minst 16% krom och en tillräcklig mängd nickel och/eller mangan för att behålla den austenitiska strukturen i alla temperaturer från lågtemperatur till smältpunkt. Fördelarna med den austenitiska strukturen är framför allt ger en god prestanda i höga temperaturer såsom krypningsmotstånd, hårdhet, svetsbarhet.

Det rekommenderade stålet, (Austenitiskt rostfritt, VSST1,4980), enligt GTT's designriktlinjer är det föreskrivna materialet en åldershärdad, järnbaserad superlegering med hög hållfasthet inom temperaturområdet  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  till  $538\text{ }^{\circ}\text{C}$ , vid långsamma temperaturförändringar och uppvisar dessutom mycket god oxidationsbeständighet. Används ofta för applikationer som förband och fjädrar. Materialet har ett hårdhetsvärde på runt 335 HB varav turbohuset ligger på 185-245 HB som påvisar att deformation sker i huset.

VSST1,4980 och andra austenitiska rostfria stål bidrar dock med en högre termisk utvidgning vilket är problematiskt då det kan leda till termiska stressgradienter. Därav kan det vara fördelaktigt att välja ett material som har mer liknande termisk utvidgning.

### 6.2.2 Ferritiskt rostfritt stål

Ferritiskt rostfritt stål är ett stål som ofta innehåller mer krom, (Cr), vanligtvis 12-18%, alltså mer än austenitiska stål, detta för att stabilisera den ferritiska fasen. Det ger den även väldigt korrosionsbeständig. Stålet innehåller mindre än 0,10% kol vilket är låg och kan därför inte hårdas mer än att kallbearbetas. Med tillsats som titan/eller niob blir den svetsbar.

VSST1,4003 är ett ferritiskt rostfritt stål som är ett billigare alternativ till det austenitiska rostfria stålet för att det inte innehåller nickel (Ni).

(BE Group, 2022)

Stålets nackdelar jämfört med det austenitiska rostfria stålet är att dess krypnings motstånd och hårdhet. Krypningsmotståndet är en avgörande faktor vid temperaturer över  $500^{\circ}\text{C}$  och i och med avseende på turbons temperatur i sätet på  $250^{\circ}\text{C}$  kan det fortfarande anses det som ett alternativ. Hårdheten hos materialet är 200 HB vilket ligger i spannet hos den testade hårdheten av SiMo stålet. Detta ger en viss osäkerhet om det är i sätet eller i huset där deformationen sker vilket kan behövas vidare testas och ses över om det ferritiska materialet

är ett alternativ. Varför det ferritiska rostfria stålet anses som ett alternativ utöver kostnaden är dess liknande termiska utvidgningen faktor till det generella SiMo-gjutjärnet i turbon vilket kan vara en avgörande faktor.

## 7 Valideringsplan

En valideringsplan görs för att försäkra att produkten kommer att fungera innan man går vidare med utvecklingsprocessen. Projektgruppen har gjort en grovplanering för fyra prov som skall göras samt simulering.

### 7.1 Vibrationstest

Vibrationstestet görs som ett jämförelseprov med dagens lösning. Tre versioner av projektets lösning samt dagens lösning kommer att monteras på ett testblock. Alla delar kommer ha ett rör som sticker rakt ut som är antingen kopplad till luft eller med färgad vatten. Testblocket kommer att monteras på en vibrationsrigg som kommer köra slumpmässigt vibrationstest under 48 timmar samt ett ökande sinus frekvens test under fyra timmar. Det tre olika versionerna av projektet lösning kommer främst att skilja sig i gängorna. Testet kommer att ge en djupare förståelse över om de nya lösningarna har eventuellt svaga punkter samt hur olika gängtyper står emot vibrationer.

### 7.2 Trycktest

Ett trycktest kommer att utföras på kopplingen där tryckbeständighet kommer att testas. Vätskan som kommer användas är samma olja som används under drift. Testet kommer att utföras genom att olja rinner igenom röret och kopplingen där trycket stegvis ökas, detta fortsätter tills det börja läcka eller tills något går sönder. Detta kommer att säkerställa maxtrycket som kopplingen kommer att klara av.

### 7.2.1 Tryckfall

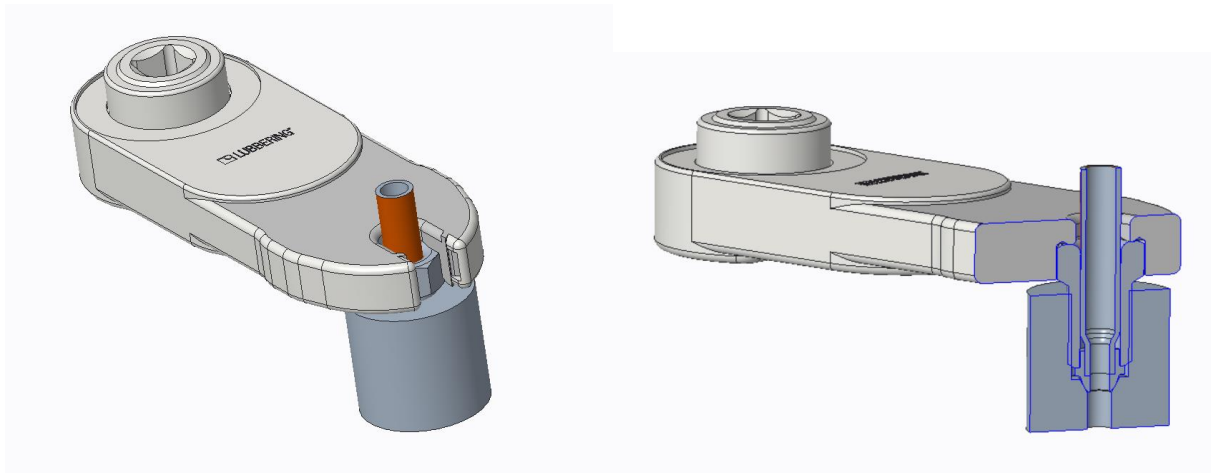
Ett tryckfallstest ska utföras för att säkerställa att tryckfallet i den nya kopplingen inte överstiger det i den tidigare kopplingen. Testet genomförs genom att kopplingen monteras i en testuppställning där ett känt och konstant flöde av olja leds genom komponenten. Trycket mäts både före och efter kopplingen med hjälp av detta får man en tryckskillnad och jämför det med motsvarande från den gamla kopplingen.

### 7.3 Salttest

Pågrund av den utsatta miljön där kopplingen är placerad, med stora temperaturskillnader samt exponering för salt och fukt finns det en hög sannolikhet för korrosion att uppstå. Därmed ska ett test utföras för att efterlikna denna korrosiva miljö där det börjar med att rörendrarna täpps igen och komponenterna placeras i saltspraykammare. I denna kammare exponeras den för en saltlösning i form av vattenånga under en viss tid. När önskad nivå av korrosion, motsvarande verkliga förhållanden har uppnåtts tas komponenterna ut från saltspraykammaren. Efter detta ska ett trycktest och/eller vibrationstest utföras enligt tidigare beskrivna metoder. Syftet är att utvärdera och jämföra komponentens prestanda efter korrosion.

### 7.4 Montering

Monteringen är något komplicerad på grund av det begränsade området mellan de två turbohuset och att det inte går att använda mutterhylsa på grund av röret. Lösningen på det aktuella problemet är användningen av en motoriserad kråkfot. Storlekarna på befintliga kråkfötter är begränsade, vilket lett till att mutterhuvudet har anpassats efter befintlig storlek. Anpassningen har främst i syfte att bespara inköpskostnader av nya verktyg.



Figur 13: Kråkfot test passning

## 7.5 Värme cykeltest

Detta testet görs för att undersöka potentiell lossning av skruvförbandet efter upprepade termiska cyklar. Testet utförs genom att montera skruvförbandet i en gjutjärns komponent, med identiska egenskaper som turbon. Efter montering dras skruven med ett specificerat moment. Därefter placeras komponenten i en värmekammare där temperaturen cyklas från -40 till 250°C. Efter genomförandet av cyklarna tas komponenten ut från kammaren för att utvärdera om skruvförbandet har lossat.

## 7.6 Simulering

En initial finita element-analys (FEM) har genomförts för att undersöka deformationen i den 60-gradiga konan vid montering. Se bilaga 5. I analysen har en axiell kraft applicerats på endformens fläns för att efterlikna den kraft som uppstår från skruven mot endformen vid åtdragning. Resultaten visar att de högsta spänningarna uppstår i de förväntade kontaktzonerna, vilket bekräftar att belastnings upptagningen sker i rätt plats. Spänningarna jämförs med sträckgränsen för det använda SiMo-gjutjärnet och analysen visar vid vilken nivå materialets plastiska gräns överskrids.

För att noggrannare utvärdera den faktiska påverkar komponenterna krävs dock en mer avancerad simulering, där skruvens roterar i själva gängen. Detta skulle möjliggöra en mer realistisk representation av hur kraften faktiskt förmedlas från skruven till ändformens fläns.

En sådan simulering skulle också bättre beskriva hur friktionskrafter kan påverka deformationen och monteringsmoment.

Eftersom analysen görs för att bedöma både plastisk deformation och ythårdhet är det av särskild vikt att simuleringen kan identifiera de zoner där höga kontakttryck och lokal plastisk påverkan uppstår. Den genomförda analysen ger en god indikation, men för finare validering av monteringsförloppet och kontaktbeteendet krävs en mer komplett modell som inkluderar skruvrotation.

## 8 Vidareutveckling

### 8.1 Rekommenderade nästa steg

Efter avslutat examensarbete bör valideringsplanen initieras, med det första steget att genomföra avancerade simuleringar för att stärka tilliten till kopplingen. Dessa simuleringar möjliggör nödvändiga design- och materialändringar. Användningen av simuleringar är fördelaktig ur både ekonomiska och miljömässiga perspektiv, eftersom trial and error-processen utförs digitalt snarare än med fysiska prototyper. Därefter bör den återstående delen av valideringsplanen genomföras med hjälp av fysiska tester för att säkerställa att kopplingen fungerar i praktiken. Detta steg är avgörande för att inleda arbetet med att anpassa övriga komponenter.

Om kopplingen fortsätter i utvecklingsprocessen kommer turbon att modifieras för att anpassas till den nya kopplingen. Detta kommer att ske genom att det nuvarande sätet ersätts med det tidigare nämnda 60-gradersätet. Det är nödvändigt att säkerställa att turbons prestanda inte påverkas negativt av denna designändring, samt att självsvängningsfrekvenserna inte förändras på ett problematiskt sätt. Turbon medför ytterligare utmaningar, såsom materialets porositet på grund av dess tillverkning i gjutjärn, och hur en tillräckligt fin anliggningsyta för kopplingen ska tillverkas.

### 8.1.1 FMEA

FMEA har inletts (se bilaga 6), men det är avgörande att denna analys fortsätter att uppdateras och fyllas i under hela utvecklingsprocessen. Genom att kontinuerligt genomföra FMEA kan vi identifiera och bedöma potentiella fel och deras konsekvenser, vilket är nödvändigt för att säkerställa att komponenten uppfyller säkerhetskraven. Denna proaktiva strategi gör det möjligt att vidta åtgärder för att minimera risker och förbättra designen, vilket i sin tur bidrar till en mer pålitlig och säker produkt.

## 8.2 Hållbarhetsanalys

För att säkerställa att GTT fattar informerade beslut angående investeringar i den nya kopplingen är det nödvändigt att genomföra en omfattande hållbarhetsanalys som innefattar de ekonomiska, ekologiska och de sociala aspekterna. Denna analys kommer att ge insikter i hur kopplingen kan resultera i kostnadsbesparingar samt hur dessa förändringar påverkar miljön. Det är även viktigt att beakta de sociala aspekterna, såsom var metallen utvinns och under vilka arbetsförhållanden detta sker. Detta är avgörande för att Volvo ska kunna uppnå sina mål för både ekonomisk lönsamhet, socialt- och miljömässigt ansvarstagande.

## 8.3 Tillverkning och leverantör

Tillverkningsprocesser och val av leverantörer är avgörande för produktionen av komponenter. En viktig faktor att beakta är hur tillverkningen kan genomföras utan att skapa spår där olja kan tränga sig igenom. För att uppnå detta är det nödvändigt att undersöka bearbetningsmetoderna. Det finns en rad olika mönster, se STD 120-0004. Genom att välja rätt mönster kan man minimera risken för att oljan söker sig genom oönskade kanaler i delarna. Vidare är det nödvändigt att genomföra en leverantörundersökning för att fastställa vem som ska ansvara för tillverkningen av delarna.

## 8.4 Monteringslogistik

Monteringslogistik spelar en central roll i att säkerställa en smidig och kostnadseffektiv produktionsprocess. En viktig del av denna logistik är att etablera en dialog med Volvo GTO i Skövde för att klargöra vart, när och hur monteringen ska genomföras. Genom att definiera dessa aspekter kan resursanvändningen optimeras och eventuella störningar i produktionsflödet minimeras. Det är också nödvändigt att föra diskussioner med turbotillverkarna för att fastställa när kopplingen ska monteras på turbon. Detta kan ske antingen innan turbon anländer till Skövde eller direkt på monteringsbandet. Att klargöra dessa tidsramar och processer är avgörande för att säkerställa en effektiv monteringsprocess.

## 8.5 Service och underhåll

Genom att undersöka hur designen av komponenterna påverkar service och underhåll kan både tid och kostnader effektivt minskas. Eftersom tätningen i turbon fungerar genom deformation är det nödvändigt att analysera hur tätningen presterar vid byte av kopplingen mot en ny. Det är viktigt att säkerställa att turbohuset kan deformeras på nytt så att den nya kopplingen fungerar på samma sätt som den gamla. Teoretiskt bör detta inte utgöra några problem då sträckgränsen för endformen är högre än brottgränsen för sätet, detta gör att deformationshärdeningen som kommer ske i sätet inte spelar någon roll men för att bekräfta detta krävs undersökningar med fysiska tester.

## 9 Referenser

*Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Reference Manual* (Chrysler LLC, Ford Motor Company, & General Motors Corporation, 2008)

International Organization for Standardization. (2016). *ISO 13296:2016: Diesel engines - High pressure fuel injection pipe assemblies - General requirements and dimensions*. ISO.

International Organization for Standardization. (2013). *ISO 2974:2013: Diesel engines - 60 degree female cones for high - pressure fuel injection components*. ISO.

Ashby, M. F., Shercliff, H., & Cebon, D. (2013). *Materials: Engineering, science, processing and design* (3rd ed.). Elsevier Science & Technology.

Bourenius, J., & Lindstedt, P. (2003). *The value model: How to master product development and create unrivalled customer value*. Nimba.

Livallco. (n.d.). *Stainless, acid & heat resistant steel*. <https://livallco.se/en/product-material/stainless-acid-heat-resistant-steel/>

BE Group. (2022). *Handbok rostfritt 2022*.

[https://www.begroup.se/storage/8FAFA4DD7BD47699869DC4446F87C6B1D121FD0DBF4A35EC317CF944D0530E85/eb03016916f1453ca51fb6a8a56843e1/pdf/media/e35aa5e1354e45adb8eadebfab585cf1/BE\\_Handbok\\_Rostfritt\\_2022\\_web.pdf](https://www.begroup.se/storage/8FAFA4DD7BD47699869DC4446F87C6B1D121FD0DBF4A35EC317CF944D0530E85/eb03016916f1453ca51fb6a8a56843e1/pdf/media/e35aa5e1354e45adb8eadebfab585cf1/BE_Handbok_Rostfritt_2022_web.pdf)

### Referenslista 1: Använda standarder för Design, CAD och ritning

Volvo Group. (2022). *STD 101-0001: Digital Shape Model basis - DSM basis* (Issue 6).

Volvo Group.

Volvo Group (2024). *STD 101-0002: Drawing and dimensioning in axonometric representation* (Issue 2). Volvo Group.

Volvo Group (2024). *Design guidelines: Drawing rules and Dimensioning*. Volvo Group.

Volvo Group (2022). *Design guidelines: Form- och lägestoleranser*. Volvo Group.

Volvo Group. (2016). *STD 101-0003: Datum targets for coordinate system (Issue 4)*. Volvo Group.

Volvo Group. (2024). *STD 101-0005: Symbols, designations and general drawing methods (Issue 20)*. Volvo Group.

Volvo Group. (2017). *STD 112-0004S: Mätprinciper för form- och lägestoleranser (Issue 3)*. Volvo Group.

Volvo Group. (2024). *STD 120-0004: Angivelse av ytstruktur i teknisk produktokumentation (Issue 3)*. Volvo Group.

Volvo Group (2021). *Design guidelines: Surface texture*. Volvo Group.

Volvo Group (2015). *Design guidelines: Surface treatment*. Volvo Group.

Volvo Group (2022). *STD 5081,15: ISO metric screw threads (Issue 7)*. Volvo Group.

Svenska institutet för standarder. (2023). *SS-EN ISO 4032:2023: Fästelement - Sexkantmuttrar (utförande 1)*. SIS.

## 10 Bilagor

Bilaga 1: Kravspecifikation.....	1
Bilaga 2: Elimineringmatris.....	1
Bilaga 3: Pugh-matriser.....	2
Pugh-matris 1.....	2
Pugh-matris 2.....	3
Pugh-matris 3.....	4
Bilaga 4: Kesselringmatris .....	4
Vägning av kriterier .....	4
Förtydning av kriterium.....	5
Kesselringmatris 1: Vidareutvecklade koncept.....	5
Kesselringmatris 2: Dem bästa koncept från Pugh-matris .....	6
Bilaga 5: FEM simulering med tryckkraft 3500 N .....	6
Spänningsbild säte.....	6
Spänningsbild Ändform.....	7
Ändform snitt.....	7
Bilaga 6: FMEA.....	8

## Bilaga 1: Kravspecifikation

Chalmers	Dokumenttyp	Kravspecifikation				
Projekt		Examensarbete				
Utfärdad av: Lukas Forsberg & Jacob Gustafsson		Skapad: 2025-03-03				
		Modifierad:				
Sektion	Kriterier	Målvärde	K/Ö	Vikt	Verifiera	Referens (kravställare)
<b>1.</b>	<b>Funktioner</b>					
1.1	Överföring av olja	Samma som dagens lösning	K	-	Motortest/Simulering	Volvo GTT
1.2	Frösegla	Inget leakage	K	-	Monteringstest	Volvo GTT
1.3	Läckageområden	Så få som möjligt	Ö	7	Designval	Projektets författare
1.4	Lätt att montera	Mindre monteringssteg	Ö	7	Monteringstest	Projektets författare
1.5	Lätt att avmontera	Inget annat ska behövas bytas för att ta av oljekopplingen	K	-	Demoteringstest	Projektets författare
1.6	Renlighet	Minimera områden där smuts kan fastna	Ö	5	Motortest/Simulering	Volvo GTT
<b>2.</b>	<b>Prestanda</b>					
2.1	Sprängtrycksäker	X Bar, SF X	K	-	Motortest/Simulering	Volvo GTT
2.2	Tryckvåg	X Bar	K	-	Motortest/Simulering	Volvo GTT
2.3	"Drift" i temperatur	Strålningsvärme, X C	K	-	Motortest/Simulering	Volvo GTT
2.4	"Drift" i temperatur	Sätetemperatur, X C	K	-	Motortest/Simulering	Volvo GTT
2.5	Vibration	Vibrationslast	K	-	Motortest/Simulering	Volvo GTT
2.6	Tryckfall	Bättre än dagens koppling	Ö	4	Beräkning	Volvo GTT
2.7	Relativ rörelse	Klara böj och vridmoment vid låg cykelrörelse	K	-	Motortest/Simulering	Volvo GTT
<b>3.</b>	<b>Livslängd</b>					
3.1	Tid innan första byte	>X år	K	-	Motortest/Simulering	Volvo GTT
3.2	Tid innan första byte	X	Ö	5	Motortest/Simulering	Volvo GTT
3.3	Komplexitet	< X komponenter	Ö	4		
<b>5.</b>	<b>Miljö och hållbarhet</b>					
5.1	Co2 fotavtryck	Bättre än dagens koppling	K	-	Livscykelanalys	Volvo GTT
5.2	Materialval	Inga kritiska eller strategiska material	K	-	Undersökning	Projektets författare
<b>6.</b>	<b>Material</b>					
6.1	Korrosionsbeständigt	Ska inte rosta sönder	K	-	Materialtest	Volvo GTT
6.2	Kostnad (materialkostnad + tillverkningskostnad)	Kosta mindre än idag	Ö	4	Tillverkningsanalys	Projektets författare
<b>7.</b>	<b>Tidsschema</b>					
7.1	Planeringstider och leveranser	Gantt-schema	K	-		Projektets författare

## Bilaga 2: Elimineringsskema

Chalmers	Elimineringsskema														
Utfärdad av: Jacob Gustafsson & Lukas Forsberg		Skapad: 2025-03-03												Modifierad:	
														+ Ja	+ Behåll lösning
														- Nej	- Eliminera lösning
														? Information saknas	? Sök (mer) information
														! Kontrollera kravspec.	! Kontrollera kravspec.
Lösning	Elimineringsskema													Kommentar	BESLUT
	1.1	1.2	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	4.1	5.1	5.2	6.1		
1	+	+	+	+	+	+	+	+	?	+	+	+	+	Deformation i enda	Koncept går vidare
2	+	+	+	+	+	+	+	+	?	+	+	+	+	Deformation i enda	Koncept går vidare
3	+	+	-	+	+	+	+	+	?	+	+	+	+	Deformation i gångor	Koncept tas inte vidare
4	+	+	+	+	+	+	+	+	?	+	+	+	+	Deformation i enda	Koncept går vidare
5	+	+	-	+	+	+	+	+	?	+	+	+	+	Deformation i gångor	Koncept tas inte vidare
6	+	+	-	+	+	+	+	+	?	+	+	+	+	Deformation i gångor	Koncept tas inte vidare
7	+	+	-	+	+	+	+	+	?	+	+	+	+	Deformation i gångor	Koncept tas inte vidare
8	+	+	+	+	+	+	+	+	?	+	+	+	+	Gasket	Koncept går vidare
9	+	+	+	+	+	+	+	+	?	+	+	+	+	JIC	Koncept går vidare
10	+	+	+	+	+	+	+	+	?	+	+	+	+	C-ring	Koncept går vidare

## Bilaga 3: Pugh-matriser

### Pugh-matris 1

Chalmers	Pughmatris: Koncept 1 som referens					
Utförd av: Lukas Forsberg & Jacob Gustafsson			Skapad: 2025-03-05			
			Modifierad:			
Kriterier	Alternativ					
	1	2	4	8	9	10
<b>Funktioner</b>	R E F E R E N S					
Försegling		-	+	+	-	+
Enkel montering		-	-	-	-	-
<b>Prestanda</b>						
Tryckbeständighet (sprängtryck, tryckvåg)		0	+	-	+	+
Temperaturbeständighet (drift i temperatur)		0	+	+	0	+
Dynamisk belastningstålighet (vibration, relativ rörelse)		-	-	0	-	0
<b>Livslängd</b>						
Underhållsbehov (komplexitet vid byte)	-	-	+	+	+	
<b>Säkerhet</b>						
Risk för oljeläckage	0	+	0	-	+	
<b>Miljö och hållbarhet</b>						
CO <sub>2</sub> -fotavtryck (material- och tillverkning)	-	-	0	+	-	
Σ+		0	4	3	3	5
Σ 0		3	0	3	1	1
Σ -		5	4	2	4	2
Nettovärde		-5	0	1	-1	3
Rangordning		5	3	2	4	1
Vidareutveckling		N	J	J	N	J
Beslut						

## Pugh-matris 2

Chalmers	Pughmatris: Koncept 10 som referens					
Utfärdad av: Lukas Forsberg & Jacob Gustafsson				Skapad: 2025-03-05		
				Modifierad:		
Kriterier	Alternativ					
	1	2	4	8	9	10
<b>Funktioner</b>						R E F E R E N S
Försegling	-	-	0	0	-	
Enkel montering	+	+	-	+	-	
<b>Prestanda</b>						
Tryckbeständighet (sprängtryck, tryckvåg)	-	-	-	-	-	
Temperaturbeständighet (drift i temperatur)	-	-	-	-	-	
Dynamisk belastningstålighet (vibration, relativ rörelse)	0	-	0	0	-	
<b>Livslängd</b>						
Underhållsbehov (komplexitet vid byte)	-	-	-	0	0	
<b>Säkerhet</b>						
Risk för oljeläckage	-	-	0	-	-	
<b>Miljö och hållbarhet</b>						
CO <sub>2</sub> -fotavtryck (material- och tillverkning)	+	0	+	+	+	
Σ+	2	1	1	2	1	
Σ 0	1	1	3	3	1	
Σ -	5	6	4	3	6	
Nettovärde	-3	-5	-3	-1	-5	
Rangordning	2	3	2	1	3	
Vidareutveckling	J	N	J	J	N	
Beslut						

## Pugh-matris 3

Chalmers		Pughmatris: Koncept 8 som referens					
Utfärdad av: Lukas Forsberg & Jacob Gustafsson				Skapad: 2025-03-05			
				Modifierad:			
Kriterier	Alternativ						
	1	2	4	8	9	10	
<b>Funktioner</b>				R E F E R E N S			
Försegling	-	-	+		0	+	
Enkel montering	+	-	-		-	0	
<b>Prestanda</b>							
Tryckbeständighet (sprängtryck, tryckvåg)	+	+	-		+	+	
Temperaturbeständighet (drift i temperatur)	-	-	+		-	+	
Dynamisk belastningstålighet (vibration, relativ rörelse)	0	0	+		-	0	
<b>Livslängd</b>							
Underhållsbehov (komplexitet vid byte)	-	-	-	0	0		
<b>Säkerhet</b>							
Risk för oljeläckage	0	0	+	0	+		
<b>Miljö och hållbarhet</b>							
CO <sub>2</sub> -fotavtryck (material- och tillverkning)	0	-	-	+	-		
$\Sigma+$	2	1	4		2	4	
$\Sigma 0$	3	2	0		3	3	
$\Sigma -$	3	5	4		3	1	
Nettovärde	-1	-4	0		-1	3	
Rangordning	3	4	2		3	1	
Vidareutveckling	J	N	J		N	J	
Beslut							

## Bilaga 4: Kesselringmatris

### Vägning av kriterier

Kriterier		A	B	C	D	E	F	$\Sigma$	$\Sigma_{rel}$
A	Läckageområden	-	1	1	0	1	1	4	0,444
B	Antal monteringssteg	0	-	0,5	0	0,5	0,5	1,5	0,167
C	Tryckfall	0	0,5	-	0	0	1	1,5	0,167
D	Livslängd (vibration, relativ rörelse, termisk belastning)	1	1	1	-	1	1	5	0,556
E	Underhållsbehov (komplexitet vid byte)	0	0,5	1	0	-	1	2,5	0,278
F	Miljö och hållbarhet (antal komponenter)	0	0,5	0	0	0	-	0,5	0,056

## Förtydning av kriterium

A: Läckageområden		C: Tryckfall		E: Underhållsbehov (komplexitet vid byte)	
	Vikt		Vikt		Vikt
5 områden	1	Utifrån kunskap om kopplingstyp	1	Utifrån kunskap om kopplingstyp	1
4 områden	2		2		2
3 område	3		3		3
2 område	4		4		4
1 område	5		5		5
B: Antal monteringssteg		D: Livslängd (vibration, relativ rörelse, termisk belastning)		F: Miljö och hållbarhet (antal komponenter)	
	Vikt		Vikt		Vikt
>4 moment	1	Utifrån kunskap om kopplingstyp	1	>4 komponenter	1
4 moment	2		2	4 komponenter	2
3 moment	3		3	3 komponenter	3
2 moment	4		4	2 komponenter	4
1 moment	5		5	1 komponenter	5

## Kesselringmatris 1: Vidareutvecklade koncept

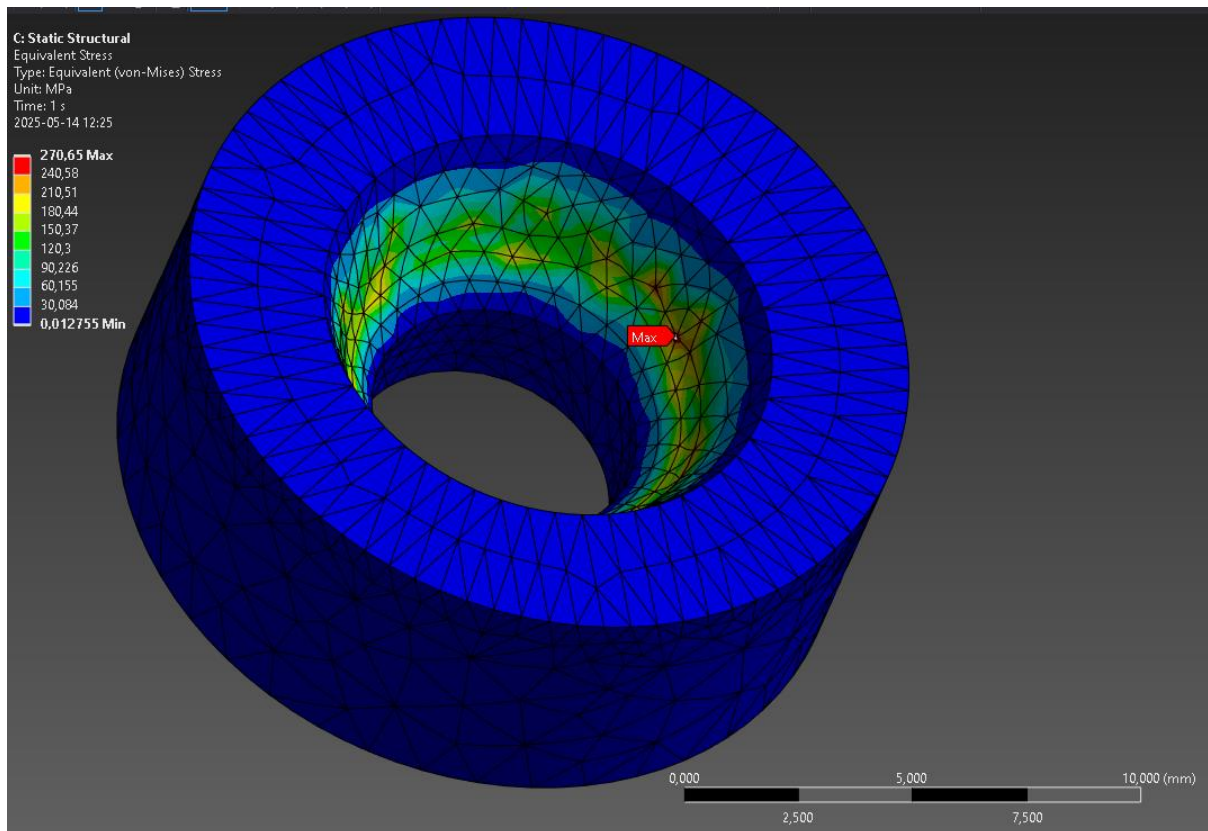
Chalmers		Kesselringmatris: Vidareutvecklade koncept											
Utfärdare: Jacob Gustafsson & Lukas Forsberg				Skapad: 2025-03-06				Modifierad: 2025-03-26					
Kriterier		Alternativ											
		Ideal		1		2,1		2,2		3		4	
Namn	w	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t
Läckageområden	0,444	5	2,22	3	1,33	4,00	1,78	4,00	1,78	4,00	1,78	4,00	1,78
Antal monteringssteg	0,167	5	0,83	2	0,33	4,00	0,67	4,00	0,67	4,00	0,67	5,00	0,83
Tryckfall	0,167	5	0,83	4	0,67	5,00	0,83	5,00	0,83	5,00	0,83	5,00	0,83
Livslängd (vibration, relativ rörelse, termisk belastning)	0,556	5	2,78	2	1,11	4,00	2,22	4,00	2,22	5,00	2,78	4,00	2,22
Underhållsbehov (komplexitet vid byte)	0,278	5	1,39	3	0,83	3,00	0,83	3,00	0,83	4,00	1,11	3,00	0,83
Miljö och hållbarhet (antal komponenter, bearbetning)	0,056	5	0,28	1	0,06	3,00	0,17	2,00	0,11	3,00	0,17	2,00	0,11
<i>T (Totalt viktat värde)</i>			8,33		4,33		6,50		6,44		7,33		6,61
<i>T / Tideal</i>			1,00		0,52		0,78		0,77		0,88		0,79
Medel			1,39		0,72		1,08		1,07		1,22		1,10
Std-avvikelse			0,74		0,37		0,61		0,62		0,70		0,60
Median			1,11		0,75		0,83		0,83		0,97		0,83
Antal svaga punkter			1		3		2		2		2		1
Rangordning					5		3		4		1		2
Beslut			Välj X med följande motivering ...										

## Kesselingmatris 2: Dem bästa koncept från Pugh-matris

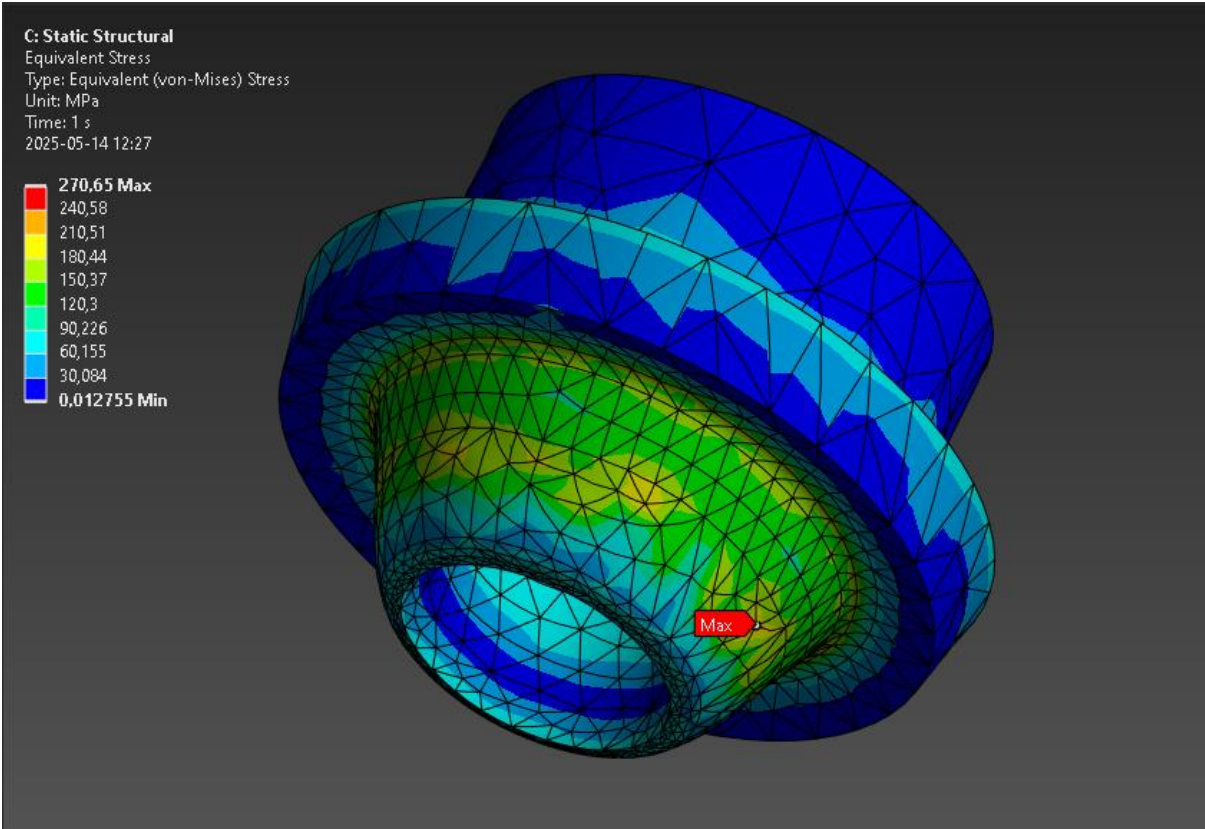
Chalmers		Kesselingmatris: Dem bästa koncept från Pugh-matris						
Utfärdare: Jacob Gustafsson & Lukas Forsberg				Skapad: 2025-03-26		Modifierad: yyyyyy		
Kriterier		Alternativ						
		Ideal	1	8				
Namn	w	v	t	v	t	v	t	
Läckageområden	0,444	5	2,22	4	1,78	4	1,78	
Antal monteringssteg	0,167	5	0,83	5	0,83	4	0,67	
Tryckfall	0,167	5	0,83	5	0,83	4	0,67	
Livslängd (vibration, relativ rörelse, termisk belastning)	0,556	5	2,78	4	2,22	5	2,78	
Underhållsbehov (komplexitet vid byte)	0,278	5	1,39	4	1,11	1	0,28	
Miljö och hållbarhet (antal komponenter, bearbetning)	0,056	5	0,28	4	0,22	2	0,11	
<i>T (Totalt viktat värde)</i>			8,33		7,00		6,28	
<i>T / Tideal</i>			1,00		0,84		0,75	
Medel			1,39		1,17		1,05	
Std-avvikelse			0,74		0,56		0,82	
Median			1,11		0,97		0,67	
Antal svaga punkter			1,00		1,00		4,00	
Rangordning					1		2	
Beslut		Välj X med följande motivering ...						

## Bilaga 5: FEM simulering med tryckkraft 3500 N

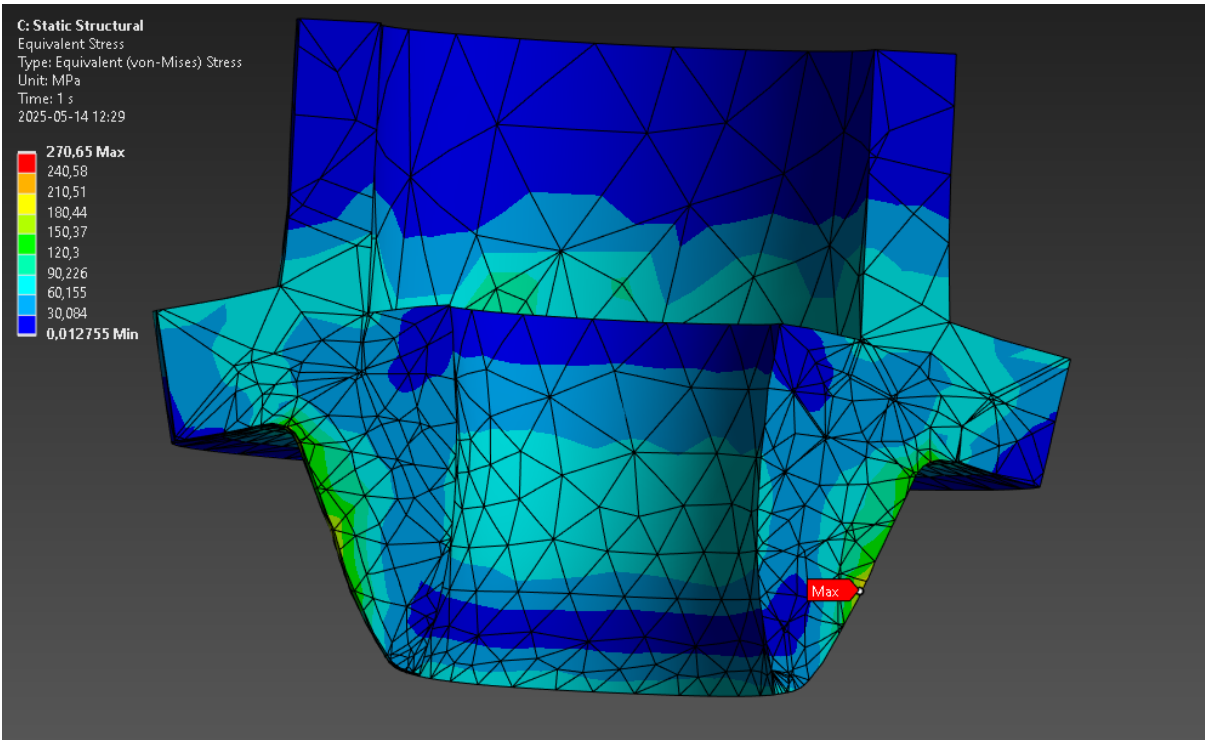
### Spänningsbild säte



# Spänningsbild ändform



# Ändform snitt



# Bilaga 6: FMEA

Oilconnector DESIGN FAILURE MODE & EFFECT ANALYSIS														
No	ITEM		CHARACTERISTICS OF FAILURE					Current controls			1st Rating		ACTION-STATUS	
	Requirement area / Function	Design intent / Requirement	Potential failure mode	Potential Effects of Failure	s	Potential SC / CC	Potential causes of failure	Controls prevention	Po	Controls detection	Pd	RPN1	Recommended actions	Responsible person
1		Manage oil pressure, X bar (with SFX) and X bar in pressure hoses	Component burst	Oil starts burning, Failure to supply the turbocharger with the required oil flow	10	Potential CC	Threads sheering	Prior design, design guidelines, Simulation/Calculation	3	Burst test	6	180	Burst test	Viktor Rosén
			Leakage		10	Potential CC	Soldering connection too short	Prior design, design guidelines, Simulation/Calculation	3	Burst test	6	180	Burst test	Viktor Rosén
2			Underpressure	Turbooverheats	10	Potential CC	Pressure drop	Prior design, design guidelines	1	Pressure burst test, Pressure drop test	1	10	Pressure burst test, Pressure drop test	Viktor Rosén
3			Component cracked	Leakage	10	Potential CC	Weld joint degradation	Material guidelines, and dimention guidelines, Simulation	3	Vibration Test, Engine Durability Test	6	180	Vibration Test, Engine Durability Test	Viktor Rosén
4		Withstand vibration	Loosening	Screw unscrews itself -> leakage	10	Potential CC	Inadquate screw force	Prior design, Use of standard Torque STD: -5511,21	1	Vibration Test, Engine Durability Test	6	60	Vibration Test, Engine Durability Test	Viktor Rosén
	Screw unscrews itself -> leakage			10	Potential CC	Screw fitting	Calculations, Prior design	1	Vibration Test, Engine Durability Test	6	60	Vibration Test, Engine Durability Test	Viktor Rosén	
5			Thermal fatigue	Component cracked and leakage	10	Potential CC	Internal stress, Inadequate material	Design Guideline, Stack-Up study	8	Engine Durability Test, Thermal cycle test, Lifecycle Test	6	480	Thermal cycle test	Viktor Rosén
6	Secures the distribution of oil from hose to the turbo without leakages (DFMEA)	Withstand thermic fatigue, X C Radiationheat, X C in turbo seat.	Material creep	Screw unscrews itself -> leakage	10	Potential CC	Inadquate screw force and material choice	Prior Design, Design Guideline, Stack-Up Study	3	Engine Durability Test, Lifecycle Test	3	90	Engine Durability Test	Viktor Rosén
7			Korrosion	Weakens the fastner, opens leakage ways, increased friction for disassembly	10	Potential CC	Material and surface treatment choice	Prior design, Material and surface guidelines	3	Accelerated Corrosion test with vibrationtest or/and engine test	6	180	Vibration test	Viktor Rosén
8			Pressure drop in connection	Turbo dont get enough oil and overheat/ runs dry	10	Potential CC	Design choose/steep corners	Prior Design, Design Guideline, Stack-up study	1	CAD Review, Pressure Drop Test	1	10	Pressure Drop Test	Viktor Rosén

9	Magage flow of oil	Blockage	Presure buildup and component burst/leakage.	10	Potential CC	Paricules and debris build up	Use of caps and plugs, Technical Requirement, Package Instruction, Design Guideline, Contamination control	1	Package study, Assembly Test, Production contamination test	6	60	Burst test	Viktor Rosén
10			Turbo dont get enough oil and overheat/runs dry	10	Potential CC	Paricules and debris build up	Use of caps and plugs, Technical Requirement, Package Instruction, Design Guideline, Contamination control	1	Package study, Assembly Test, Production contamination test	6	60	No action	Viktor Rosén
11			Not sufficient cleanines	Particules gets in turbo causing damage	9	Potential CC	Bad cleanines in production/shipping/instalation	Use of caps and plugs, Technical Requirement, Package Instruction, Design Guideline, Contamination control	3	Package study, Assembly Test, Production contamination test	3	81	No action
12	Assemblability (PFMEA)	High installation effort	Part damage, to threads when running down bolt	10	Potential CC	High torque damages part and leakages occurs	Prior Design, Design Guideline, Stack-Up Study	1	Insertion Force Test, Assembly test	6	60	Simulation	Viktor Rosén
13			Poor ergonomic conditions	6		Entry chamfer design, lack of space for tool	Designguidelines, Stackup studie	1	Insertion Force Test, Engine Slow Build	8	48	Can easily be detected but once it's in production	Viktor Rosén
14			Allow for socket clearance	Orientation of hose interfere with operator	Impact to operator and takt-time	6	Warped in production or shiping. Lack of space	Stack-up study and redesign. Random sample test	3	CAD Study, Design For Assembly Review, Assembly Test	8	144	No action
15		Installed in correct location and orientation	Installed in wrong location and orientation	Impact to operator and takt-time	6	Warped in production or shiping	Pre installation check, use of poka-yoke	3	CAD Study, Design For Assembly Review, Assembly Test	8	144	No action	Viktor Rosén
16	Serviceability (PFMEA)	Easy disassembly effort	Poor ergonomic conditions	4		Disassembly requirement not defined, Lack of space for tool	Prior design, Technical Requirement	1	Disassembly effort test	8	32	No action	Viktor Rosén
17			The screw is overtightened	8	Potential SC	Deformation in threds	Prior Design, Design Guideline, Stack-Up Study	1	Insertion Force Test, Engine Slow Build, Disassembly effort test	6	48	No action	Viktor Rosén

