

Master of Science in Mechanical Engineering
December 2018



Framtagning av kalibreringsverktyg för referensmätningar

*Vardaglig kontroll av kalibrering i industriell provbänk för pneumatiskt styrda
tågbronsar*

Mazin Ali
Mahdi Shahin

This thesis is submitted to the Faculty of Mechanics at Blekinge Institute of Technology in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science in Mechanical Engineering. The thesis is equivalent to 20 weeks of full time studies.

The authors declare that they are the sole authors of this thesis and that they have not used any sources other than those listed in the bibliography and identified as references. They further declare that they have not submitted this thesis at any other institution to obtain a degree.

Contact Information:

Author(s):

Mazin Ali

E-mail: maaj13@student.bth.se

Mahdi Shahin

E-mail: mash13@student.bth.se

University advisor:

Sravan Tatipala, Marco Bertoni

Mechanical Department

Faculty of Engineering
Blekinge Institute of Technology
SE-371 79 Karlskrona, Sweden

Internet : www.bth.se
Phone : +46 455 38 50 00
Fax : +46 455 38 50 57

ABSTRACT

Faiveley Transport Nordic AB is a company in Landskrona and which is an international supplier in the railway industry. The industry sight in landskrona is mostly focused on developing and manufacturing train brakes.

Today, Faiveley has a number of test benches that needs regular checks and re-calibration every three months. In the current situation, it is the responsibility of the lab engineer to check that the calibration is correct on the test benches and adjust if needed. The purpose of this research is to design a reference object that will be used for checking the calibration on a test bench.

During the research, the product development process was used with some tools from the design thinking process. The research begins with a lot of theoretical background about BFC (Brake Friction Concept), test benches and calibration to develop a deeper understanding for the different concepts.

Since Faiveley had already identified the problem, the method was started directly by looking for other solutions that could inspire the solution to the problem. The search for inspiration was conducted through various methods such as patent searching, trend watching and techwatching. The authors proceeded by choosing the best possible ideas for them to create a prototype of the best concepts.

After creating a prototype of the reference object, the objects function was verified by testing on a test bench to check if it meets the preset requirements. The authors were able to get the result for each one of them three measurement parameters such as force, distance and pressure. Results showed that most of the requirements was accomplished.

Based on the results several conclusions could be drawn. Such as that the reference object that was the solution to the problem worked and partly fulfills the associated requirements. Through this research a method has been created for how to generate reference values for similar parameters in general contexts, which others interested can use in the future.

Keywords: Test bench, BFC (Brake Friction Concept), calibration, product development, design.

SAMMANFATTNING

Faiveley Transport Nordic AB är ett företag som ligger i Landskrona och som är en internationell leverantör inom järnvägsindustrin. Kontoret i landskrona är mestadels fokuserat på att utveckla och tillverka tågbrömsar.

Idag har Faiveley ett flertals provbänkar som behöver kalibreras efter ett tag. I nuvarande läge gör företaget på det sättet att en labbingenjör kontrollerar om kalibreringen stämmer på provbänkarna och det gör labbingenjören en gång vart tredje månaden. Syftet med denna forskningen är att designa ett referensobjekt som ska användas för kontrollering av kalibreringen på en provbänk.

Under forskningen har produktutvecklingsprocessen använts med vissa verktyg från design thinking processen. Forskningen börjar med en hel del teoretisk bakgrund om BFC (Brake Friction Concept), provbänk och kalibrering för att få en bild på vad de olika begrepp betyder. Därefter kommer metoderna som har använts för att lösa problemet.

Eftersom Faiveley hade redan identifierat problemet, börjades metoden direkt med att leta på andra lösningar som kan ge inspiration för lösningen på problemet. Letandet gjordes genom olika metoder som till exempel patentsökning, trendwatching och techwatching. Därefter valdes dem bästa möjliga idéerna för att därefter skapa en prototyp av dem bästa valda koncepten.

Efter att ha skapat en prototyp av referensobjektet, då skulle referensobjektet testas på en provbänk för att stämma av att referensobjektet uppfyller kraven. Resultatet för varje en utav dem tre mätparametrarna kraft, avstånd och tryck togs ut. Resultat visade att dem flesta kraven uppfylldes.

Utifrån resultatet kunde flera slutsatser dras om forskningen. Referensobjektet som var lösningen till problemet fungerade och uppfyller delvis tillhörande kravspecifikation som framställdes under början av utvecklingsarbetet. Genom denna forskningen har en process skapats för hur man kan ta fram referensvärden för liknande parametrar i generella sammanhang, som andra intresserade kan använda sig i framtiden.

Nyckelord: Provbänk, BFC- (Brake Friction Concept), kalibrering, produktutvecklingsprocess, design.

FÖRORD

Efter 20 veckors intensivt arbete har vi nu slutfört denna avhandlingen. vi har inte enbart avslutat avhandlingen vi har även skaffat oss nya kunskaper inom ett nytt område samtidigt som vi har haft möjligheten att skapa oss en livserfarenhet, tack vare att Faiveley kunde erbjuda oss ett kontor som vi har jobbat från varje dag i ca 20 veckor.

Vi vill ägna ett stort tack till samtliga medarbetare och handledare som har stöttat oss och hjälpt oss under vårt avslutande kapitel av studierna. Vi vill tacka Tobias Persson för all stöd och hjälp som han har bidragit med samt det härliga engagemanget som visats. Vi vill även tacka Magnus Carlsson för all hjälp på den praktiska fronten och för alla gånger som han ställt upp i laboratoriet utanför hans arbetsuppgifter.

Vi vill tacka Marco Bertoni på BTH för all handledning och stöd som han har bidragit med.

Karlskrona
Februari 2019

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

ABSTRACT.....	0
SAMMANFATTNING.....	1
FÖRORD.....	2
INNEHÅLLSFÖRTECKNING.....	3
FIGURFÖRTECKNING.....	5
NOMENKLATUR.....	7
1 INTRODUKTION.....	8
1.1 Bakgrund.....	8
1.2 RELATERAT ARBETE OCH PROBLEMDISKUSSION.....	9
1.3 Syfte, mål och forskningsfrågor.....	9
1.4 Avgränsningar.....	10
2 TEORI.....	11
2.1 PROCESS TEORI.....	11
2.1.1 Produktutvecklingsprocessen.....	11
2.1.2 Design thinking process.....	12
2.1.3 Forskningsmetodik.....	12
2.2 PROJEKT TEORI.....	15
2.2.1 DRV – Bromsregulator/slack adjuster.....	15
2.2.2 BFC.....	15
2.2.3 Pneumatik.....	17
2.2.4 Provbänk.....	18
2.2.5 Pneumatisk Provbänk.....	19
2.2.6 Pneumatisk provbänk för BFC.....	19
2.2.7 Grundläggande allmän kalibrering.....	21
2.2.8 Kalibrering lastcell.....	25
2.2.9 Kalibrering avståndsgivare.....	26
2.2.10 Kalibrering av tryckgivare och läckage i systemet.....	26
2.2.11 Kalibrering av BFC provbänk.....	26
2.2.12 Standarder och krav.....	27
3 METOD.....	29
3.1 PLANERING.....	29
3.1.1 Tidsplanering.....	29
3.1.2 Val av produktutvecklingsmetod.....	29
3.1.3 Val av forskningsmetodik.....	29
3.1.4 Val av kvalitativa data.....	30
3.2 KONCEPTUTVECKLING.....	31
3.2.1 Observationer och intervjuer.....	31
3.2.2 Trendwatching.....	31
3.2.3 Techwatching.....	32
3.2.4 Patentsökning.....	34
3.2.5 Kravspecifikation.....	35
3.2.6 Identifiering av mätparametrar.....	36
3.2.7 Funktionsanalys.....	36
3.2.8 Tillvägagång för ide generering och konceptval.....	37
3.2.9 Idegenerering.....	39
3.2.10 Concept Scoring.....	39
3.3 UTVECKLING PÅ SYSTEMNIVÅ.....	39
3.3.1 Utvärdering och val av delkoncept.....	39
3.3.2 Infästning design av testobjektets ingående komponenter.....	44

3.3.3	<i>Design på testobjektets externa komponenter och dess infästning</i>	47
3.3.4	<i>Systemets styrning</i>	47
3.4	DETALJUTVECKLING	48
3.4.1	<i>Fullständig specifikation av geometri, material och toleranser</i>	48
3.4.2	<i>CAD prototyp</i>	56
3.5	TESTNING OCH VIDAREUTVECKLING	57
3.5.1	<i>Test anordning</i>	57
3.6	PRODUKTIONSPRODUKT	59
3.6.1	<i>Faktiska prototypen</i>	59
4	RESULTAT	60
4.1	LÄCKAGE MÄTNING	60
4.2	KRAFTMÄTNING	61
4.2.1	<i>Mätresultat och repeterbarhet</i>	61
4.2.2	<i>Repeterbarhet</i>	61
4.2.3	<i>Noggrannhet</i>	62
4.3	AVSTÅNDSMÄTNING	62
4.3.1	<i>Elasticitet i provbänkens tryckplatta</i>	62
4.3.2	<i>Mätresultat och repeterbarhet</i>	63
4.3.3	<i>Noggrannhet</i>	64
4.4	SLUTLIG PROTOTYP	64
5	ANALYS OCH DISKUSSION	66
5.1	METODER OCH TILLVÄGAGÅNG	66
5.2	FYSISKPROTOTYP	67
5.3	MÄTNOGGRANNHET, REPETERBARHET OCH FELKÄLLOR.....	67
6	SLUTSATS OCH FRAMTIDA ARBETEN	69
6.1	SLUTSATS.....	69
6.2	FRAMTIDA ARBETEN	69
7	BILAGOR	71
7.1	SPECIFIKATION FÖR HYDRAULCYLINDER	71
7.2	SPECIFIKATION FÖR OLMEC P720-40 PUMPEN	72
7.3	SPECIFIKATIONER FÖR LÄGESGIVARE.....	73
7.4	INSTRUKTIONSMANUAL FÖR PROTOTYPEN	74
7.5	EXAMENSARBETES BESKRIVNING.....	75
7.6	INTERVJUFRÅGOR.....	75
7.7	BOM – BILL OF MATERIALS	76
	REFERENSER	78

FIGURFÖRTECKNING

Figur 1. Visar en helhetsbild på produktutvecklingsprocessen med dess delar. Metoden bygger på de sex olika faserna som finns på figuren, från planering till produktionsprodukt [8]	11
Figur 2 Bilden illustrerar DTP och hur iteration kan uppstå när de olika områden överlappar varandra. [9]	12
Figur 3. Visar DRM:s fyra olika steg, vad som krävs för varje steg och vad resultaten blir utav varje steg [11]	13
Figur 4. En BFC broms med parkeringsbroms. Pilarna indikerar de essentiella delarna i en BFC broms	16
Figur 5. Visar tre olika BFC typer. BFC:en som är åt vänstra sidan av bilden är en vanlig BFC utan extra utrustning. BFC:en som är i mitten har en parkeringsbroms och BFC:en åt högra sidan av bilden är en längre version av BFC [15]	16
Figur 6. Beskriver enkelt hur ett pneumatiskt bromssystem på ett tåg funkar [16]	17
Figur 7. Bilden illustrerar funktionen av en enkelverkande pneumatiskt styrd cylinder i tre olika steg. I fjärde steget visas en enkel modell av en dubbelverkande cylinder där luft styr både tryck- och drag läge [4]	18
Figur 8. Visar ett test utav en typ av BFC broms utförd i provbänken	20
Figur 9. Visar pneumatiska styrningen för provbänken. I figuren kan man se olika ventiler som används för att dirigera luftflödet genom de önskade kanalerna. Noderna längst ut till vänster indikerar kopplingarna till bromsens luftintag	21
Figur 10. Visar två möjliga utfall på linjäriteten hos en givare som befinner sig i två olika skick. Vänster om kan man se en givare som har kalibrerats för att ha högt linjärt förhållande. Höger om kan man se en givare med icke linjär kalibrering [18]	22
Figur 11. Visar hur en givare kan vara linjärt kalibrerade men den är utanför den önskade kalibrerings referensen. I detta fallet behöver givaren korrigeras för att få bort "offseten" [19]22	
Figur 12. Illustrerar ett exempel på skillnaden mellan noggrannhet, repeterbarhet och linjäritet [20]	24
Figur 13. Visar spårbarhetens pyramid. Det vill säga att kalibrera en produkt stegvis till att den når sista och högsta nivå som är NIST standarden [21]	25
Figur 14. Visar den uppdaterade planeringen som vi fick ändra under arbetsgången	29
Figur 15 Visar sju olika typer av designforskning. Rödmarkeringen indikerar vilken typ av designforskning avhandlingen följer [35]	30
Figur 16 visar en enkel modell av en pneumatisk cylinder [43]	34
Figur 17. FAST diagram, en typ av funktionsanalys	37
Figur 18. Tillvägagångsschemat som vi har tagit fram för att dela upp vårt komplexa problem till mindre delar	38
Figur 19. Visar ett utav kraft verifieringskoncepten, fjäderpaketet till vänster. Till höger illustreras en enkel modell av en lastcell. Konceptmodellerna är ritade i CAD	40
Figur 20. Visar hur en simpel enkelverkande hydraulcylinder fungerar. Läge 1 visar vid forcering av vätskan i cylindern. Läge 2 illustrerar när trycket släpps och fjädern trycker tillbaka kolven till sitt nolläge [54]	41
Figur 21. Visar till höger ett funktionsdiagram för P720-40 pumpen och till vänster har vi den fysiska pumpen på bild. På figuren har vi markerat de olika anslutningskanalerna och de essentiella delarna i pumpen [55, 56]	42
Figur 22. En TRS 25 givare [57]	44
Figur 23. En typ av läckageventil. På bilden kan man se att specifikationerna för ventilen finns klistrade på [58]	44
Figur 24. En del av den befintliga provbänken för BFC bromsarna konstruerad i Inventor med tillhörande fixturer som är röd målade	45
Figur 25. Sido-vy av infästningen med stödlinjer som indikerar hur den kommer att glidas ner i provbänken	46
Figur 26. Bak-vy av infästningen	46
Figur 27. Bak-vy sedd underifrån	47
Figur 28. Kopplingschema för systemets styrning	48

<i>Figur 29. Fram-vy av infästning. De röda skruvarna indikerar M6 skruvar</i>	49
<i>Figur 30. Bak-vy av infästning</i>	49
<i>Figur 31. Sprängbild på en "assembly" av infästning, sido-vy</i>	50
<i>Figur 32. Sprängbild på assembly av infästning, ovan-vy</i>	50
<i>Figur 33. Sprängbild på assembly av infästning, bak-vy</i>	50
<i>Figur 34. Visar en CAD modell av adaptern som kommer att monteras på cylinderns gängade ända, därefter kan lastcellen monteras mot adaptern</i>	51
<i>Figur 35. Visar enkelverkande hydraulcylinder ritad i Inventor</i>	51
<i>Figur 36. Visar cylindern i figur 35 fast med genomskinligt hölje</i>	52
<i>Figur 37. Visar en sprängbild av den enkla replikeringen i CAD av den riktiga cylindern</i>	52
<i>Figur 38. Till vänster illustreras ena delen av överfallsklämman och till höger visas en sammansättning av två delar</i>	52
<i>Figur 39. Visar en enkel modell av 1-C2/50kN lastcellen från HBM konstruerad i CAD. Vänster om syns lastcellens M10 gängade hål</i>	53
<i>Figur 40. Visar en enkel modell av en vagn med två hyllplan ritad i CAD. I vagnen kommer testobjekten med dess delar att finnas när dem inte används</i>	53
<i>Figur 41. Visar en balk av "strut profile". Vagnen kommer att vara byggd av sådana balkar ihopsatta</i>	54
<i>Figur 42. Visar en replikering av Olmec P720-40 konstruerad i CAD</i>	54
<i>Figur 43. En enkel modell på en display ritad i CAD, ska föreställa en MAP-400 Multifunctional display från HBM</i>	55
<i>Figur 44. Visar ett enkelt exempel på hur en växlingsventil fungerar. På bild 1 kan man se att P indikerar luftflödet som strömmar genom kanal A för att trycka ner cylindern. Ventilen håller alla andra kanaler stängda för luftflödet. På bild 2 kan man se hur det ser ut när man väljer att stoppa flödet i ett system med en växlingsventil. Ventilen blockerar alla möjliga flödeskanaler för luften vilket resulterar i att systemet står stilla [60]</i>	55
<i>Figur 45. Sprängbild på referensobjekt som illustrerar hur lastcell, adapterplatta samt infästning sitter ihop. Stödlinjer i blå indikerar hur sammansättningen ska vara</i>	56
<i>Figur 46. Sido-vy av figur 45</i>	56
<i>Figur 47. 3D modell av komplett prototyp konstruerad i Inventor</i>	57
<i>Figur 48. annan vy av figur 47</i>	57
<i>Figur 49. Bild som visar fysisk prototypen samt hela anordningen</i>	58
<i>Figur 50. Bild som visar två utav tre ventiler i systemet samt displayer och läckage testare</i>	59
<i>Figur 51. Mätvärden för läckagemätning vid testningen redovisade i grafen</i>	60
<i>Figur 52. Mätvärden för kraftmätning samlade vid testningen och redovisade i grafen</i>	61
<i>Figur 53. Visar en närbild på referensobjektets lastcell som trycker mot provbänkens stödplatta</i>	62
<i>Figur 54. Mätvärden för avståndsmätning vid testning presenterade i grafen</i>	63
<i>Figur 55. Bild på referensobjektet under ett test</i>	64
<i>Figur 56. Bild på prototypens fullständiga anordning</i>	65
<i>Figur 57. Specifikationer för hydraulcylinder</i>	71
<i>Figur 58. Specifikationer för Olmec P720-40 pumpen</i>	72
<i>Figur 59. Tryckförhållandes specifikationer för P720-40</i>	72
<i>Figur 60. Specifikationer för lägesgivaren som användes till referensobjektet</i>	73
<i>Figur 61. Instruktionsmanual vid användning av referensobjekt</i>	74
<i>Figur 62. Examenarbets beskrivning</i>	75
<i>Figur 63. BOM</i>	77

NOMENKLATUR

Förkortningar:

FTNAB: Faiveley Transport Nordic AB

BFC: Brake Friction Concept

DTP: Design Thinking Process

EOL: End Of Line

NIST: National Institute of Standards and Technology

ISO: International Organization for Standardization

IEC: International Electronic Commission

DRM: Design Research Methodology

CAD: Computer Aided Design

PLC: Programmable Logic Controller

BOM: Bill of materials

Mm: millimeter

mbar: millibar

min: minut

m²: meterkvadrat

N: newton

kN: Kilonewton

Beteckningar:

P: tryck

A: area

F: kraft

1 INTRODUKTION

1.1 Bakgrund

Faiveley Transport Nordic AB är ett företag i Landskrona som tillhör det större företaget Wabtec som har sina rötter i USA. Företaget är en internationell leverantör för järnvägsindustrin. Företaget etablerades i Landskrona för mer än 100 år sen. FTNAB i Landskrona utvecklar samt tillverkar bromssystem för tåg, företaget erbjuder även service för länder i norden och Baltikum [1].

Wabtec erbjuder ett brett produktsortiment för luftkonditionering, elektromekaniska delar, elektrisk utrustning, bromssystem, kopplare för tågagnar och service samt underhåll för kunder världen över. Wabtec har sitt huvudkvarter i Pennsylvania i USA. Företaget har närmare 20,000 anställda och omsätter ca 42 miljarder kronor om året [2].

En provbänk simulerar verkliga förhållanden för de testade objekten för att kunna validera funktionaliteten i objektet med hänsyn till kraven som ställs. En provbänk kan användas inom många olika områden. Vissa provbänkar är specificerade för att enbart mäta vridmoment, men det finns även många andra olika sorters provbänkar för att mäta andra parametrar. En del provbänkar kan mäta ett flertal parametrar under samma simulation. För att minimera osäkerheten och felet i mätningarna som utförs i en provbänk krävs det att kalibreringen av bänken ständigt stämmer. En provbänk kan tappa sin noggrannhet på grund av många faktorer. Idag finns det så kallade automatiserade provbänkar som utför simuleringen automatiskt med hjälp av mjukvara som styr bänken. Förr i tiden utfördes tester manuellt på provbänkar där en person utförde simuleringen. Med de automatiserade provbänkarna blir effektiviteten högre och den mänskliga fel faktor kan elimineras [3].

När man jobbar med att utveckla och producera säkerhetsrelaterad utrustning krävs det att man jobbar med hög noggrannhet och precision, marginalen för fel får inte finnas. Därför är det viktigt att säkerställa att provbänkarna ständigt håller rätt kalibrering, för att objekten som testas ständigt lever upp till kravspecifikationerna. Problemet som vi strävar efter att lösa är att ta fram ett referensobjekt som kan användas för att kontrollera att kalibreringen stämmer på provbänken. Utmaningen är att först och främst ta fram koncept på hur ett sådant referensobjekt kan designas och utvärderas med avseende på stabilitet, noggrannhet och användarvänlighet. Slutligen ska ett färdigt koncept tas fram och värderas. Valideringen av konceptet kommer att ske genom att använda referensobjektet i provbänken och få ett resultat som uppfyller kravspecifikationen [4].

Allmänna intresset ligger i att alla i dagens samhälle berörs både direkt och indirekt av kvaliteten på säkerhetsutrustningen. Marginalerna för fel får inte finnas. Många som åker med exempelvis tåg har i åtanke vad som kan hända ifall något säkerhetssystem fallerar, andra tänker inte alls på det men det berör allt inom den levande aspekten i samhället. Vårt syfte med forskningen är att bidra med ett koncept som förhoppningsvis säkerställer att säkerhetssystemen som levereras är ”felfria” tack vare ett koncept som ska säkerställa att testutrustningen håller de krävda standarder och förordningar. Ur den synvinkel kan även externa läsare skapa sig ett intresse och en uppfattning för forskningen och kunna ställa frågor på vilka krav som ställs på konceptet och frågor kring säkerheten som berör allmänheten.

En jämförbar forskning inom hur man designar ett referensobjekt för statisk- och dynamisk kalibrering av en provbänk som mäter vridmoment kommer att tas hänsyn till. Den är publicerad på hemsidan för tekniska universitetet i Navarra i Spanien [5].

1.2 Relaterat arbete och problemdiskussion

Enligt studien som utförts i Navarra i Spanien [5] kan man se att forskaren har i huvudsyfte haft framtagning av provbänk som mäter vridmoment. Forskaren förklarar även hur en sådan provbänk kan kalibreras och hur enkla medel kan användas för att kontrollera provbänkens kalibrering. Bland en hel del sökningar är det sällsynt att finna sådan typ av forskning då provbänkar utformas efter specifika ändamål. Provbänkar är ofta utformade för att testa en typ av produkt, beroende på hur produkten ser ut så blir provbänkens utformning även annorlunda. I forskningen som författaren i Navarra [5] utför kan man se att verktygen han använder för att kalibrera och testa provbänken är generella då han använder en momentomvandlare som kan användas i andra provbänkar som är avsedda att testa moment.

Det som saknas idag är mer generella referensobjekt som kan användas för att kontrollera diverse provbänkar. Oftast skippas utveckling av sådana objekt och istället lägger man resurser på att utföra kalibreringar oftare än vad det behövs [6].

Brist på forskning inom detta ämne kan bero på att innehavare av provbänkar inte vill dela med sig av sina forskningar då provbänkarna oftast är produktspecifika. Det kan bero på sekretessen som råder inom innehavarnas industrier. Det kan även bero på att innehavarna inte ser att det finns något större behov för att dela med sig av produktspecifika forskningar.

1.3 Syfte, mål och forskningsfrågor

Syftet med forskningen har varit att utveckla dedikerade, lättanvända testobjekt som ska kunna simulera parametrarna som ska testas i efterhand. I början ska koncepten utvecklas om hur objekten kan göras på ett sätt som tar hänsyn till stabilitet, användarvänlighet och noggrannhet. Denna utvecklingen kommer att ske kombinerad med företagets tekniska avdelning, produktion och testlabb. Slutsteget kommer att vara att skapa ritningar och utvärderingar av slutkonstruktionen genom aktuella test i en testbänk [7].

Hur kan vi designa och utveckla ett referensobjekt som kan användas vid kontrollering av kalibreringen på en generaliserad industriell provbänk, med hänsyn till stabilitet, noggrannhet och användarvänlighet?

Delmål för projektet:

- Identifiera testparametrar som behöver följas upp.
- Utarbeta ett antal potentiella lösningar.
- Utvärdera / välja koncept.
- Designa ett koncept av referensobjekt.
- Utforma testobjekt.
- Verifiera hela funktionen för testobjektet [4].

1.4 Avgränsningar

En avgränsning gällande samarbetet med FTNAB är att det enbart har tittats på en typ utav provbänk, vilken är specificerad för bromsprodukten BFC.

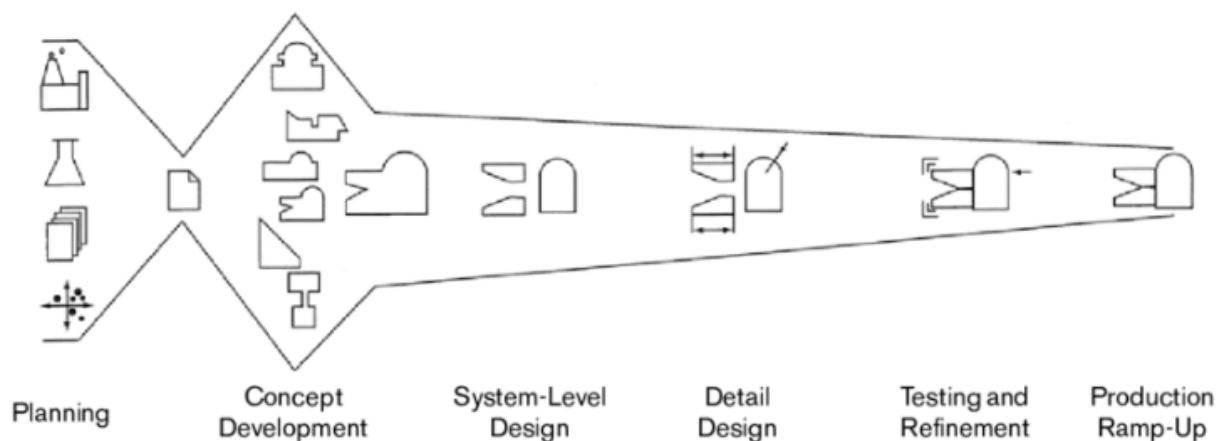
En annan avgränsning som har gjorts, är att i vissa delar i metod delen har det bortsetts gällande design thinking process, på grund av att det redan finns en kravspecifikation från FTNAB. Därför har en mindre behovsanalys utförts utifrån operatörens behov för att kunna undersöka de etiska och moraliska aspekterna.

2 TEORI

2.1 Process Teori

2.1.1 Produktutvecklingsprocessen

Produktutvecklingsprocessen består av 6 faser. Denna processen används av företag när man ska skapa, designa och marknadsföra en produkt. Genom en utvecklingsprocess kan ett företag dra nytta av processen av flera skäl: kvalitetssäkring, koordination, planering, ledning och förbättringar [8].



Figur 1. Visar en helhetsbild på produktutvecklingsprocessen med dess delar. Metoden bygger på de sex olika faserna som finns på figuren, från planering till produktionsprodukt [8]

Processens första fas är planering, där ska kundbehoven, olika teknikutvecklingar och marknadsmål identifieras. Olika metoder kommer användas som exempelvis observationer, trend- och techwatching. I fas två som är konceptutveckling ska behoven identifierats och produktkoncept ska genereras. Därefter ska dessa koncept utvärderas och flera koncept kommer väljas. I denna fasen kommer olika ide genereringsmetoder att användas som exempelvis brainstorming och brainwriting. I tredje fasen som är utveckling av systemnivå kommer en produktarkitektur att göras och där kommer en uppdelning av produkten i flera delkoncept. I fjärde fasen som är detaljutveckling görs en komplett specifikation av material, geometri och toleranser för produktens olika delar. I denna fasen ska en kontrolldokumentation göras för produkten och det innebär att en ritning eller datafil ska göras. En beskrivning av varje komponents geometri, produktionsverktyg och specifikationer för de olika komponenter som ska monteras, ska finnas. I denna fasen ska man ta hänsyn till tre viktiga frågor som Eppinger har tagit upp i [Produktutveckling, konstruktion och design] "Tre viktiga frågor som man bör ta hänsyn till i hela produktutvecklingsprocessen men som slutförs i fasen detaljutveckling är materialval, produktionskostnader och robusta egenskaper". I fas fem som är testning och vidareutveckling ska en alfaprototyp göras. Prototypen ska testas i denna fasen för att se om produkten fungerar och tillfredsställer kundbehoven. I fall man är missnöjd så kan man förändra på produkten i denna fasen innan man går vidare till nästa och sista fas. I den sista fasen som är produktionsupptakt ska den "faktiska" prototypen att tillverkas i rätt material och andra egenskaper som man har valt. Vanligtvis brukar man skicka några produkter till utvalda kunder som ska testa och utvärdera produkten. I denna fasen brukar man identifiera problemen för sista gången innan företaget lanserar produkten [8].

2.1.2 Design thinking process

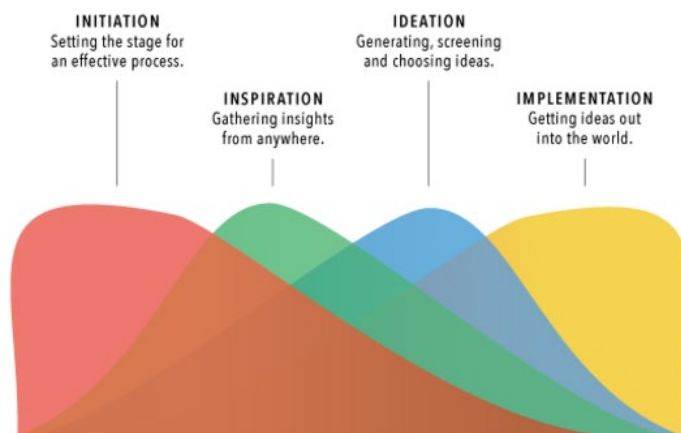
I design thinking process ingår fyra följande faser, initiation → inspiration → ideation → implementation [9].

Under initiation fasen sätter man upp sina mål för projektet. Den identifierade forskningsfrågan skall granskas kritiskt ifall den är korrekt formulerad och ifall den har fokus på själva målet med projektet. En granskning ska även ske med aspekt på hur öppen frågan är för flera lösningar och tar man hänsyn till vem frågan är riktad till. Ytterligare en del i initiations fasen är att skapa överenskommelser och kontrakt med alla parter i arbetet, både externa och interna d.v.s. mellan gruppen och företaget. Det görs för att säkerställa att alla strävar efter samma mål och sitter på samma ambitioner. Därför skapas ett kontrakt där man framför vad som förväntas från varje part [9].

Under inspiration fasen ska man samla in data som är relevant för forskningen. Data ska samlas in delvis genom litteraturundersökningar, behovsidentifiering, observationer och intervjuer. Man ska även titta på olika trender och tekniker som används av bland annat konkurrenter. Man ska även titta på trender som finns idag och hur liknande processer utförs på andra företag [9].

Under ideation fasen ska det genereras idéer på lösningar till problemet. Idéerna ska sedan selektivt minskas till ett fåtal som utvecklas vidare till koncept. Idéerna selekteras bort med hjälp utav utvärderingsmetoder samt genom kritik från företaget, det är viktigt att ta hänsyn till företagets synpunkter vid sådant samarbete [9].

Slutligen ska implementation fasen utföras där slutgiltiga koncept ska redovisas i samband med kalkyler på lönsamhet och argument som styrker vardera koncept. Det ska finnas lönsamhetskalkyler för att styrka argumenten och sälja in konceptet för företaget. Därefter ska företaget ta beslut ifall de presenterade koncepten tillför ett värde för företaget och huruvida en investering ska göras eller inte [9].



Figur 2 Bilden illustrerar DTP och hur iteration kan uppstå när de olika områden överlappar varandra. [9]

2.1.3 Forskningsmetodik

Forskningsmetodik är som Fredrik Landström nämner i sin PowerPoint (Forskningsmetodik) [10], "Vägen från fråga till kunskap". Forskning är att utveckla något från fråga till kunskap

genom ett vetenskapligt förhållningssätt. Genom en forskningsmetodik drar man nytta av flera aspekter. Här nedan kommer syftet med att använda forskningsmetodik:

- Lärdom för skrivande av akademiska rapporter
- Hög kvalitet på skrivandet av uppsatser
- Eftersom vi arbetar med att förmedla kunskap, så måste vi lära oss att förmedla denna kunskapen på ett systematiskt och metodiskt sätt
- Utveckla kunskap som är välgrundade och som bygger på goda skäl

För att använda forskningsmetodik måste man välja en metod. Det finns flera olika metoder eller forskningsansatser i forskningsmetodik. Här nedan kommer några av de vanligaste metoderna:

- DRM: "Design research methodology" [11]
- Operational approach
- Analytical approach
- Actors approach [12]

DRM som står för Design Research Methodology är en forskningsansats. DRM är också ett tillvägagångssätt och syftet med metoden är att hjälpa forskningen att bli effektivare. Man kan använda DRM till många olika mål, som exempelvis DRM kan ge riktlinjer för en noggrannare forskning, hjälper till att välja lämpliga metoder och hjälper till att hitta forskningsområden [11].

DRM består av fyra steg: *Research Clarification*, *Descriptive Study I*, *Prescriptive Study (PS)* och *Descriptive Study II*. I figur 3 kan man se kopplingen mellan dessa fyra stegen. Basic means och main outcomes finns i varje steg, alltså varje steg har grundläggande medel och det man får ut som resultat [11].

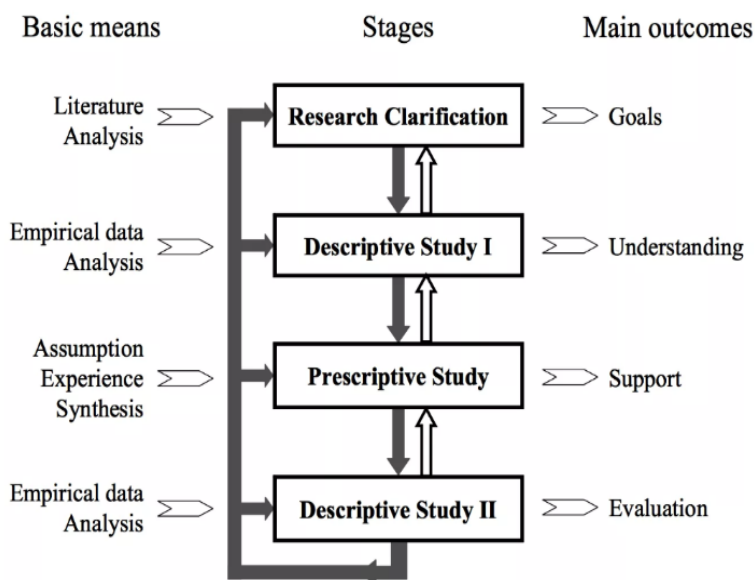


Figure 2.1 DRM framework

Figur 3. Visar DRM:s fyra olika steg, vad som krävs för varje steg och vad resultaten blir utav varje steg [11]

Research Clarification (RS): I detta steget försöker forskaren att leta reda på bevis som stöder de antagande som man behöver för att formulera ett värdefullt och realistiskt forskningsmål. För att hitta bevisen, brukar forskarna söka i litteraturen för att hitta faktorer som har direkt påverkan på uppgiftsförklaringen och produktsuccén. Speciellt faktorer som länkar dessa två ihop. Genom resultaten kan man skriva en beskrivning av situationen just nu och den önskade resultaten, för att kunna göra antaganden till varje beskrivning [11].

Descriptive Study I (DS-I): I andra steget som är det beskrivande studiet, har forskarna kommit så långt att man har en klar bild på mål och fokus. I detta steget granskar forskarna beskrivningen för situationen just nu för att göra beskrivningen så detaljerad som möjligt. Detta för att man ska kunna se vilka av faktorerna som behöver åtgärdas och därefter kunna förbättra uppgiftsförklaringen. Men med bara litteratursökningen kommer forskarna inte att få tillräckligt med bevis och det kommer dem att inse i detta steget. Forskarna kommer istället att få observera och intervjua personalen på jobbet för att få så bra förståelse av dagens situation innan man kan gå vidare till nästa steg som är att utveckla något sorts stöd för dessa faktorer. När man har ett logiskt resonemang, som stöds av litteraturen, kan forskarna gå vidare till Prescriptive Study steget [11].

Prescriptive Study (PS): I det tredje steget, här använder forskarna sin ökade förståelse på den nuvarande situationen som man har fått från förra steget, för att ändra och utveckla sin beskrivning som man hade på det önskade resultaten som man vill uppnå. Med denna beskrivningen kan forskarna ta upp en eller flera faktorer från den nuvarande situationen och som skulle leda till att den önskade resultaten uppnås. Forskarna gör på det sättet att man utvecklar olika scenarier genom att ändra på den riktade faktorn eller faktorerna. Forskarna fokuserar på att förbättra kvaliteten och det är den mest lovande faktorn att ta tag i. Detta gör man eftersom kvalitetsförbättringen bör minska antalet modifieringar vilket kommer att minska designtiden och som i slutändan kommer att förkorta tiden till marknaden. Med detta bör man öka produktsuccén som kommer resultera med en ökad vinst. Nu kan forskarna börja med den systematiska utvecklingen av något stöd för att förbättra kvalitén. För att kunna utveckla stödet på ett systematiskt sätt, kommer forskarna att följa en designmetodik [11].

Descriptive Study II (DS-II): I det fjärde och sista steget undersöks stödet. Forskarna undersöker om stödet förverkligar den förväntade resultaten. Undersökningen görs genom två studier. Ena studien handlar om att bedöma stödets tillämplighet och om den förverkligar kvalitetsfrågan. Den andra studien handlar om att bedöma användbarheten, alltså om framgången har uppnåtts. Forskarna vill i detta steget veta om huvudfrågorna har uppfyllts alltså att mindre tid spenderas på modifieringar och att man har fått minskade tider till marknaden. Studierna kommer att visa att stödet är tillämplig men att användbarheten inte är som förväntat. I detta fallet kommer forskarna att dra slutsats att deras koncept är lovande men att det kommer behövas fler undersökningar av nuvarande situationen och att man får anpassa den önskade resultaten innan konceptet kan förbättras. Ett återbesök på DS-I steget rekommenderas [11, 12, 13].

Kvantitativ och kvalitativ

Vid en forskning kan man se på ett problem ur två olika perspektiv. Den ena perspektiven är kvalitativt och den andra är kvantitativt. Man får välja det perspektiv som passar bäst med vad man har för syfte. När man väljer något utav kvalitativa eller kvantitativa data, då väljer man bara egenskaperna som har samlats i forskningsprojektet. Dem olika perspektiven ger helt olika experiment. Ett exempel är om man vill veta hur människor känner efter de har ätit godis då använder man kvalitativt, medan vill man göra en forskning på hur många människor som äter

godis då använder man kvantitativt. Den kvalitativa forskaren är subjektiv, har ganska så mycket kontakt med försöksperson, flexibel forskning, djupa resultat och specifika frågeställningar. Medans den kvantitativa forskaren är objektiv, lite eller ingen kontakt alls med försökspersonen, en strukturerad forskning, entydig formulerat frågeställning och generellt resultat [14].

Vid kvalitativ forskning använder man sig av metoderna nedan:

- Intervjuer
- Observationer
- Texter
- Litteraturstudier
- Fokusgrupper

Vid kvantitativ forskning använder man sig av metoderna nedan:

- Indirekt observation
- Enkätundersökningar
- Bortfall
- Register
- Strukturerade intervjuer [14]

2.2 Projekt Teori

2.2.1 DRV – Bromsregulator/slack adjuster

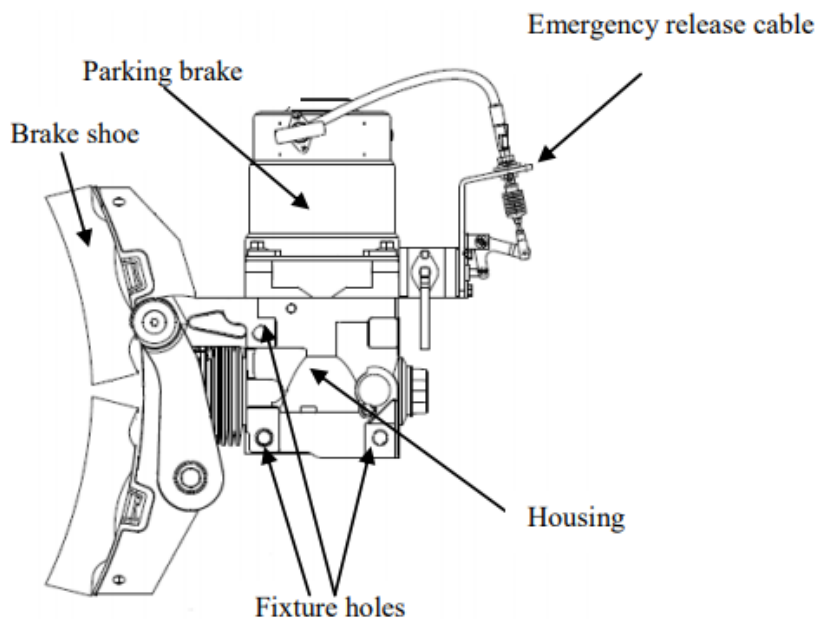
DRV är modellnamnet för bromsregulatorn/slack adjuster som sitter monterad inuti BFC bromsen och har i uppgift att reglera avståndet mellan bromsbelägg och hjul. Kunden beställer en BFC broms med ett önskat ”a-mått”, avståndet mellan bromsbelägg och hjul. DRV:en är fullständigt mekaniskt styrd. Med tiden blir det slitage på bromsbeläggen vilket medför att avståndet mellan belägg och hjul blir större än det önskade, därför finns DRV:en för att konstant reglera avståndet och hålla det önskade a-måttet.

2.2.2 BFC

Idag använder FTNAB flera olika bromsar och den vanligaste typen är BFC som står för ”Brake friction concept”. Denna typen av tågbröms kommer i olika storlekar och versioner. Detta eftersom FTNAB anpassar varje ny broms som tillverkas till kundens specifika behov.

En översikt på vad BFC:n består av, huset som är i mitten innehåller alla regulatoriska delar och spindelns. Spindelns uppgift är att trycka på bromsen och så trycks bromsbelägget framåt. Dessutom har husets framsida ett antal hål som ska passa med tågets struktur. BFC är en pneumatisk driven broms, detta innebär att den drivs av lufttryck.

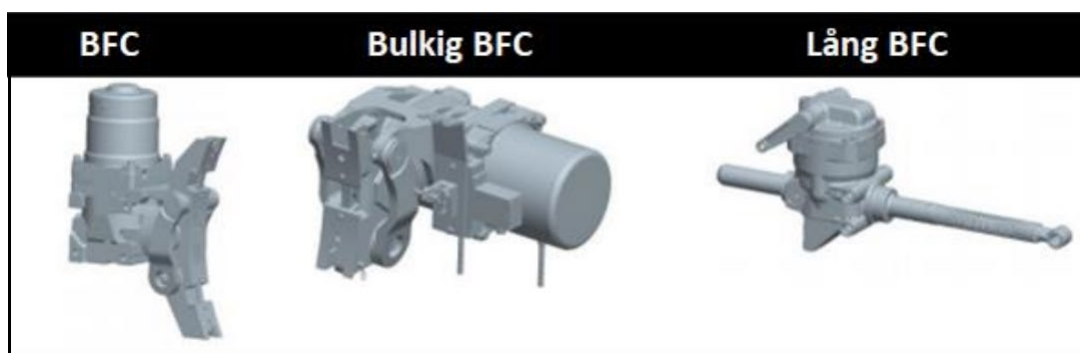
Vanligtvis så brukar en BFC innehålla också en parkeringsbroms som ser till att tåget inte rör sig när tåget har parkerats. Denna parkeringsbromsen är också pneumatisk driven men till skillnad från servicebromsen, så bromsar parkeringsbromsen även om lufttrycket sjunker. Det ända sättet och lossa bromsen är att dra nödutlösningkabeln för hand eller med en manuell styrd enhet. I figur 4 kan man se de olika delarna på BFC och var dem har sin position [15].



Figur 4. En BFC broms med parkeringsbroms. Pilarna indikerar de essentiella delarna i en BFC broms

BFC bromsen är förinställd med flera egenskaper som exempelvis max/min kraft, max läckage och avstånd. BFC bromsen är förinställd att hålla ett avstånd mellan bromsbelägg och hjul, detta avstånd har benämningen A-mått. Med tiden så slits bromsen och då blir avståndet större men med hjälp av DRV så hålls det förinställda A-måttet hela tiden. DRV har som uppgift att rätta till avståndet när avståndet blir annorlunda än det förinställda avståndet.

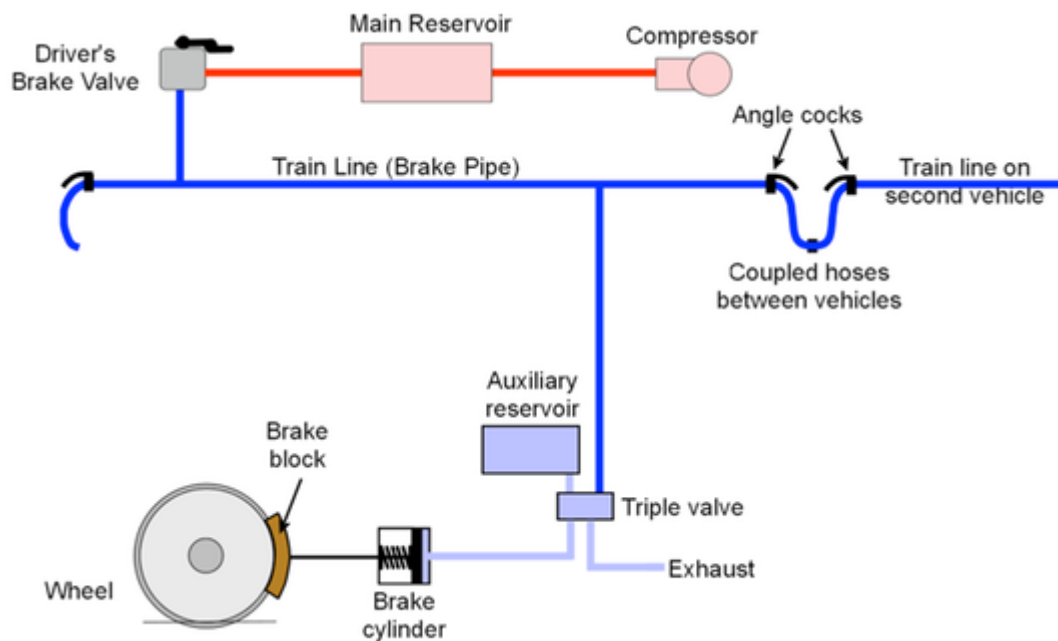
I figur 5 finns tre olika BFC-typer som FTNAB bland annat levererar. Den första till vänster är den vanligaste modellen av BFC, därefter kommer BFC med parkeringsbroms som är likadan som den vanliga BFC men har ett extra hus där parkeringsbromsen ligger i. Längst till höger i figur 5 finns den långa versionen av BFC, det som skiljer denna långa BFC från den vanliga BFC är att den har en förlängd bromsaxel och att den har inga bromsbelägg. Denna långa bromsaxeln är konstruerad så att den främre ögla fästs till tågets bromsanordning [15].



Figur 5. Visar tre olika BFC typer. BFC:en som är åt vänstra sidan av bilden är en vanlig BFC utan extra utrustning. BFC:en som är i mitten har en parkeringsbroms och BFC:en åt högra sidan av bilden är en längre version av BFC [15]

Bromsstyrkan för de tre BFC typerna uppnås genom kil principen. Principen går genom att lufttrycket trycker ner kolv huvudet nedåt och då kommer bromsbelägget pressas direkt mot

tågets hjul och i sin tur kommer tåget sakta ner. Det är vinkeln på kilen som bestämmer hur kraften förstärkas i bromsens riktning.



Figur 6. Beskriver enkelt hur ett pneumatiskt bromssystem på ett tåg funkar [16]

I figur 6 kan man se hur det går till från att föraren av ett järnvägsfordon bromsar till att bromsbelägget tar i hjulet och fordonet stannar. Det som händer är att när föraren trycker på bromsen så tillförs lufttryck i systemet och då trycks spiralen i bromscylindern. Eftersom bromsbelägget är kopplad till bromscylindern så kommer bromsbelägget tryckas framåt när bromscylindern är intryckt och då tar bromsbelägget på hjulet, som i sin tur stannar.

2.2.3 Pneumatik

Pneumatik är fenomenet där man använder sig utav reglering av lufttryck för att i sin tur styra olika mekanismer. I många tåg använder man sig utav pneumatiskt styrda bromsar, redan 1869 togs det första patentet på lufttrycksbromsar för tåg av den amerikanska George Westinghouse. [17]

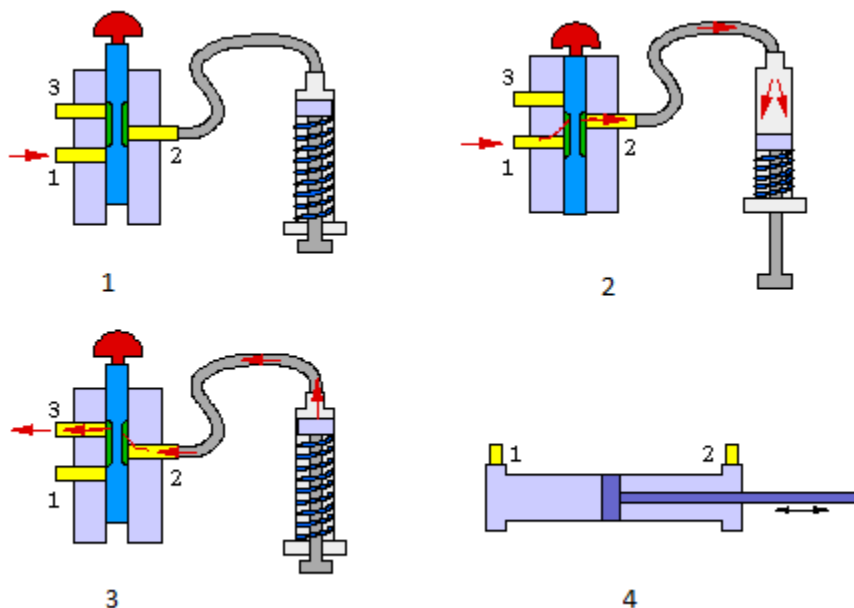
Luften kan regleras med hjälp av ventiler och styrningen av ventilerna kan antingen ske via handkraft eller med hjälp av elektroniska signaler. I figur 7 illustreras fyra bilder där bild ett till tre demonstrerar funktionen på ett simpelt pneumatiskt styrt system. Antag att lufttryck ansluts till uttag ett på första bilden. Då är luftens väg stängd i just det läget och kolven är i inskjutet läge på grund av fjädern samt att förbindelsen mellan resterande portar står öppen [4].

Går man vidare till bild två i figur 7 så illustreras vad som händer när man trycker på den röda knappen. Då öppnas förbindelsen mellan port två och tre, luften styrs då ut via port två och in i cylindern där lufttrycket trycker ner kolven samt komprimerar fjädern. Följande rörelse kan användas för att exempelvis skjuta fram en bromsande yta mot ett objekt i rörelse för att sakta ned eller stoppa rörelsen [4].

Släpper man den röda knappen så kan vi se på bild tre i figur 7 att kolven åker tillbaka och luften leds ut från port två till port tre. Kolven trycks tillbaka tack vare fjädern som fjädrar tillbaka, på sådant sätt trycks luften ut [4].

På fjärde bilden i figur 7 illustreras ett exempel av en pneumatiskt styrd mekanism där man inte använder sig utav någon fjäder. Utan man använder sig utav tryckluft på båda sidorna utav kolven, därefter reglerar man lufttrycket beroende på vilken riktning man önskar att kolven ska förflyttas [4].

Pneumatik och hydraulik är liknande fenomen men skillnaden är att hydraulik styrs utav vätska. I båda system finns det en risk för läckage. Läckage i hydraulik orsakar att vätskan hittar en väg ut från systemet vilket orsakar nedsatt funktion. Läckaget i pneumatik orsakar att luften hittar en väg ut från systemet vilket orsakar förlorat tryck och resulterar i nedsatt funktion. I verkligheten är det svårt att komma undan läckage, läckage kan uppstå på grund av att ett hårstrå från en montör faller mellan en packning och orsakar ett läckage vid drift. Produkterna som levereras kommer med en specifikation på hur mycket läckage de får ha utan att det påverkar funktionaliteten [4].



Figur 7. Bilden illustrerar funktionen av en enkelverkande pneumatiskt styrd cylinder i tre olika steg. I fjärde steget visas en enkel modell av en dubbelverkande cylinder där luft styr både tryck- och drag läge [4]

2.2.4 Provbänk

En provbänk kan delvis användas för att testa en produkt innan produkten levereras till kunden, detta för att säkerställa att produkten lever upp till specifikationerna som utlovas. En provbänk i allmänhet har i uppgift att simulera miljön där produkten kommer att användas. En provbänk kan användas på färdigbyggda produkter där sista steget i produktionsprocessen är att gå

igenom en provbänk för att utföra en form av besiktning för produkten. En annan typ av provbänk används för att undersöka ”extrem” lägen där produkten går igenom tuffare tester innan den lanseras, så kallade utmattningsprov. Syftet med sådana tester är att undersöka vilka gränser som råder för att kunna ge en realistisk produktspecifikation till kunden. Sådana typer av tester hjälper även till att identifiera faktiska livslängden på komponenterna som ingår i en produkt samt ställa krav på serviceintervall. Testerna kan vara upp till flera år.

Provbänkar kan se olika ut beroende på vilket syfte de ska fylla. Det finns mängder med olika provbänkar, vissa är anpassade för en viss produkttyp och andra är mer generella och mer parameter specifika.

Äldre provbänkar var manuellt drivna, de flesta utav dagens provbänkar är automatiserade. De styrs utav en PLC som driver provbänken. PLC:n i sig drivs utav en mjukvara som är speciellt designad för ändamålet som önskas av företaget. Kalibreringen av provbänken är av hög prioritet då det direkt påverkar resultatet av produkterna som levereras. På FTNAB kalibreras provbänkarna var tredje månad och det sker via interna resurser.

2.2.5 Pneumatisk Provbänk

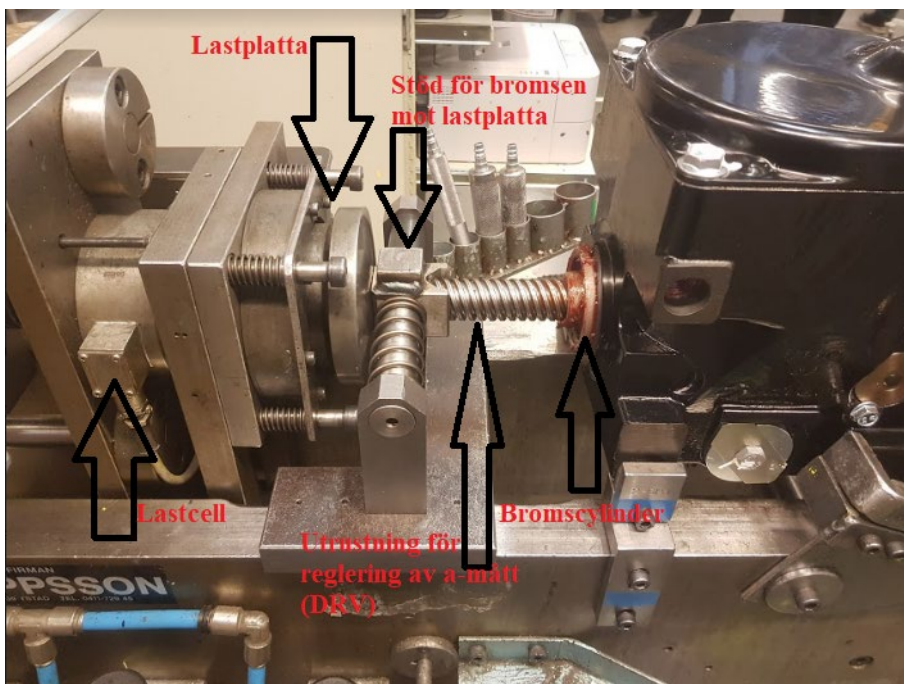
En provbänk för pneumatik styrs av lufttryck, den är avsedd för att prova produkter som drivs utav pneumatik. Anläggningen är utrustad med ett trycklufts skåp som genererar ett lufttryck likvärdigt som lufttrycket i den verkliga arbetsmiljön för produkten. Produkten monteras fast på provbänken och luftslangarna kopplas till, därefter sker styrningen automatiskt via en dator. Beroende på hur en produkt är utformad och vilket syfte den uppfyller finner man olika parametrar intressanta att undersöka under en ”bänkning”. Exempelvis vid bänkning av en pneumatisk broms så kan det vara av relevans att undersöka avståndet bromsytan färdas ut samt med vilken kraft det sker beroende på ingående tryck. Oftast finner man ett max och minvärde på vad de önskade parametrar får ligga mellan för att uppfylla den angivna kravspecifikationen. Vid under- eller överskridande av extrem gränserna varnar systemet och visar att testet inte är godkänt. Då är produkten inte i godkänt skick för leverans till kund. I vissa fall kan det vara att själva provbänken har tappat kalibreringen och visar därmed fel värden, detta kan konfirmeras enbart vid ett kalibrerings tillfälle då man alltid jämför värdena från den nya kalibreringen med det föregående värdet. Upptäcker man att avvikelser är höga så bör man göra en riskanalys på alla produkter som levererats under den tiden. Riskanalysen avgör huruvida en återkallelse av produkterna bör göras eller inte. Detta är inget scenario man önskar som leverantör inom säkerhetsrelaterad utrustning då det kan påverka ett företags rykte. Därför är det viktigt att ständigt se till att provbänkarna håller en stabil form.

2.2.6 Pneumatisk provbänk för BFC

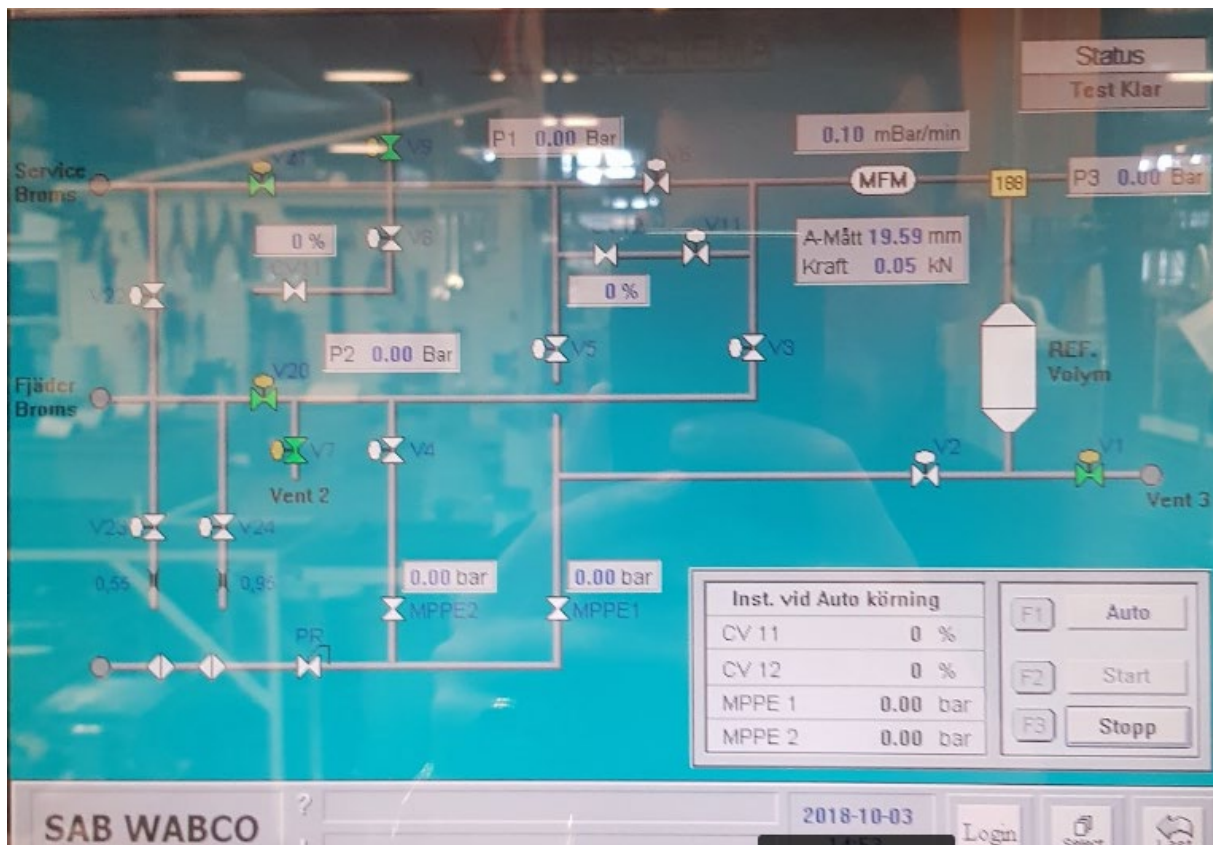
En utav provbänkarna som finns på FTNAB är avsedd för deras vanligaste produkt, BFC bromsen. Provbänken är av typen EOL det vill säga den utför testet på produkter som nått slutet av produktionslinjen. Här monteras BFC bromsen på provbänken sedan justeras bromsen manuellt för att hitta ”a-måttet” för den specifika bromsen. Därefter ska bromsen utsättas för ett två cykels test, under testet tillförs ett förbestämt tryck vilket driver bromsen. Med ett två cykels test menas att bromsen går igenom två cykler för simulering av en potentiell inbromsning. Under testet mäter olika givare på provbänken tre olika parametrar, avstånd mellan broms och hjul (a-mått, mm), kraften som bromsen trycker med mot lastcellen(kN) och hur stort läckage som finns i systemet (mbar/min). För varje parameter finns det ett intervall

som bromsens utslag måste ligga inom för att bromsen ska uppfylla kraven som utlovas. Provbänken är automatiserad och utför själva testet med hjälp av datorstyrning. Den manuella inställningen behöver ske för att specifikationerna kan variera mellan varje broms. Operatören skickar serienumret som står på bromsen till ledningen och där bekräftas serienumret. Därefter skickar ledningen specifikationerna till datorn och då behöver operatören bara köra igång programmet. Alla resultat från proverna skickas till ledningen där de kan undersöka resultaten på parametrarna.

I figur 8 kan man se en provbänk med en BFC broms som håller på och testas på provbänken. Pilarna som finns på figuren visar de olika delarna i provbänken. En provbänk har en lastcell som ger utslag vid en kraftbelastning. Provbänken har en lastplatta som figur 8 visar och det är där som bromsen kommer i kontakt med provbänkens lastplatta. Från bromscylindern som sitter i bromsens utsida sticker (DRV:n) ut och genom att justera (DRV) så reglerar man a-måttet.



Figur 8. Visar ett test utav en typ av BFC broms utförd i provbänken



Figur 9. Visar pneumatiska styrningen för provbänken. I figuren kan man se olika ventiler som används för att dirigera luftflödet genom de önskade kanalerna. Noderna längst ut till vänster indikerar kopplingarna till bromsens luftintag

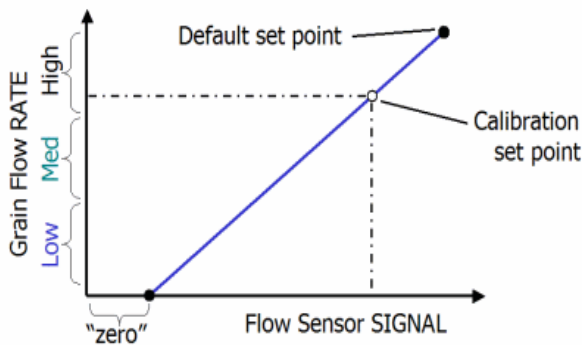
2.2.6.1 Specifikationer för BFC provbänk

Provbänken har kapaciteten att mäta krafter mellan 5–100 kN men vanligtvis brukar operatörerna testa bromsarna i provbänken på en kraft mellan 15–33 kN. Provbänken kan även mäta en horisontell rörelse upp till 25 mm eftersom en TRS25 lägesgivare är kopplad på provbänken. När bromsen testas så är avståndet mellan bromsen och provbänken 5–13 mm. Det maximala lufttrycket som provbänken kan trycka med är sju bar men operatörerna brukar utnyttja 2–4 bar när bromsarna testas. Provbänken har ett tillåtet läckage mellan 0–10 mbar/min. Efter en testning av en broms avläses dem olika värdena med hjälp av en PLC-dator.

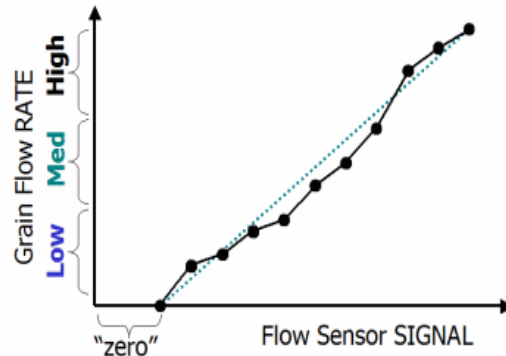
2.2.7 Grundläggande allmän kalibrering

De flesta mätinstrument som tillverkas idag kalibreras före leverans, detta utförs för att säkerställa att mätinstrumentet ger en så precis mätning som möjligt. När ett mätinstrument kalibreras så jämför utslagen av mätningen mot ett givet standardvärde. Beroende på hur hög precision som krävs så kan avvikelser skilja sig mellan olika mätinstrument samt vilken funktionalitet de ska uppfylla. Vid kalibrering ställer man in mätinstrumentet så att det ligger inom ett önskat intervall. Vid kalibrering vill man uppnå ett linjärt samband mellan mätvärdena, då vet man att osäkerheten är låg och man har en högre noggrannhet i mätområdet.

Near-linear calibration curve

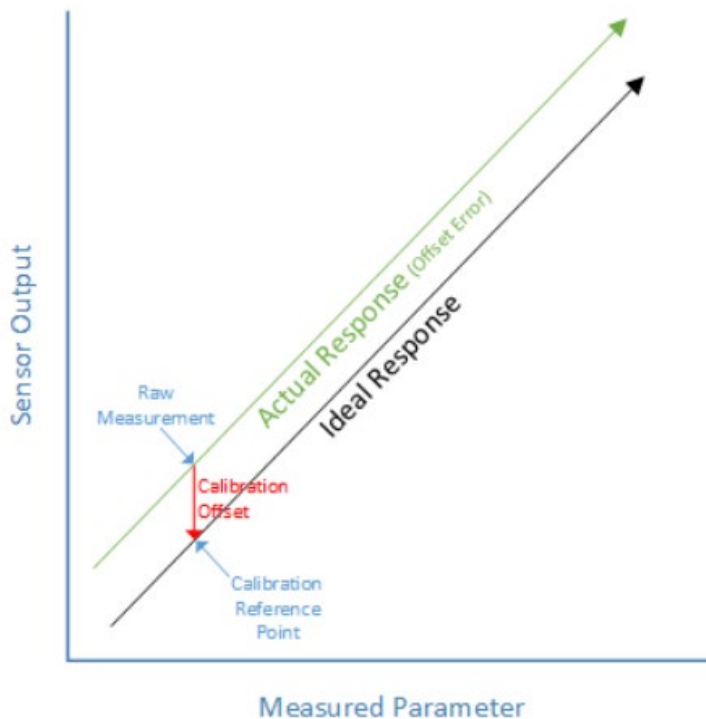


Non-linear calibration curve



Figur 10. Visar två möjliga utfall på linjäriteten hos en givare som befinner sig i två olika skick. Vänster om kan man se en givare som har kalibrerats för att ha högt linjärt förhållande. Höger om kan man se en givare med icke linjär kalibrering [18]

I vissa fall kan en sensor ha ett linjärt samband mellan sina utfall men av någon anledning kan kalibreringen ha hamnat utanför och då strävar man efter att korrigera "offseten" så att värdena stämmer, se figur 10.



Figur 11. Visar hur en givare kan vara linjärt kalibrerad men den är utanför den önskade kalibrerings referensen. I detta fallet behöver givaren korrigeras för att få bort "offseten" [19]

När ett mätinstrument används ute i industrin, speciellt i industrier där man producerar säkerhetsrelaterad utrustning då är precision ytterst viktigt för att säkerställa att man levererar den kvalitén man lovar. För att ett mätinstrument som exempelvis en provbänk ska hålla så hög precision som möjligt krävs det att man regelbundet ser över kalibreringen av provbänken. Kalibreringen kan tappas på grund av många faktorer såsom slitage i provbänken, det kan vara

vid olyckor eller stötar och miljön runt omkring kan påverka exempelvis om det skulle vara dammpartiklar vid givarna på provbänken. Vissa faktorer kan leda till större avvikelser i mätresultaten än vad andra gör.

Varför behöver sensorer kalibreras? Idag har vi många bra sensorer men i en viss användning av sensorerna krävs mycket mer noggrannhet än andra. Eftersom inga sensorer är perfekta så måste sensorerna kalibreras när felmarginalen blir märkbara hos användaren. Ett exempel är att ta två likadana sensorer från samma tillverkare och då kommer man kunna se olika avläsningar på sensorerna. En annan orsak är att sensorn är bara en komponent i mätsystemet och de finns andra komponenter som är kopplade till mätsystemet och som kan påverka mätningarna.

Tre viktiga begrepp som används frekvent när det talas om ett visst verktygs kalibrering är noggrannhet, repeterbarhet och linjäritet. Ibland kan man även finna begreppen under specifikationerna för olika mätverktyg. Begreppen kan misstolkas då definitionerna för begreppen är nära varandra. Exempelvis kan man titta på linjära cylindrar. När man syftar på noggrannheten på cylindern så menar man hur hög förmåga cylindern har att alltid skjutas ut till den angivna positionen. Exempelvis kan en cylinder som är utformad för att alltid nå en slaglängd på 50mm vara en cylinder med hög noggrannhet. Skulle man vilja nå halva slaglängden med samma cylinder då är noggrannheten inte lika hög. Noggrannheten anges för ett visst specifikt löst värde/position/kraft. Är syftet att använda ett verktyg för att nå ett visst specifikt värde och endast det, då är det fördelaktigt att använda sig av verktyg med hög noggrannhet.

Syftar man däremot på repeterbarheten så menar man hur hög förmåga cylindern har för att uppnå en exakt position gång efter gång. En cylinder som är utformad för att ha hög repeterbarhet är en cylinder som kan gång på gång uppnå ett önskat värde. Exempelvis så vill man varje gång uppnå slaglängden 25mm då kan cylindern gång på gång uppnå den slaglängden med en viss felmarginal givetvis. Efter en cykel på 100 gånger vill man uppnå en slaglängd på 30mm och då kommer cylindern kunna uppnå det värdet gång på gång.

Det tredje begreppet linjäritet brukar användas för att ange felmarginalen på en mätning med avseende på hela mätområdet som verktyget eller cylindern klarar av. Exempelvis vid angivning av en linjäritet på 0,1 % på en lastcell som mäter från 2kN-100kN, då menar man att felet i en mätning är 0,1 % över hela mätskalan. Mäter man på 100kN så är felmarginalen 0,1% och mäter man på 5kN är felmarginalen fortfarande 0,1% av mätvärdet.

Beroende på vilken typ av applikation man vill använda verktygen till kan intresset kring de tre olika begreppen variera. Det är viktigt att identifiera vilken typ av applikation man har och vilket syfte den specifika applikationen har. Utifrån syftet kan man utgå ifrån vilken parameter som är mest fördelaktig för syftet.

Accuracy and Repeatability in Linear Actuators

Separate, but related, concepts



High Accuracy AND High Repeatability

Accuracy is the ability of a linear actuator to reach a commanded position. If an actuator is highly accurate, it will exhibit a high degree of repeatability as well.



High Repeatability, but Lower Accuracy

Repeatability is the ability of a linear actuator to reach the same position time after time. Repeatability is often what's needed in an application rather than accuracy.



Lower Accuracy and Lower Repeatability

There are applications where positioning tolerances are wider. In those instances lower degrees of accuracy and repeatability are acceptable.

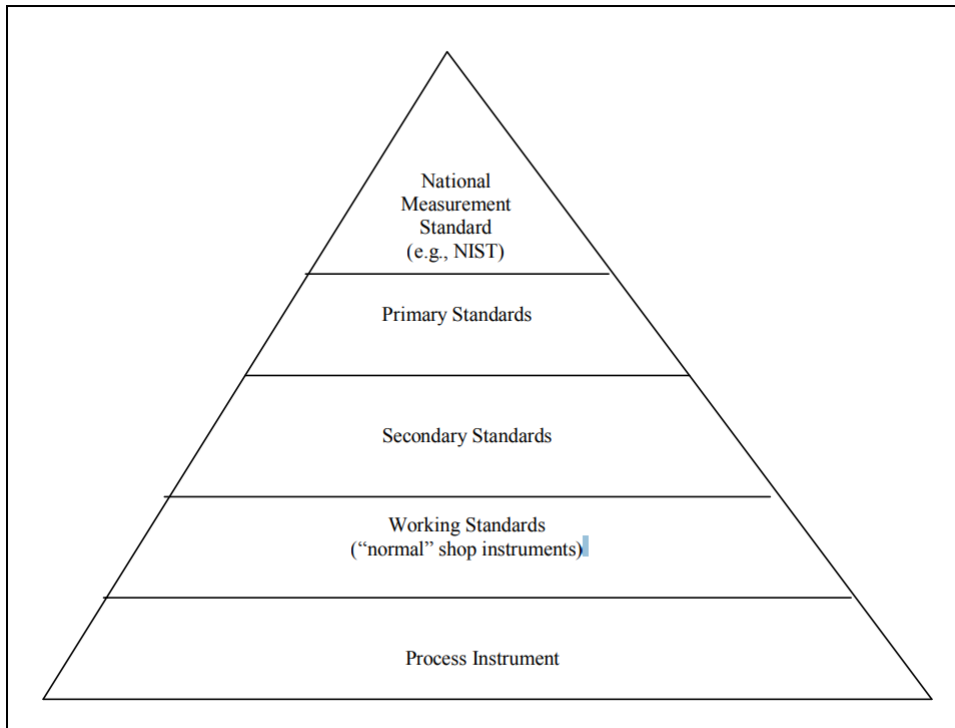
© 2015 TOLOMATIC

Figur 12. Illustrerar ett exempel på skillnaden mellan noggrannhet, repeterbarhet och linjäritet [20]

Till varje kalibrering ska en specificerad tolerans finnas. Denna toleransen finns så att man kan se när kalibreringen ska göras. Ett exempel är om en maskin ger ut 1000 newton i kraft och har en tolerans på ± 20 newton då ska maskinen kalibreras om värdet överstiger 1020 newton eller understiger 980 newton. När man sätter kalibreringstoleransen för ett objekt så ska det sättas efter några viktiga faktorer [21]:

- Krav från processen
- Tillgänglighet av testutrustning
- Konsistens med liknande verktyg på ditt företag
- Tillverkarens angivna tolerans

Kalibreringen ska alltid genomföras efter ett nationellt eller internationellt erkänd standard om utrustningen kräver en sådan grad av kalibrering. Exempelvis så har man i USA, NIST som upprätthåller erkända standarder. Det som menas med att kalibreringen ska utföras spårbart till en erkänd standard är att kalibreringen ska göras gentemot en lämplig standard, alltså en referensstandard med "högre nivå". Dessa referensstandarder som vi köper och som brukar ha en NIST-märkning, är testade i standardlabb som har mer exakta provutrustning. Denna testningen görs för att säkerställa att referensstandarderna ligger inom sitt kalibreringsintervall [21].



Figur 13. Visar spårbarhetens pyramid. Det vill säga att kalibrera en produkt stegvis till att den når sista och högsta nivå som är NIST standarden [21]

2.2.8 Kalibrering lastcell

Lastceller har många användningsområden bland annat så används lastceller i provbänkar för att mäta på kraften som uppstår vid belastning av en produkt under ett test. För att man ska ha hög noggrannhet i mätningen krävs det att kalibreringen ständigt ses över. Lastceller som är korrekt kalibrerade brukar nå en noggrannhet mellan 0.03-1% beroende på typ av lastcell. Själva lastcellen kan man betrakta som en typ av transduktor som omvandlar uppmätt kraft till en elektrisk signal och oftast är den signalen enbart några millivolt och behöver förstärkas innan ett mätresultat kan användas. Kraften omvandlas till elektrisk signal genom en givare som mäter på lastcellen [22].

Ett standard kalibreringstest prövar repeterbarheten och linjäriteten i resultatet av systematiska mätningar och det gör man för att bestämma noggrannheten. Den mest förekommande metoden för kalibrering av lastceller är '5 stegs' metoden eller så kallade fler-stegs metoden. I '5 stegs' metoden utsätter man lastcellen för kända laster stegvis och läser av utfallen för varje steg. Exempelvis, en lastcell med kapacitet på max 100 kg skulle man utsatt för följande fem laster 20, 40, 60, 80 och 100 kg. Processen repeteras två gånger om för att sedan jämföra skillnaden i resultaten och därefter kunna bestämma noggrannheten på lastcellen. När avvikelsen är bestämd kan lastcellen kalibreras om enligt standardkalibreringen. Det är omöjligt i verkligheten att kalibrera ett mätverktyg för 100% noggrannhet därför brukar mätverktyg komma med en specifikation som utger noggrannhet i samband med en felmarginal på en viss procentandel [22].

2.2.9 Kalibrering avståndsgivare

En avståndsgivare används när man vill veta ett specifikt avstånd och i vårt fall avståndet som är mellan bromsen och provbänken. Avståndet måste vara precis likadan varje gång man testar bromsen i provbänken. Avståndet kan ha små felmarginal men det brukar stå på bromsens dokument om hur stor felmarginal avståndet får ha.

Med tiden blir det större fel på värden från provbänken, detta eftersom det finns många faktorer bakom varför provbänkens precision blir sämre. I såna fall behöver provbänken kalibreras och då behöver man ett verktyg att kalibrera provbänken med. Idag finns det olika sätt att kalibrera avståndet på. Ett vanligt sätt som man idag kalibrerar avståndet på när det gäller provbänkar, är att man använder en passbit. En passbit är en måttsats som är gjord av hårt stål och som är precisionsslipad. Denna passbiten är gjord för att kunna användas i kalibreringar, måttinställning av mätverktyg, mätapparater och med mera. Det finns passbitar i många olika storlekar. Passbitarna kommer i sats där det kan förekomma storleksskillnader mellan två passbitar på en mikrometer, så att det ska finnas exakta storlekar till det man begär [23, 24].

2.2.10 Kalibrering av tryckgivare och läckage i systemet

En ”trycktestare” används vid kalibrering av tryck. Trycktestaren har en slang som kan anslutas till systemets lufttrycksanordning, genom den slangen kan testaren läsa av trycket i systemet med högre noggrannhet än systemets tryckgivare. Genom att stänga vissa ventiler i ett system kan man bestämma färdvägen för luftflödet i systemet. Då kan man ansluta sin trycktestare på lämplig plats där luften flödar genom. Därefter använder man som vid andra kalibreringar en fler-steps-metod där man manuellt ställer in trycket och mäter av utslaget från systemets givare och kalibreringsutrustningen. Alla resultat dokumenteras för att därefter kunna justera tryckgivaren utefter avvikelserna som uppstått. I vissa fel är själva givaren trasig och behöver bytas ut.

Tryckgivare kan även användas för att mäta ett läckage i ett system. Kalibrering av tryckgivare för läckage är liknande tillvägagången för att kalibrera tryckgivare för lufttrycket i ett system. Liknande utrustning ansluts på önskad väg i systemets flödeskanaler. Med hjälp av utrustningen kan man skapa ett önskat läckage för att sedan jämföra med resultaten som tryckgivaren ger utslag för. Därefter används fler-steps-metoden och på samma sätt justeras givaren [25].

2.2.11 Kalibrering av BFC provbänk

Kalibreringen av alla provbänkar på FTNAB sker internt av labbingenjörerna. Kalibreringen av den specifika BFC provbänken innehåller ett flertal steg. Alla givare i provbänken kalibreras separat, däremot är metoden vid kalibrering densamma där man gör en fler-steps kalibrering. Man mäter med referensdonet på flera punkter och sedan med själva provbänken för att jämföra resultatet.

Trycket i systemet kalibreras med hjälp av en tryckmätare som är kalibrerad för att vara en referensmätare. Det vill säga att den har högre precision och noggrannhet än provbänkens mätare. Man tillåter ett känt tryck flöda genom den önskade vägen i systemet, därefter kopplas tryckmätaren för att se om mätningen stämmer överens med provbänkens. Trycket kalibreras

först då det är den avgörande faktorn i ett pneumatiskt system och därför vill labbingenjören säkerställa först att det stämmer.

Provbänkens lastcell kalibreras med hjälp utav en annan lastcell som används som referens. Referens lastcellen har bättre precision och noggrannhet, den kalibreras i en tryck- och dragprovare. Vid kalibrering av provbänkens lastcell används en modifierad BFC broms, den är modifierad på så sätt att referens lastcellen ersätter bromsbeläggen. När man lägger på ett tryck kommer lastcellen att skjutas ut mot provbänkens lastcell och då jämför man värdet från varje lastcell och därefter kalibrerats provbänkens lastcell mot referensen. För kraften gäller gränsvärdet på 200N eller 0,2% av ifrån referensvärdet.

Lägesgivaren eller avståndsmätaren kalibreras genom att använda passbitar. Passbitarna är fysiska referenser som oftast är NIST märkta. Gränsvärdet för att avståndsgivaren bör kalibreras är $\pm 0.05\text{mm}$, det vill säga att om en 15mm passbit testas och provbänken ger utslag för 15.05 eller högre då bör givaren kalibreras [23].

Läckaget i systemet mäts med hjälp av en läckagemätare/apparat. Den kopplas till provbänkens tryckluft därefter skruvas en ventil som ingår i apparatens system och genom att skruva på ventilen så genererar man ett läckage. Läckaget kan avläsas på apparatens skärm och det värdet jämförs gentemot systemets utslag. Gränsvärdet för att läckaget ska kalibreras ligger på ± 0.6 mbar/min och det innebär att ifall en läcka på 6 mbar/min skapas så får det inte skilja mer än ± 0.6 mbar/min på skärmen från 6mbar/min [6, 26, 27, 28, 29].

2.2.12 Standarder och krav

Provbänkarna brukar kalibreras ungefär vart tredje månad och då måste man följa nationella standarder för kalibreringen. En vanlig standard inom kalibrering är ISO 9000. Denna ISO 9000-serien är internationell standard där den bland annat innehåller krav standarder som företagen kan certifiera sig med. Ett av de vanligaste kraven är att när man gör kraftmätningar så ska dem vara väldigt noggranna mäta. ISO 9000 anger också den maximala tiden man får ha mellan varje kalibrering, som är en gång vartannat år. Men många företag som använder lastcell har som en standard att göra en årlig kalibrering för att säkerställa att mätningarna stämmer och är alltid lika korrekta. Noggrannheten är mycket viktigt eftersom de används i säkerhetskritiska tillämpningar. Få av lastcells företagen jämför kalibreringen mellan föregående åren med den aktuella kalibrering, där man kan se skillnaden i noggrannheten. Med denna jämförelse kan företagen välja lämpligare tid för om kalibrering [30, 31].

NIST är organisation där deras uppgift är att främja innovation och industriell konkurrenskraft. NIST har aktiviteter i olika laboratorier i områden som nanovetenskap, teknik, materialmätning med mera. Det har levererats mer än 1300 standard referensmaterial (SRM). Dessa standarder är certifierade och ska ha specifika egenskaper. Dem används som kalibreringsstandarder för mätutrustning, kvalitetskontroll av provbänkar för industriella processer och experimentella kontrollprov [32].

IEC är en organisation som jobbar med att fastställa internationella standarder inom elektronik. Idag används IEC standarder i all internationell handel. IEC publicerar alla internationella standarder för all elektronik.

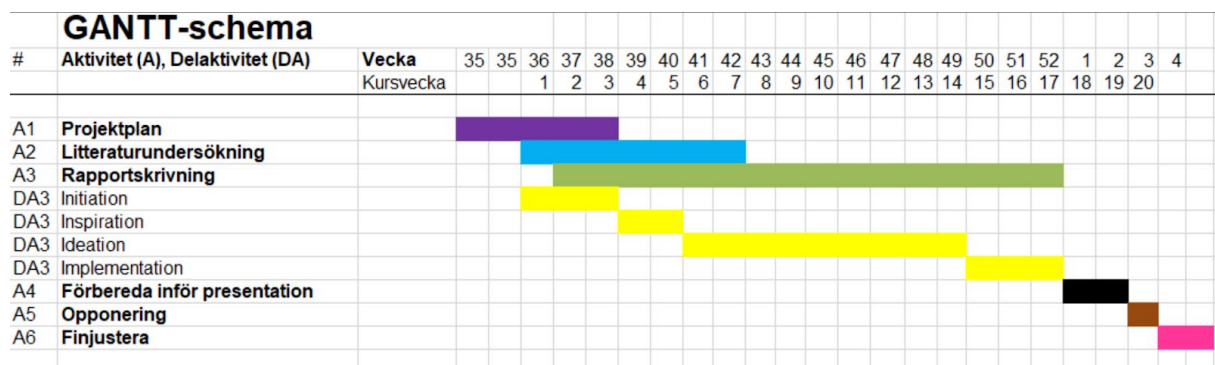
Exempelvis så ser sladdstället med ett vinklat anslutningsdon som den gör efter IEC-standarder [33].

3 METOD

3.1 Planering

3.1.1 Tidsplanering

I början av vårt projekt gjorde vi en planering som vi tänkte följa. Denna planeringen gjordes med hänsyn till att vi följer Design Thinking processen och därför är tidschemat indelat enligt processens olika faser. Men efter att vi ändrade vår processmetodik så insåg vi att vi inte kommer lägga samma tid åt vissa arbetsområden som vi hade tänkt i vår planering. Detta eftersom vissa arbetsområden som exempelvis behovsidentifiering inte behöver mycket tid som det vanligtvis krävs i Design Thinking processen. I GANTT-schemat som visas nedan har vi den uppdaterade GANTT-schemat. Skillnaden mellan den tidigare och nuvarande GANTT-schemat är att inspirationsdelen är två istället för fyra veckor och att ideations delen har ökat med två veckor. Vi har valt att behålla projektindelningen enligt Design Thinking processen för att faserna i projektet i stora drag är liknande för produktutvecklingsprocessen, skillnaden blir då att under produktutvecklingsprocessen kommer ett större fokus läggas på själva design och utvecklingsarbetet av produkten.



Figur 14. Visar den uppdaterade planeringen som vi fick ändra under arbetsgången

3.1.2 Val av produktutvecklingsmetod

Till en början valdes det att arbeta utifrån Design Thinking processen men under ett tidigt skede i projektet har vi insett att Design Thinking process metodiken inte är den optimala att följa för vårt arbete. Vi har därför valt att gå över till en produktutvecklingsprocess men där vi använder vissa verktyg från Design Thinking process, exempelvis trendwatching och tecwatching. Detta på grund av att vårt problem inte kräver större behovsidentifiering och till en större del är det känt hur själva problemet ska lösas. En annan anledning är att Design Thinking process är en iterativ process och till vår del krävs det ingen iterativ process då problemet har delats upp och varje del kommer att lösas för sig själv för att till slut kombinera alla dellösningar och integrera i ett gemensamt objekt. Enbart en typ av iteration kan uppstå och det är mellan ide genereringen och konceptvalet för att kunna identifiera det mest lovande konceptet.

3.1.3 Val av forskningsmetodik

I DRM så är det inte alltid så att man behöver använda sig av alla steg eller att man behöver genomföra varje steg lika djupt. Det kan vara så att i vissa fall är litteraturen tillräckligt för just detta steg medan i andra fall kan det behövas mer nödvändig forskning inom ett fördjupad

studie. Det finns sju möjliga typer av designforskning. Dessa är i avseende på om ett steg kräver en comprehensive studie eller om en review-based studie är tillräckligt. Skillnaden mellan dessa studier är att en review-based studie baseras bara på litteraturens undersökning medan en comprehensive studie innehåller både en litteraturundersökning och en studie som bygger på forskarens resultat. En så kallad initial studie avslutar en forskning och de gör den genom några sista steg. Den visar konsekvenserna av resultaten och förbereder den slutliga resultaten för användning av andra personer. Det som avgör vilken typ av forskning som man kommer genomföra är hypoteserna, forskningsfrågorna, tillgängliga tiden och resurserna. [34]

Vi har valt att använda oss av DRM metoden eftersom den passar bäst med vårt forskningssyfte som är inom design och utveckling.

Research Clarification	Descriptive Study I	Prescriptive Study	Descriptive Study II
1. Review-based	→ Comprehensive		
2. Review-based	→ Comprehensive	→ Initial	
3. Review-based	→ Review-based	→ Comprehensive	→ Initial
4. Review-based	→ Review-based	→ Review-based Initial/ Comprehensive	→ Comprehensive
5. Review-based	→ Comprehensive	→ Comprehensive	→ Initial
6. Review-based	→ Review-based	→ Comprehensive	→ Comprehensive
7. Review-based	→ Comprehensive	→ Comprehensive	→ Comprehensive

Figur 15 Visar sju olika typer av designforskning. Rödmarkeringen indikerar vilken typ av designforskning avhandlingen följer [35]

I detta forskningsprojektet har vi valt att använda oss av den tredje typen av designforskning på grund av tillämpligheten med hur arbetet har gått under forskningsprojektet. Den 3:e typen passar bäst med hur arbetet har gått och då är det i avseende på de fyra stegen (RC), (DS-I), (PS) och (DS-II). Valet av tredje typen handlar om tiden vi har lagt för varje steg och vad som utfördes i stegen. Från första steget (RC) gjorde vi en hel del litteraturundersökning och det fortsatte vi med fram till tredje steget (PS), när vi hade samlat in den kunskapen som behövdes. Då gjorde vi empiriska studier alltså jämförde tillämpligheten och användbarheten av våra koncept och kunde välja det mest lämpliga konceptet. I det sista steget (DS-II) utvärderades resultatet och då jämförs resultatet med kraven som man hade från början.

3.1.4 Val av kvalitativa data

Vi har valt att använda kvalitativa data eftersom den kvalitativa data passar bäst med hur vi har samlat in vår data ifrån. Detta innebär att den kvalitativ data som vi har valt är det perspektiv som vi kommer att samla in kunskapen genom. När man är kvalitativ så är man subjektiv och har specifika frågeställningar och djupa resultat. I forskningen använde vi flera metoder för att undersöka problemet. Vi började med att definiera väl vår frågeställning. Därefter har vi sökt litteratur om vår forskning genom att använda oss av nätet, böcker och patent. Vi har dessutom haft intervjuer med ingenjörer och observerat provbänken.

3.2 Konceptutveckling

3.2.1 Observationer och intervjuer

För att få en bra första insikt i ett projekt är det viktigt att observera och intervjua de viktiga aktörerna som är kopplade till problemet som skall undersökas. Lösningen på ett problem ska vara gynnsamt främst för huvudaktörerna därför är det bra att identifiera vilken målgrupp de är och sedan kartlägga deras behov utifrån den befintliga situationen. Det är ett viktigt första steg i början av ett utvecklingsarbete, när man har en klarare bild av problemet blir det enklare att hitta lösningar.

Till detta arbete har vi på förhand fått tre krav som ska uppfyllas. Det kan uppfattas som abstrakt att jobba utifrån tre krav. Därför har vi haft flera observationstillfällen under de tidiga stadierna av projektet, för att förstå hur provbänken används samt hur operatören påverkas vid arbete. Utöver observationerna har vi intervjuat labbingenjörerna som utför kalibreringar och underhåll av provbänkarna, se tabell 4 för intervjufrågor. Intervjuerna har inte bara givande i form av inspiration utan de har även använts som underlag för vissa delar av teorin. Utifrån observationerna och intervjuerna har vi kunnat formulera behov som behöver uppfyllas. Behoven kommer listas här under:

1. Testobjektet *skall* ha hög noggrannhet vid mätning
2. Testobjektet *skall* hålla hög stabilitet för att ge rätt mätning.
3. Testobjektet *skall* vara säkert att använda.
4. Testobjektet *skall* vara enkelt att använda.
5. Testobjektet *skall* inte sätta större påfrestningar än de befintliga på operatören.
6. Testobjektet *bör* inte påverka operatörens arbetsmiljö.
7. Testobjektet *bör* kräva minimalt med underhåll.
8. Testobjektet *bör* ha standardiserad användnings metod.
9. Testobjektet *bör* inte kräva större utbildning för att använda.

Utifrån behoven har vi kunnat ta fram en kravlista där vi har kompletterat de ursprungliga tre kraven, kraven har blivit rankade i prioriteringsordning samt godkända av handledare på FTNAB. Kraven kommer att vara till användning i senare skedde när slutkoncepten ska utvärderas gentemot hur väl de uppfyller våra krav för att sedan kunna avgöra vilket koncept man väljer att gå vidare med. Se tabell 2 för fullständig kravspecifikation.

3.2.2 Trendwatching

En förekommande trend idag är att en kalibrering utförs oftare än rekommendationerna med syftet att säkerställa att diverse mätdon är i bra skick. Trenden är återkommande inom FTNAB där man sätter interna resurser var tredje månad för att utföra kalibreringar av samtliga provbänkar i produktionen. Provbänkarna är av typen EOL, de är ämnade för att utföra tester på slutprodukter. Trenden kan även finnas inom andra branscher som utvecklar säkerhetsrelaterad utrustning då det kan resultera i stora negativa konsekvenser vid oönskat fel i produkterna. Trenden tillför ett överflöd av tid och resurser i form av slöseri, vilket är negativt ur företagets synvinkel. Genom att undersöka befintliga trender skapar man sig en uppfattning om varför ett visst problem behöver lösas. I vårt fall kan det användas som argument till hur ett utvecklat koncept kan tillföra ett värde för företaget gentemot dagens lösning. En trend som

denna är till för att brytas och för att kunna bryta tankebanorna som är fästa inom denna trendstänkande har vi delvis tagit hjälp av en trend-matris.

Trend-matrisen är ett verktyg där man analyserar trender från då-, nu- och framtiden. Trenden analyseras utifrån olika aspekter som har en påverkan på befintliga trenden. I vår trendmatris under (se bild) har vi tittat på hur kalibrering har utförts i dåtid och nutid samt hur vi tror det kommer att utföras i framtiden. Detta har vi undersökt utifrån tre aspekter, själva teknologin, människorna och krav/förordningar. Trend-matrisen ska hjälpa oss att främja vårt tänkande i trend-brytande och rätt riktning.

Tabell 1. Trendmatris som visar hur olika faktorer i samspel med tidsaspekter har påverkat kalibreringen samt en hypotes på hur framtiden kan se ut

	Dåtid	Nutid	Framtid
Teknologi	Förlitade sig på hantverkets skicklighet och erfarenhet.	Certifierade verktyg som används vid kalibrering.	Självkalibrerande verktyg. Ställer om sig själv vid upptäckt av osäkerhet i måtten.
Människor	Hög risk för fel p.g.a. den mänskliga faktorn.	Lägre risk för fel av mänsklig faktor p.g.a. avancerad teknik som utför det mesta autonomt.	Ingen risk för fel av mänsklig faktor. Kalibrering sker helt autonomt när det behövs av maskinen själv.
Krav/Förordningar	Inga särskilda krav, riskerna vid fel var okända.	Högre krav p.g.a. bättre kännedom för risker och för konsekvens vid olycka.	Förordningar som kräver utrustning med nolltolerans för felmarginaler.

3.2.3 Techwatching

Att undersöka vilka tekniker som finns tillgängliga idag vid kalibrering samt vilka verktyg som finns är ett verktyg som hjälper oss att utvidga våra tankebanor. Vi kan på sådant sätt samla inspiration som kan vara avgörande vid nästa stegs ide generering. Denna inspirations metod kallas för techwatching, det innebär att man tittar på hur kalibrering utförs inom andra branscher, det kan vara liknande branscher eller helt annorlunda. Man vill åt själva tekniken och inte den produktspecifika kalibreringen som utförs. Man kan dra nytta av befintliga tekniker som möjligtvis löser liknande problem. Här nedan följer de tekniker vi har funnit intressanta.

- En ”master calibrated” fjäder som ger ett referensvärde för kraft och avstånd. Vid ett visst lastfall komprimeras fjädern ett visst avstånd. Båda parametrarna är kända och kan användas som referens. Kraften har en avvikelse på $\pm 4N$.

Denna typen av lösning är speciellt intressant för oss då vi kan försäkra oss om att vi får korrekt utslag på kraften från fjädern. Samtidigt som det finns möjlighet att mäta avståndet i samband med kraften. [36]

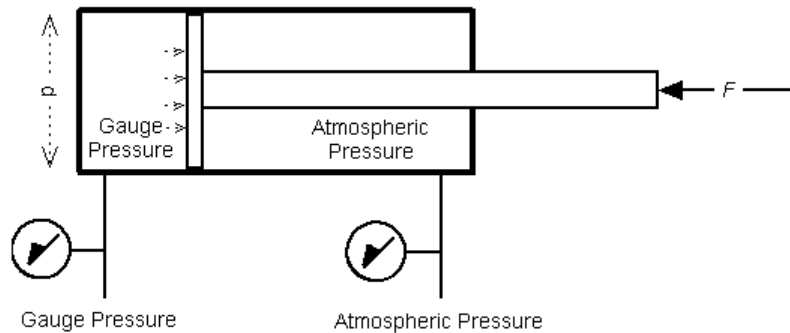
- ”Calibrated leakage” är ventilanslutningar som är kalibrerade för att generera ett visst läckage. Detta leder till att man kan ersätta originalanslutningar för att sedan kunna se om det finns läckor i systemet. Ifall värdet av den kalibrerade läckaget överskrider så vet man att systemet har ett läckage. Denna typen av teknik är av hög relevans för oss då det är i princip samma metod som används idag vid kalibrering av provbänken. Skillnaden är att vid dagens kalibrering används en mer avancerad apparat som kan skapa en läcka precis som ventilen kan. [37, 38].
- Självkalibrering, där man använder själva programvaran för systemet för att kontrollera kalibreringen. Man skickar ut ett antal olika signaler vars referensvärde är känt och sedan jämför man resultatet med referensen.

Denna typen av lösning är intressant för att det är en banbrytande lösning. Projektet förväntas lösas genom användning av ett fysiskt testobjekt, med denna typen av lösning tittar man på helt nya trender. [39]

- Pneumatiskt styrd cylinder som använder sig av lufttryck för att reglera slaget av en kolv inuti cylinder. Med hjälp av en sådan cylinder kan man skapa en axiell kraft med hög precision genom reglering av lufttrycket. Kolven förflyttar sig i ett led fram och tillbaka beroende på vilken sida av kolven lufttrycket appliceras. Cylindrarna är även ISO-godkända. En sådan typ av teknik är intressant för vårt syfte då vi kan skapa en referenskraft med hög noggrannhet. Själva tekniken är enkel och bygger på en enkel modell av pneumatiskt styrd kolv inuti en cylinder, (se teori om pneumatik). [40]

Ett tillbehör som gör föregående teknik intressant är att man kan montera en avståndsmätare som mäter slaglängden på kolven vid applicering av ett visst tryck. På sådant sätt kan en sådan teknik kombineras för att skapa ett referensmått för både kraft och avstånd i en och samma lösning. [41]

Utöver att en pneumatiskt styrd cylinder är en intressant teknik så är den väldigt simpel. Den bygger på en enkel princip. Se figur 16, konstruktionens mekanism bygger på en formel $F = pA = p * \frac{\pi d^2}{4}$, där F står för kraften (N), p står för det applicerade trycket (N/m²) och A står för arean på kolvensyta. Genom att bestämma en diameter och ett önskat tryck kan man skapa en cylinder som genererar en specifik kraft vid varje kolvslag. [42]



Figur 16 visar en enkel modell av en pneumatisk cylinder [43]

- Idag finns det flera olika sätt att kalibrera på. Man väljer den kalibrerings referensen som passar användaren bäst. Om man behöver noggranna avläsningar i enheterna man använder så behövs det en standardreferens att kalibrera mot. Dessa standard referenser kan vara en kalibrerad sensor. Detta sättet används om man har en sensor som är känt att vara korrekt, då kan man göra en jämförelse mellan referensvärden. Dem flesta laboratorier brukar ha ett instrument som har kalibrerats efter NIST standarder. Detta betyder att varje referens har en egen dokumentation med olika kalibreringsvärden med eventuella korrigeringsfaktorer som måste tillämpas.

Vissa företag använder sig av fysiska standarder som rimliga standard referenser för vissa typer av sensorer [37, 44].

- Laser är ett intressant verktyg som idag har utvecklats för att kunna användas inom många områden. Ett utav områdena är avståndsmätning. Med dagens utvecklade teknik kan man uppnå väldigt hög precision vid mätning med laser. Detta medför att osäkerheten vid en mätning blir väldigt liten i jämförelse med andra mätinstrument. Utöver den utvecklade tekniken så har man anpassat mätinstrumenten så att de kan passa på mängder av olika objekttyper. Detta är av högsta intresse och relevans utifrån vårt perspektiv då mätnoggrannheten kan ge ett stabilt referensvärde som kan då jämföras med givarens mätning [45].

3.2.4 Patentsökning

Syftet med patentsökningen är att få inspiration och utbredda våra tankar för att sedan ha dem bästa förutsättningar när vi börjar med ide generering fasen. I patentsökning kommer det tas upp flera olika patent. Följande patent kommer vara relevanta för vår forskning. Vi har sökt på patent från både Sverige och andra länder i Europa. Vissa av patenten är tagna av företaget FTNAB som vi gör forskningen i samarbete med.

- Detta patent är taget på uppfinningen av elektro-pneumatiska bromsar. Den elektro-pneumatiska bromssystem är gjorda för ett järnvägsfordon. Uppfinningens ändamål är att reducera storleken, vikt och dimensionerna, ge högre drift och lägre kostnader.

Uppfinningen hjälper oss att få inspiration om vilka aspekter som vi kan tänka på. Genom dessa aspekter som exempelvis uppfinningens storlek, vikt och med mera, får vi olika tankar om hur vi ska designa vår prototyp [46].

- Patentet är taget på kalibrering av en broms i en provbänk som används i en förbränningsmotor. Denna metoden har man kommit på för att kunna kalibrera ett mätsystem för en dynamometrisk broms. Metoden genomförs genom att man en kraft läggs på ett bestämt avstånd från en kalibreringsspak, därefter får man det uppmätta belastningen med hjälp av en referenslastmättningscell [47]. Från detta patenten drar vi nytta på hur man kan räkna på kraften på ett nytt sätt
- Patentet är taget på en kraftcylinder som är tillverkad med en kolv som är styrd pneumatiskt. Idag är kraftcylindrarna dyra och svåra att tillverka. Uppfinningens syfte är att förenkla tillverkningen av kraftcylindrar, förlora minimal tryckmängd när kolvarna rör sig framåt, att kraftcylindrarna är självmörjande, ekonomiska vid tillverkningen och hållbara vid användning.

Från denna uppfinningen kan vi ta flera lärdomar. Några lärdomar som vi kan ta med oss är att tänka på den ekonomiska delen, hur det kan gynna oss och ha så låga kostnader som möjligt. Andra lärdomar är att tillverka en produkt som är hållbar och som ska ha minimala förluster i arbete vid användning [48].

- Detta patent är taget på lufttryckscylinder som man kan kontrollera positionen på. Uppfinningen handlar om att man har lagt ett svagt-vibrationsmekanism som är fäst i kolvstången som finns i cylindern och som kan stoppa kolven med hjälp av positionskontrollen.

Detta patent är viktig för oss, eftersom vi behöver inspireras av hur man kan ta reda på avstånd. I denna uppfinning har man hittat ett sätt att ha kontroll över positionen av kolven och detta kan hjälpa oss i vårt fall [49].

- Detta patent är på hur man med en kraftmättnings anordning kan mäta krafter vid skivbromsning. Denna kraftmättningsanordning kan användas på järnvägsfordon utan att behöva ta ut skivbromsen, så att man kan räkna på fordonet medans den är stillastående.

Denna anordningen som FTNAB har själva skapat används på tåg som FTNAB har sina bromsar på. På detta sätt kan vi inspireras av denna kraftmätning anordning som kan mäta på bromsar som FTNAB har skapat [50].

- Själv kalibrerande cylinder för ett pneumatiskt styrt system. Detta nya sättet ger oss inspiration på hur man kan kalibrera automatiskt. Härifrån kan man utveckla mer och komma med fler idéer inom automatisk kalibrering som kan vara till stor nytta, både ekonomiskt och tekniskt sätt [51].

3.2.5 Kravspecifikation

En viss del av konceptutvecklingen kan betraktas som behovsökande i vissa fall. Det innebär att man intervjuar, observerar och söker efter lösningar som ska potentiellt uppfylla de behov som man identifierat. För att sammanställa behoven är det vanligast att man gör en kravspecifikation, där sammanställer man alla krav man har samt rankar de enligt prioriteringsgrad. I vårt fall var behovet delvis känt på förhand. Vi hade redan tre krav som var

av företaget som måste uppfyllas. Kraven var dock enbart avsedda för den produktorienterade lösningen. Genom våra observationer och intervjuer samt forskning har vi tagit fram ytterligare tre krav som vi anser vara viktiga. Kraven tar hänsyn till etiska och moraliska aspekter. Kraven har blivit godkända av samarbetsparten FTNAB. Som tidigare nämnt under avsnittet *observationer och intervjuer*, kommer kraven att spela roll vid utvärdering av våra slutliga koncept. Då utvärderingen kommer att ge fördel för det koncept som uppfyller kraven bäst med avseende på deras prioriteringsordning. Kraven har prioriterats under ett avstämningsmöte tillsammans med handledare på FTNAB. Motiveringen bakom prioriteringen bygger på vad företagets önskan är med den slutliga produkten. Den slutliga selekteringen av idéer bygger på erfarenhetstips från erfarna ingenjörer på FTNAB med hänsyn till kraven.

Tabell 2. Kravspecifikation

Kravspecifikation	Rankning av krav beroende på prioritering
Testobjektet <i>skall</i> ha en mät noggrannhet på högst 0,35% vid mätning av kraft och avstånd.	1
Testobjektet <i>skall</i> ha en repeterbarhet på 0,2% eller lägre för mätning av kraft och avstånd.	2
Testobjektet <i>skall</i> vara säkert att använda. Testobjektet <i>skall</i> uppfylla kraven för ISO-9001 och CE-märkningen.	3
Testobjektet <i>skall</i> utföra ett test för kraften vid 40kN.	4
Testobjektet <i>skall</i> inte sätta större påfrestningar än de befintliga på operatören. Testobjektets vikt <i>bör</i> inte överstiga 40 kg.	5
Testobjektet <i>skall</i> inte kalibreras mer än en gång per år.	6

3.2.6 Identifiering av mätparametrar

Vi har haft som delmål för arbetet att identifiera nödvändiga mätparametrar. För att identifiera mätparametrarna har vi haft handledning med våra handledare i företaget FTNAB, genom handledning har handledarna gett oss en hel del information om provbänken och vad som kan mätas. Andra sätt som vi har använt för identifieringen är att vi har observerat provbänkarna och frågat operatörerna som jobbar med att testa bromsarna i provbänken. Med alla dessa hjälpmedel har vi kommit fram till att dem mätparametrarna som vi kommer behöva tänka på under forskningens gång är avstånd, läckage och kraft. Avstånd kommer att anges i millimeter(mm), läckage kommer att anges i millibar per minut (mbar/min) och kraft kommer att anges i newton (N).

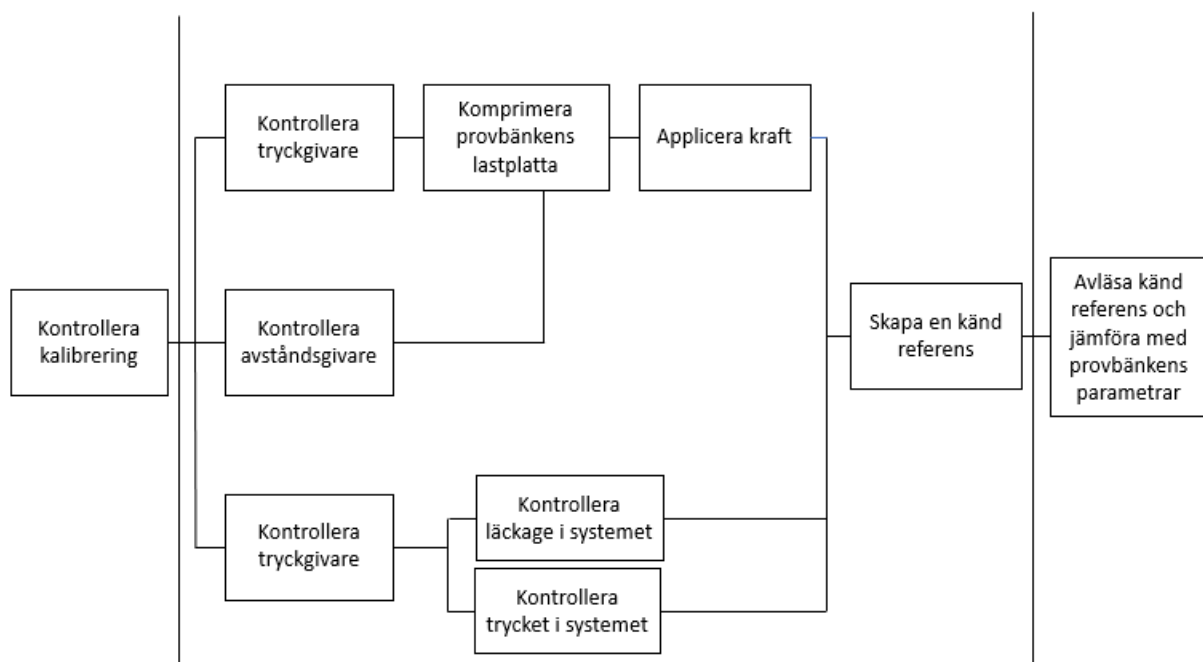
3.2.7 Funktionsanalys

En funktionsanalys är en metod som man använder för att få en bild på alla funktioner. Syftet med metoden är att få en funktionsstruktur, där alla funktioner som ska åstadkommas av

produkten ska finnas med och dess ingående funktioner. Genom denna funktionsanalys kommer man kunna se hur samverkan är från huvudfunktionen till de andra delfunktionerna. Syftet med det hela är att man delar upp lösningen, så att man inte behöver komma på direkt lösning till huvudfunktionen. Det är enklare om man har delat upp det komplexa problemet och på så sätt kunna lösa varje del för sig själv [52].

En funktionsanalys är indelad i flera delar. Huvudfunktionen och i vårt fall är det att kontrollera kalibreringen av provbänkar. Höger om huvudfunktionen i figur 17 kommer tre rutor som är delfunktioner till huvudfunktionen, där har vi våra delfunktioner som är att kontrollera lastcellen, avståndsgivare och tryckgivare. Höger om delfunktionerna i figur 17 finns våra tre underfunktioner till delfunktionerna. Våra underfunktioner är att applicera kraft mot lastcellens yta, tillföra ett luftflöde genom systemet, kontrollera trycket i systemet och kontrollera läckage i systemet. Den sista funktionen som finns med i funktionsanalysen är stödfunktionen. Stödfunktionen är kopplad till underfunktionerna. Stödfunktionen i detta fall är att skapa en känd referens. Syftet med produkten som uppfyller funktionerna är att kunna ge en referensmätning som kan jämföras med befintliga givare på provbänken [53].

Anledningen till att vi har valt att använda oss av FAST-diagram som ett verktyg för funktionsanalys är på grund av att det är en systematisk approach, robust metod och enkel att förstå.

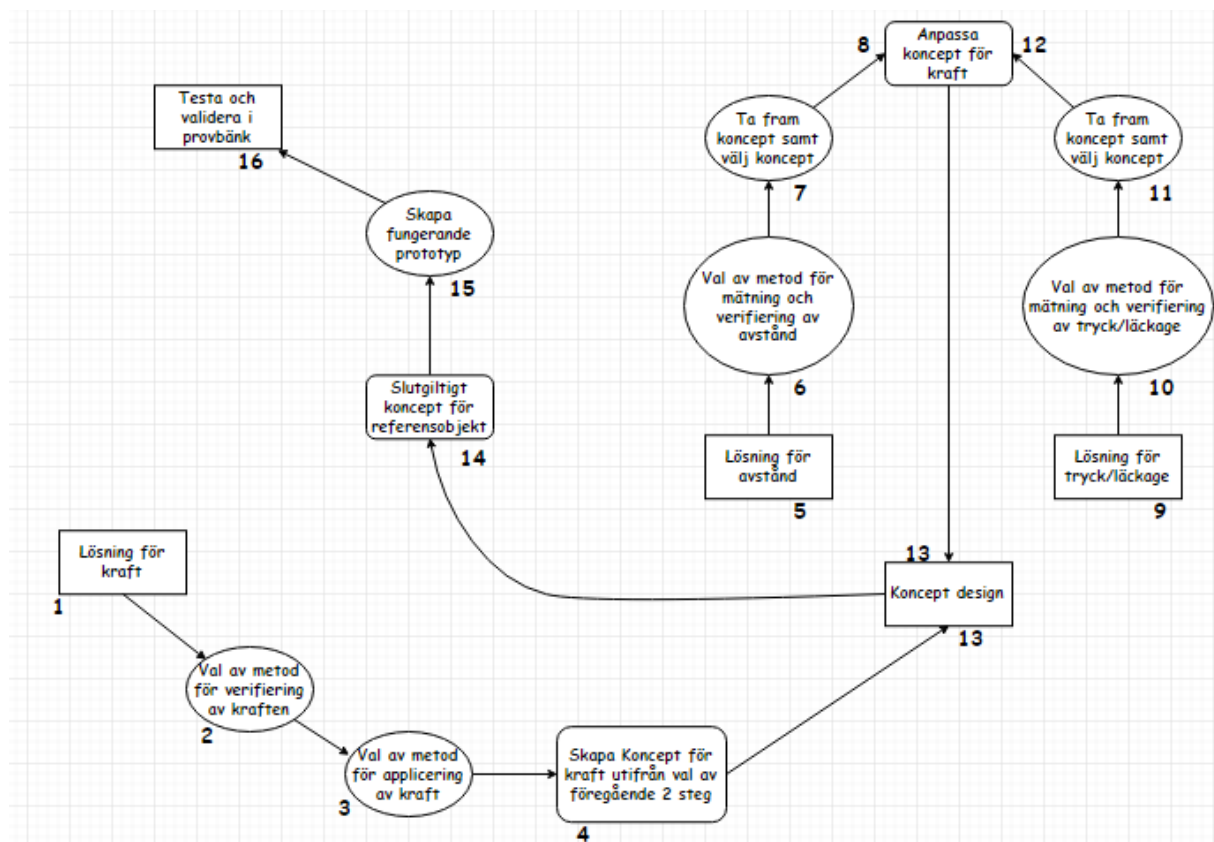


Figur 17. FAST diagram, en typ av funktionsanalys

3.2.8 Tillvägagång för ide generering och konceptval

Utifrån funktionsanalysen i föregående kapitel har ett tillvägagångs diagram framställts. Vi har tagit fram en arbetsmetodik som vi ska följa för att slutligen kunna nå vårt mål, en fungerande prototyp som kan testas i en provbänk. Tillsammans med våra handledare på FTNAB har vi kommit fram till att "lösningen för kraft" är huvudproblemet. Därför bör vi börja med att lösa kraftproblemet för att sedan gå vidare och lösa de andra delproblemen. I figur 18 kan man följa vår tillvägagång för hur vi har arbetat med att ide generera och skapa koncept samt välja koncept. I diagrammet kan man följa numreringen för ordningen under arbetsgången.

Tillvägagångsdiagrammet är ett bra verktyg för att simplificera arbetsgången för att hitta en lösning till ett komplext diagram. Det underlättar ide genereringsfasen samt konceptvalen då varje delproblem kommer att lösas för sig och slutligen integreras samman.



Figur 18. Tillvägagångsschemat som vi har tagit fram för att dela upp vårt komplexa problem till mindre delar

1. En brainstorming gjordes för att få så många idéer som möjligt till kraftproblemet.
2. Concept scoring metoden användes för att ha kvar dem mest lovande idéerna, eliminera resterande idéerna och skapa koncept.
3. På samma sätt som i steg två användes concept scoring för att ha kvar dem mest lovande idéerna, eliminera resterande idéerna och skapa den andra delkoncept för kraften.
4. Skapa ett koncept för kraft från de två delkoncepterna som valdes i steg två till tre.
5. Ide generera för att finna lösningar till mätning av avstånd.
6. Samma sätt som i steg två. Concept scoring metoden används och kvar har vi dem mest lovande idéerna.
7. Därefter ska koncept tas fram och slutliga koncept för avstånd ska väljas.
8. Anpassa avståndskonceptet för kraftkonceptet.
9. Samma sätt som i steg fem. Ide generera för att få fram idéer som löser mätningen för läckage.
10. Samma sätt som i steg sex. Concept scoring metoden används och kvar har vi dem mest lovande idéerna.
11. Därefter ska koncept tas fram och slutliga koncept för tryck ska väljas.

- 12. Anpassa tryckkonceptet för kraftkonceptet.*
- 13. Designa ett koncept med alla dellösningar, kraft, avstånd och tryck.*
- 14. I detta steg ska ett slutgiltigt koncept för ett referensobjekt vara klar. Det kan vara CAD-ritning.*
- 15. Skapa en fungerande prototyp av konceptet från föregående steg.*
- 16. Testa och validera prototypen i provbänken. Funkar inte prototypen så ska man gå tillbaka till föregående steg och se till att få en fungerande prototyp.*

3.2.9 Idegenerering

I det här steget ska man komma på idéer och därefter utveckla idéerna till koncept som löser problemet. Detta gör man genom att använda flera olika metoder som ska hjälpa oss att få så många kreativa idéer som möjligt. Vi har använt både brainstorming- och brainwritingsmetoden. Dessa metoder har vi använt för att kunna komma på idéer både ensamma genom att skriva och genom att kommunicera för att utveckla varandras idéer. För att göra det möjligt att hitta lösningar har vi delat upp det komplexa problemet till delproblem, det har gjorts med hänsyn till funktionsanalysen. Därefter har det ide genererats för varje del problem för sig. Utöver att vi har ide genererat själva så hade vi en session tillsammans med våra handledare på FTNAB för att expandera ide biblioteket. Under ide genereringen med våra handledare bestämdes det att en lösning för kraften bör vara vårt "huvudproblem" och därefter får de andra parametrarna anpassas efter lösningen för kraften.

3.2.10 Concept Scoring

Efter varje ide genererings fas hade vi många idéer till varje delproblem. Därefter använde vi concept scoring för att få fram dem tio mest lovande idéerna och eliminera resten av idéerna. Utifrån de tio mest lovande idéerna skapade vi ett till fyra koncept, i vissa fall kombinerades flera utav de tio mest lovande idéerna för att ta fram ett eller flera koncept, notera att det inte alltid var de tio bästa då vissa delmoment inte krävde större eller flera ide genereringar för att komma på ett lovande koncept. Concept scoringen togs det hänsyn till tre aspekter vid värdering av idéer. Vi undersökte huruvida iden var genomförbar, användbar och ifall det var en radikal ide. Poängsättningen följde en skala på 1–10 där ett är sämst och tio är bäst. Utifrån de bästa idéerna vi fick kvar tog vi fram minst tre koncept som sedan utvärderas tillsammans med handledarna på FTNAB för att bestämma vilket koncept vi vidareutvecklar. Denna metoden användes varje delproblems fas.

3.3 Utveckling på systemnivå

Följande kapitel innehåller vilket koncept som kommer att väljas och utvecklas till prototyp. Kapitlet innehåller även förklaringar för konceptet på systemnivå, det vill säga hur de olika delarna i objektet kommer att fungera och styras individuellt och tillsammans som ett helt system.

3.3.1 Utvärdering och val av delkoncept

För att kunna gå vidare med våra delkoncept som har tagits fram för varje delproblem har vi valt att använda oss utav handledarna på FTNAB för utvärdering. Delkoncepten redovisas oftast i form av CAD-modeller eller i vissa fall i form av färdiga produkter som finns tillgängliga på marknaden, i detta stadi är våra CAD-modeller och koncept på en preliminär nivå vilket innebär att det inte har tagits större hänsyn till dimensioner och detaljer. Syftet är att visualisera

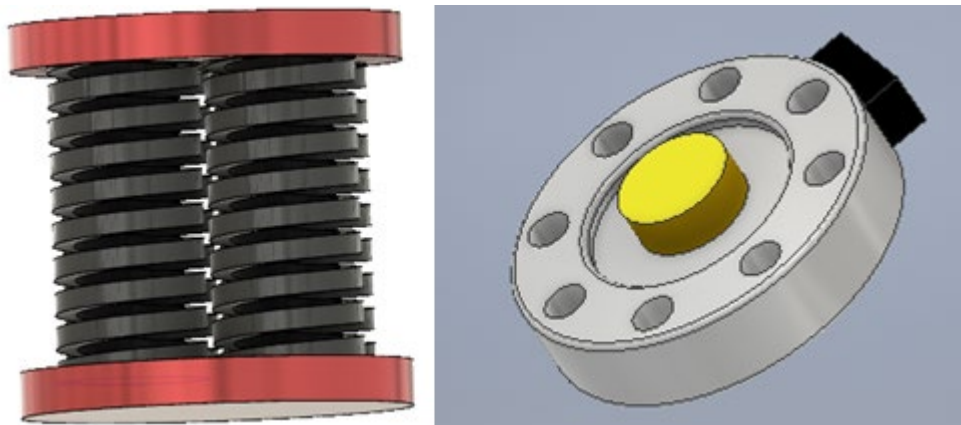
våra koncept för att styrka våra argument och minska chansen för missförstånd vid presentation av koncept. I samband med redovisningen lyfts styrkor och svagheter för varje koncept och därefter väljs ett koncept som vi går vidare med. Valet av delkoncept sker med hänsyn till kravspecifikationen, ytterligare krav som har angivits från företagets sida under projektets gång och genomförbarheten för konceptet. Handledarna bidrar med utvärderingar och beslut utifrån hög erfarenhet och ett tränat öga.

3.3.1.1 Val av metod för verifiering av kraft

I detta steget har vi tagit fram två koncept som ska lösa vårt delproblem som är att säkerställa att kraften som appliceras vid kontroll av kalibrering är rätt.

Efter concept scoring skapade vi två koncept. Ena konceptet är fjäderpaket som består av fyra master kalibrerade fjädrar. Dessa fjädrar är kalibrerade enligt NIST spårbara standard och har hög mätnoggrannhet. Fjäderpaketet kan tåla krafter upp till cirka 17,6 kN [36].

Det andra konceptet är lastcell. Lastcell kan mäta betydligt större krafter än vad fjädrarna gör. Lastcellen är en befintlig produkt som erbjuds i ett brett sortiment från många leverantörer världen över, detta gör att lastcellen är en väldigt simpel lösning som kan uppnå högre mätnoggrannhet än vad fjäderpaketet kan.



Figur 19. Visar ett utav kraft verifieringskoncepten, fjäderpaketet till vänster. Till höger illustreras en enkel modell av en lastcell. Konceptmodellerna är ritade i CAD

3.3.1.1.1 Val av lastcell

Två koncept för verifiering av en applicerad kraft presenterades för tre ingenjörer på FTNAB och utifrån deras utvärdering valde vi att gå vidare med lastcell konceptet, för att det är billigare lösning. Konceptet bygger på att man använder sig utav en extern lastcell med högre noggrannhet än den som finns på provbänken. På sådant sätt kan man jämföra värdena man får från varje lastcell för att kunna avgöra ifall kalibreringen är godkänd eller inte för just kraftparametern.

Lastcellen fungerar på följande sätt, lastcellen mäter av en tyngd och sedan konverterar genom en viktavläsare tyngden till en signal. Tyngden kan registreras på flera sätt, ett av de är genom att ett objekt pressas eller komprimeras mot lastcellen. För att läsa av signalen krävs vanligtvis en förstärkare eftersom spänningen brukar vara upp till något tiotal millivolt. Därefter kan man läsa av signalen genom en dator.

3.3.1.2 Val av metod för applicering av kraft

Bestämt att det blir en cylinder men ta reda på vilken cylinder som är lämpligast? Visa vilka tre koncept cylindrar vi valt att gå vidare med. Och lite kort om varje cylinder.

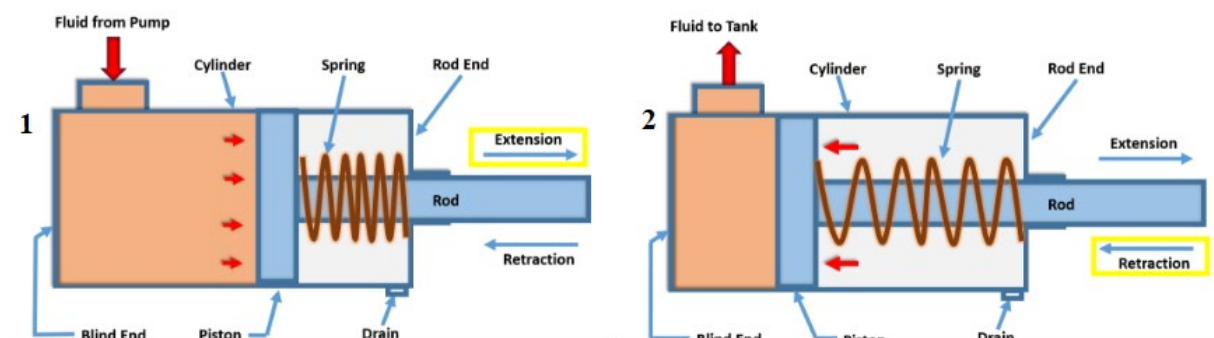
Vi bestämde tillsammans med handledarna på FTNAB att lösningen måste vara en cylinder, som måste applicera kraften som krävs. Första konceptet är en elektrisk cylinder. Fördelen med elektriska cylindern är att den har hög precision vid konstant last fall och tystare än de andra cylindrarna medan nackdelen är att cylindern är väldigt dyr och stor ifall den ska kunna generera krafter som 40 kN och uppåt, i förhållande till de andra typerna av cylindrar.

Andra konceptet är en hydropneumatisk cylinder. Fördelen med den hydropneumatiska cylindern är att den använder sig av befintlig kompressor för styrning av cylinder. Nackdelen är att för att uppnå krafter som 40 kN krävs stora cylindrar(20-30kg) och cylindern är dyr.

Det tredje konceptet är en hydraulisk cylinder. Fördelen med hydrauliska cylindern är att man kan få högre kraft med mindre cylinder och cylindern är billig. Nackdelen är att den hydrauliska cylindern är besvärlig vid läckage av hydraulolja.

3.3.1.2.1 Val av cylinder och styrning av cylinder

Efter att ha haft ett möte med tre ingenjörer från FTNAB bestämdes det att vi kommer använda oss av en hydraulisk cylinder, med en styrning av en hydropneumatisk pump. Systemet funkar på det sättet att en pump som drivs genom lufttryck, pumpar upp oljan i den hydrauliska cylindern. Därefter kan cylindern trycka fram med en kraft som bestäms beroende på trycket som kommer från pumpen. När trycket släpps kommer en fjäder trycka tillbaka cylindern till sitt ursprungsläge. Cylindern ska vara en enkelverkande hydrauliskt styrd med fjäder retur, det ska vara en fläns i bakkant för infästning av cylindern samt en utvändig gänga på kolvstången för infästning av övrig utrustning, se figur 57. En hydraulisk cylinder drivs i princip på samma sätt som en pneumatiskt men man ersätter luften med en vätska. Vätskan är det som driver kolven fram i cylindern så att kolvstången rör sig fram och trycker med en viss ansatt kraft. Skillnaden mellan hydraulik och pneumatik är att vätskan kan komprimeras vilket skapar ett högre tryck och innebär att cylindern kan generera högre tryckkrafter.



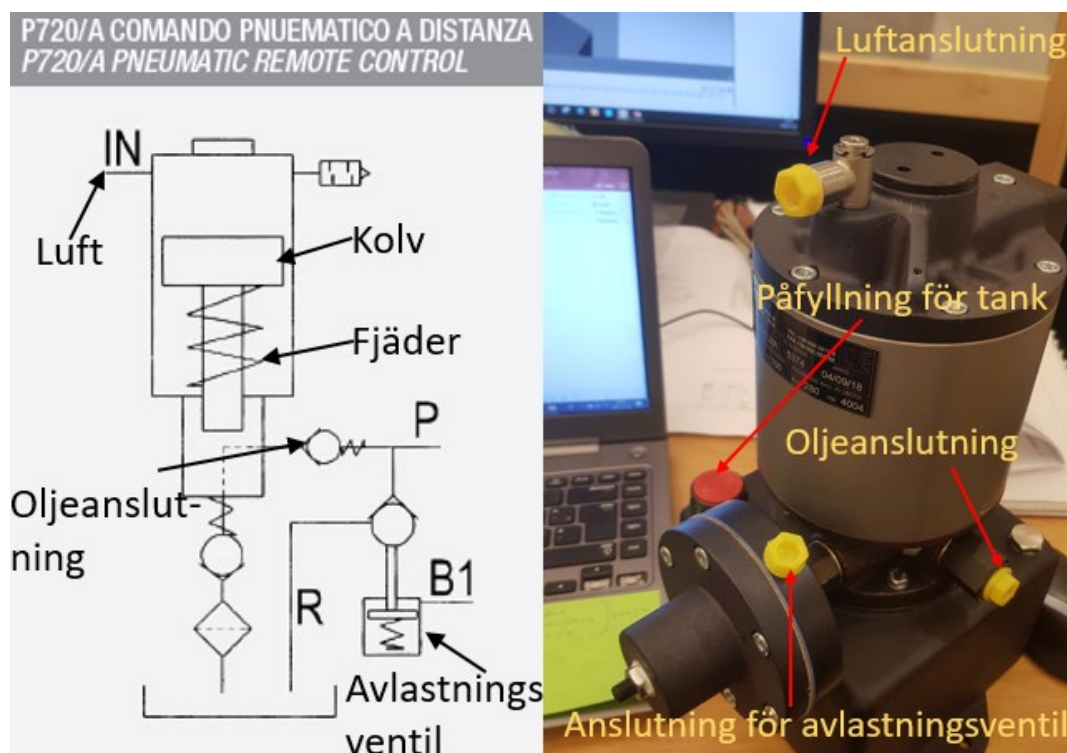
Figur 20. Visar hur en simpel enkelverkande hydraulcylinder fungerar. Läge 1 visar vid forcering av vätskan i cylindern. Läge 2 illustrerar när trycket släpps och fjädern trycker tillbaka kolven till sitt nolläge [54]

Den hydropneumatiska pumpen använder sig av lufttryck för att styra oljan i en hydraulisk cylinder. Pumpen använder sig av ett tryckförhållande mellan det pneumatiska- och hydrauliska

trycket. Genom utväxlingen kan kraftiga hydraulcylindrar drivas med enkla pneumatiska system. Pumpen kan drivas manuellt och automatiskt. I den manuella versionen tillför man ett visst konstant lufttryck för att bygga upp det hydrauliska trycket, därefter stänger man manuellt av tillförseln genom att vrida på ett hjul som låser ventilen för lufttillförseln. I den automatiska versionen så tillförs ett visst konstant lufttryck på samma sätt som i den manuella pumpen, men när det önskade hydraul trycket har uppnåtts kommer system självmant att låsa lufttillförseln. Om pumpen skulle tappa tryck så öppnas ventilen igen och luften pumpas in tills trycket är stabiliserat till det önskade värdet. På luftingången kommer det sitta en tryckgivare för att kunna verifiera att rätt tryck tillförs till systemet.

Konstruktionsmässigt kan man se pumpen som en cylinder. I figur 21 kan man se ett schema över hur pumpen fungerar. Den större kolven i ovdelen av pumpen drivs av luft som sen trycker ut olja ur ett avsevärt mindre hål vilket gör att oljan trycks ut med större tryck. För att styra pumpen korrekt kommer en växlingsventil att monteras. Växlingsventilen kommer att ha en ingående källa för lufttryck som kan delas till två olika källor. De två andra källorna kommer att växlas mellan pumpens ingående port för luft och pumpens avlastningsventil. På sådant sätt frigörs en av provbänkens två lufttillgångar. För fullständig specifikationer av pumpen se figur 58 och 59.

Designmässigt kommer pumpen behöva vara en extern accessoar för objektet, därmed utvecklas objektet till ett kit-format objekt.



Figur 21. Visar till höger ett funktionsdiagram för P720-40 pumpen och till vänster har vi den fysiska pumpen på bild. På figuren har vi markerat de olika anslutningskanalerna och de essentiella delarna i pumpen [55, 56]

Teoretiskt sätt gör pumpen det möjligt att uppnå tryckkrafter som 40kN genom att endast konsumera mellan 1–7 bar lufttryck. Matematiken bakom detta bygger på tryckräkning för en cylinder:

Räkningen baseras på vår cylinder med kolvdiameter på 63mm och pumpens tryckförhållande mellan pneumatiska och hydrauliska trycket. Räkningens syfte är att ta fram vilket teoretiskt pneumatiskt tryck som krävs för att cylindern ska kunna trycka med 40kN.

$$F = \rho \cdot A$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 63^2}{4} = 3115,665 \text{ mm}^2$$

$$F_{\text{önskat}} = 40000 \text{ N}$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{40000}{3115,665} = 12,83835 \approx 12,84 \text{ N / mm}^2$$

$$1 \text{ bar} = 0,1 \text{ N / mm}^2$$

$$12,84 \cdot 10 = 128,4 \text{ bar (oljetryck)}$$

Tryckförhållande i pumpen 1:40, där 1 bar lufttryck ger 40 bar hydraul tryck ger,

$$\frac{128,4}{40} = 3,21 \text{ bar (lufttryck)}$$

Räkningen visar att vi teoretiskt sätt behöver ett konstant tryck på 3,21 bar för att vår cylinder ska kunna generera en konstant tryckkraft på 40kN.

3.3.1.3 Val av metod för mätning och verifiering av avstånd

Vi använde olika ide genererings metoder för att hitta en lösning för mätning av avstånd. Därefter eliminerar vi idéerna genom concept scoring för att ha kvar de lämpligaste idéerna. Vi hade ett möte med en ingenjör i FTNAB för att välja den lösning vi ska använda oss av i provbänken.

Tillsammans med ingenjören i FTNAB kom vi överens om att köra på en likvärdig givare som den befintliga linjära lägesgivare som FTNAB har idag på provbänken. Den linjära lägesgivaren som används idag kommer från Novotechnik och heter TRS 25, 25 indikerar givarens slaglängd i millimeter. TRS 25 har en linjäritet på +/- 0,2%. Den linjära lägesgivaren kommer i vår lösning att integreras på infästningen av cylindern. Kolvstången som kommer ut från lägesgivaren kommer att sitta fast i en adapter som lastcellen är gängad på.

TRS 25 kommer att fungera på det sättet att när den hydrauliska cylindern trycker ut kolvstången då kommer lägesgivaren att skjuta ut sin kolvstång och vara parallell med cylinderns kolvstång. När den önskade positionen har nåtts kommer bägge lägesgivarna att nollställas. Alltså lägesgivaren på provbänken och lägesgivaren som sitter på infästningen. Därefter kommer trycket som man har tryckt fram cylindern med, att släppas i några sekunder för att dra tillbaka cylindern och sedan stoppa trycket igen. Detta för att kunna jämföra och se att de två lägesgivarna ger samma avstånd.

Genom att givaren läser av kolvens position inuti givarhuset så avges en signal från givaren. Denna signalen måste därefter förstärkas för att kunna översättas i datorn och avläsas.

I vårt fall kommer givaren att nollställas när cylindern har nått sin maximala utslags läge för provbänken. Därefter kommer att trycket släppas i några sekunder så att cylinder återfjädras några millimeter och det är avståndet av återfjädringen som kommer att jämföras med provbänkens registrering av det återfjädrade avståndet.



Figur 22. En TRS 25 givare [57]

3.3.1.4 Val av metod för mätning och verifiering av läckage

För att lösa delproblemet som är tryck/läckage, ide genererade vi och fick ihop några få idéer. Vi hade ett möte med tre ingenjörer i FTNAB och där vi var överens om att det finns bara en bra lösning på delproblemet. Lösningen är att vi använder oss av en ventil som är förinställd för att skapa ett bestämt läckage vid ett visst luftflöde. På detta sättet kan vi verifiera om tryckgivaren visar samma läckage som ventilen skapar. Genom denna jämförelsen kan vi dra slutsats om systemet mäter rätt läckage. Idag kalibreras provbänken på ett liknande sätt där man har en läckagetestare som funkar precis på samma sätt som en läckageventil, men skillnaden är att i läckagetestaren kan man ställa in precis vilket läckage man önskar inom testarens intervall.

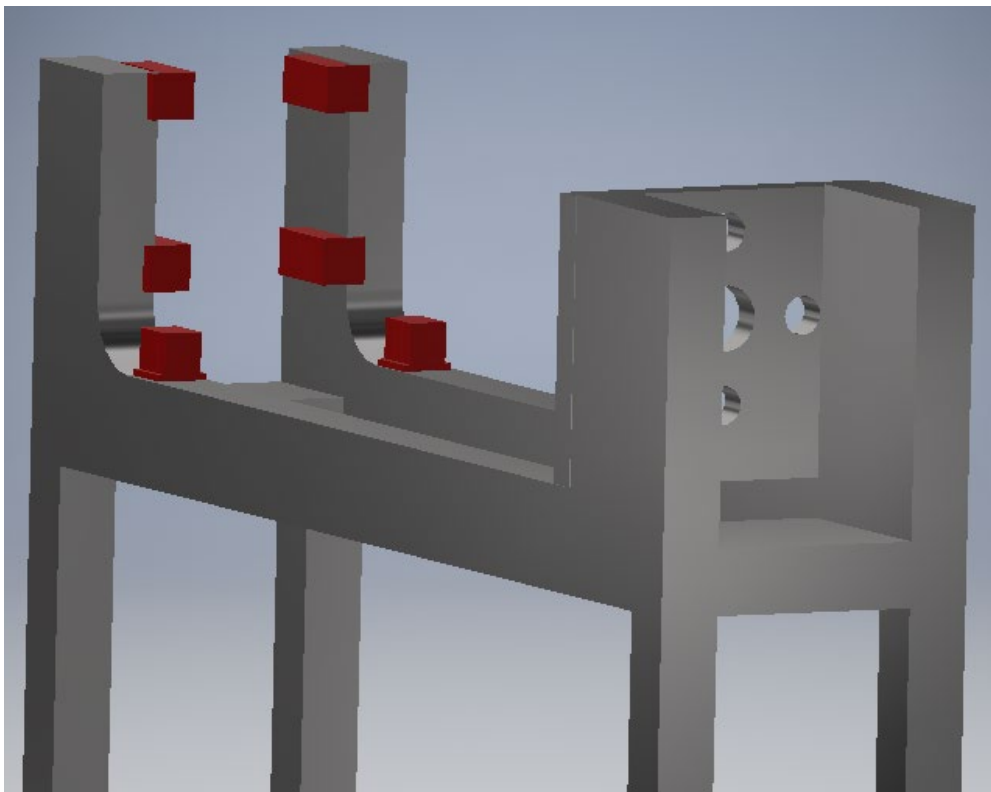


Figur 23. En typ av läckageventil. På bilden kan man se att specifikationerna för ventilen finns klistrade på [58]

3.3.2 Infästning design av testobjektets ingående komponenter

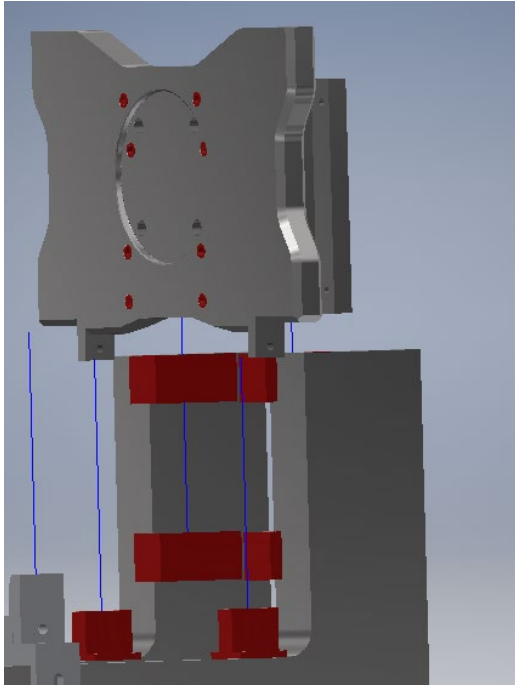
Objektet kommer att vara i kit-form. Själva cylindern, lastcellen och lägesgivaren kommer att vara integrerade i ett objekt som kommer kunna monteras på provbänken. Resterande delar som hydropneumatiska pumpen, signalförstärkare, displayer och läckageventilen kommer att vara integrerade på en vagn. På vagnen kommer ett utrymme för själva testobjektet att frigöras för att göra det möjligt att förflytta hela testanläggningen enkelt och kunna använda objektet på andra provbänkar. På vagnen kommer anslutningarna för tryckluften att sitta. På själva testobjektet kommer endast de essentiella delarna vara integrerade som nämndes tidigare. Detta för att skapa ett lättviktsobjekt som inte kräver att operatören utsätts för högre ansträngning ur operatörens dagliga arbetssituation.

Infästningen för testobjektet har designats huvudsakligen utifrån två aspekter, provbänkens design och infästnings möjligheter samt fixturer och cylinderns infästning. Hydraulcylindern har en K3 fläns i bakkant vilket innebär en cirkulär fläns med fyra symmetriskt placerade hål för infästning. Cylindern kommer att trycka med en kraft på cirka 40 kN vilket kräver en infästning som är immun mot deformation vid sådan last. Utifrån den aspekten krävs det att infästning av objektet blir väldigt stabil för att inte tillåta mätfel på grund av bristande infästning och därmed ett rörligt objekt som kan påverka mätningen. Därför valde vi att fokusera på att utnyttja den bakre delen av provbänken där fixturerna sitter, den delen av provbänken är väldigt stabil och skapar bäst förutsättningar för stabil infästning. En ny generation av fixturer har tagits fram på FTNAB, den nya fixturen kommer att användas i de nya provbänkarna. Detta medförde ytterligare ett krav i efterhand, att infästningen ska passa i både den gamla och den nya provbänken. Utifrån det har vi då designat en infästning som passar i båda provbänkarna.

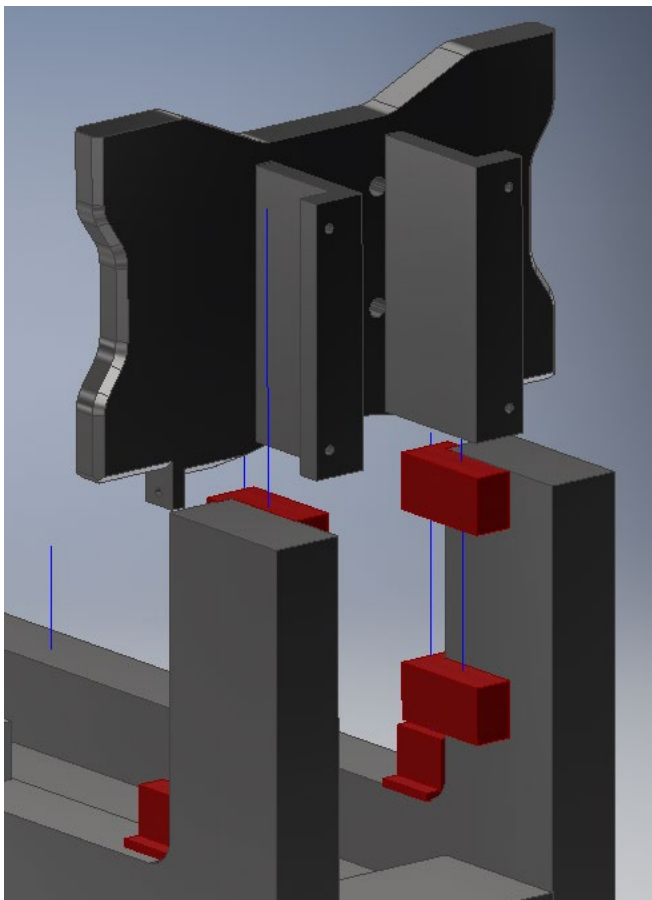


Figur 24. En del av den befintliga provbänken för BFC bromsarna konstruerad i Inventor med tillhörande fixturer som är röd målade

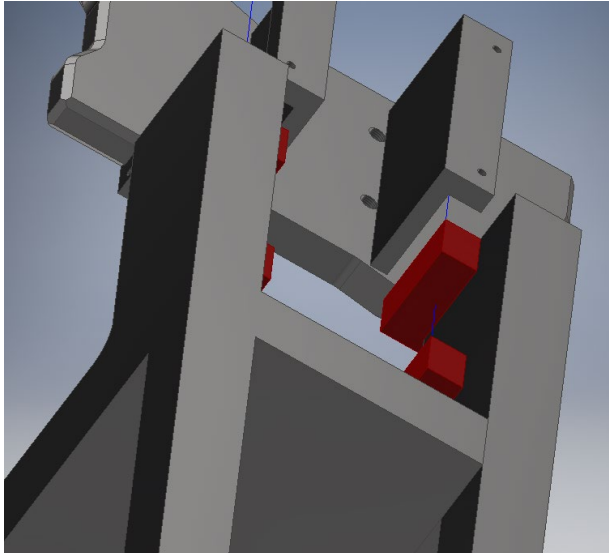
Flänsen på cylindern kommer användas för fästa cylindern i infästningen för provbänken som vi har tagit fram. Infästningen är designad för att vara enkel att använda. Infästningen kommer att kunna glidas in på provbänken uppifrån. På den gamla provbänken kommer de bakre infästningarna att utnyttjas för montering. På provbänkarna som kommer att utvecklas kommer infästningsplattan enbart att bytas ut mot den vi har designat. Toleranserna kommer att vara enligt ISO 2768-m för att göra det möjligt för objektet att kunna monteras lätt men samtidigt minimera spelrummet mellan objekt och provbänk.



Figur 25. Sido-vy av infästningen med stödlinjer som indikerar hur den kommer att glidas ner i provbänken



Figur 26. Bak-vy av infästningen



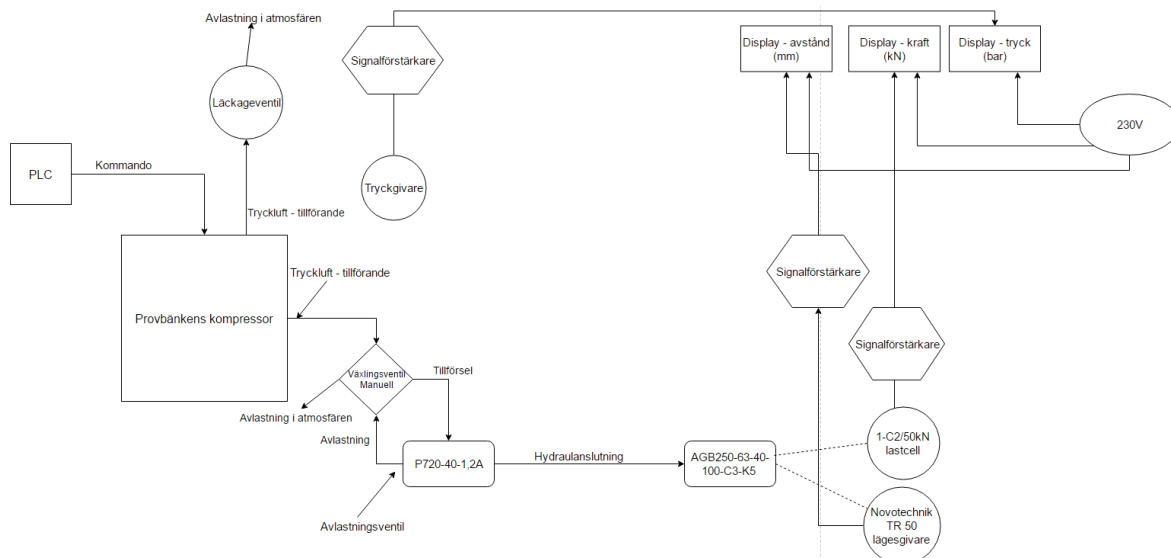
Figur 27. Bak-vy sedd underifrån

3.3.3 Design på testobjektets externa komponenter och dess infästning

Testobjektet kommer ha en vagn som testobjektet ska sättas på när det inte används på provbänken. Vagnen kommer att innehålla alla verktyg och delar som kommer behövas för testet. Vagnen kommer att ha två hyllplan, där den nedersta planen kommer innehålla pumpen och i den översta planen kommer cylindern, läckageventilen och displayen med dess sladdar att finnas. I den nedersta planen kommer pumpen att fästas på plattan så att pumpen inte kan flytta på sig. I den översta planen kommer cylindern med dess infästning att sättas på en strukturerat plats som är anpassad för cylinderns storlek. En låda kommer att sättas fast på ena kortsidan i översta planen. Denna lådan kommer att innehålla tre displayer, signalförstärkare och andra kablar. Dessutom kommer läckageventilen att sättas i översta planen. Denna vagnen kommer att ha fyra hjul. Syftet med hjulen är att efter ett test har gjorts, ska man kunna flytta på vagnen så att vagnen inte stör operatörens arbetsmiljö.

3.3.4 Systemets styrning

Systemet kommer att använda sig utav provbänkens befintliga pneumatiska system. Precis som man idag kallar på ett artikelnummer för en broms vid ett test kommer att ske vid användning av testobjektet. Testobjektets anordning kommer att vara utrustad med tre displayer som kommer att visa kraft, avstånd och tryck. Vid ett test kommer värden på de tre angivna parametrarna att visas på displayerna. Värdena ska sedan matas in i provbänkens PLC. Algoritmen för vårt nyutvecklade testobjekt kommer att skapas av företaget då det ligger utanför vårt ämnesområde och kompetens. Systemet kräver tillgång till ström för att displayer, signalförstärkare och givare ska fungera. Utöver det kommer systemet enbart kräva styrning genom lufttryck för att det ska fungera. I figur 8 kan vi se ett schema över provbänkens pneumatiska system, uttagen för servicebroms och parkeringsbroms kommer att användas för att styra objektet. Läckage kontrollen kommer att utföras genom att enbart kontrollera ifall PLC:n ger utslag för samma värde som läckageventilen är inställd att ge.



Figur 28. Kopplingsschema för systemets styrning

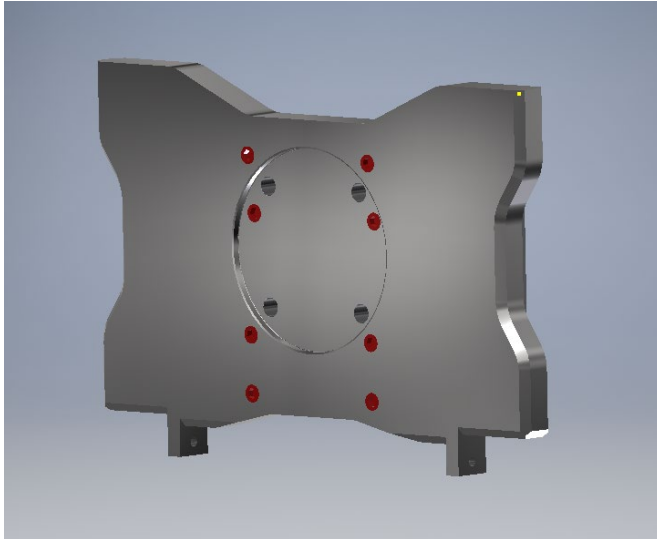
3.4 Detaljutveckling

En del begränsningar kommer att finnas vid skrivande av detta kapitel, på grund av signerat sekretessavtal kommer vi inte kunna dela med oss fullständiga specifikationer på vissa utav de ingående delarna av vårt utvecklade objekt. Fullständiga specifikationer kommer att finnas på de delar som finns tillgängliga för alla. Delar som vi har designat själva för att passa till FTNAB's provbänkar kommer enbart att delas i dimensionslösa illustrationer för att kvarhålla sekretessen.

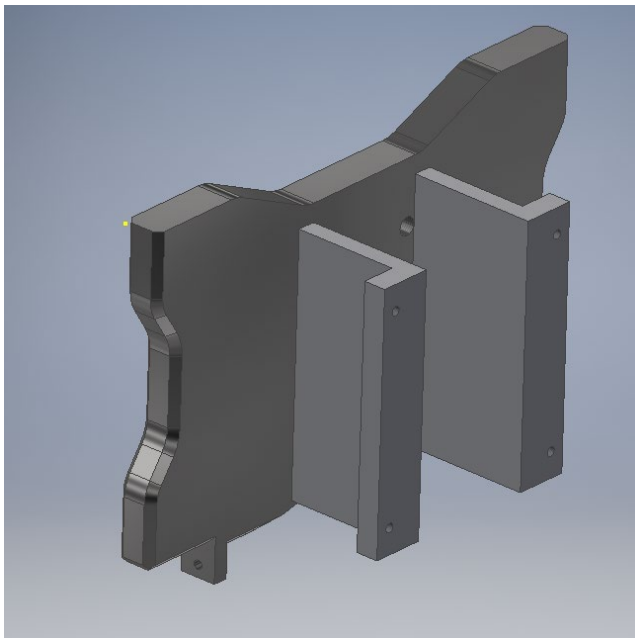
3.4.1 Fullständig specifikation av geometri, material och toleranser

3.4.1.1 Infästning

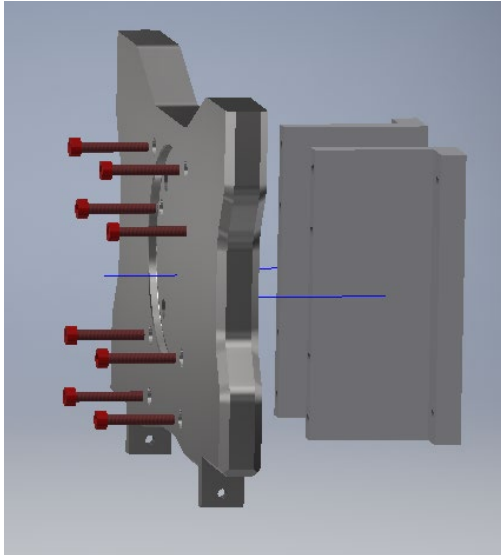
Infästningen kommer att tillverkas i stål för att motstå deformation vid användning av testobjektet. Materialvalet har utförts i samband med handledare på FTNAB. Valet baseras på deras kompetens och erfarenhet inom området. Vid tillverkning av infästningen kommer man följa toleranserna för ISO 2768-m. främre infästningsplatta kommer att sammanfogas med de bakre stödplattorna genom M6 skruvar som går igenom hålen på infästningsplattan och gängas fast i stödplattorna.



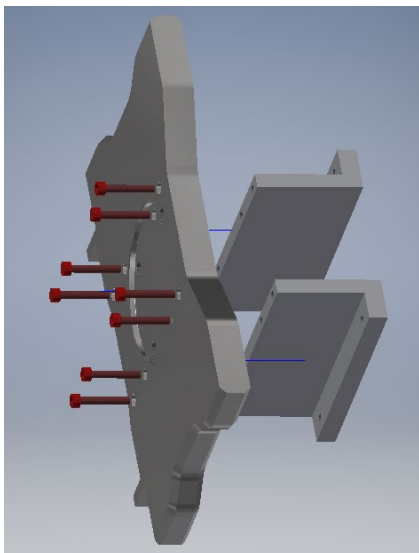
Figur 29. Fram-vy av infästning. De röda skruvarna indikerar M6 skruvar



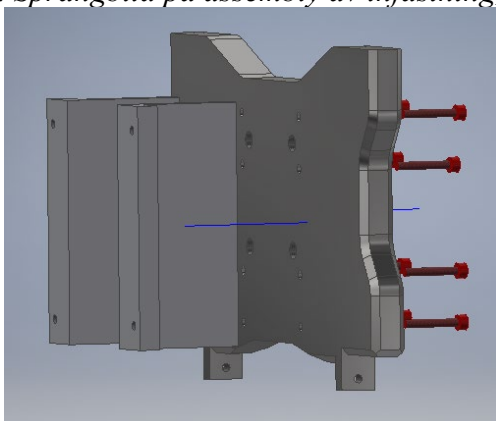
Figur 30. Bak-vy av infästning



Figur 31. Sprängbild på en "assembly" av infästning, sido-vy



Figur 32. Sprängbild på assembly av infästning, ovan-vy

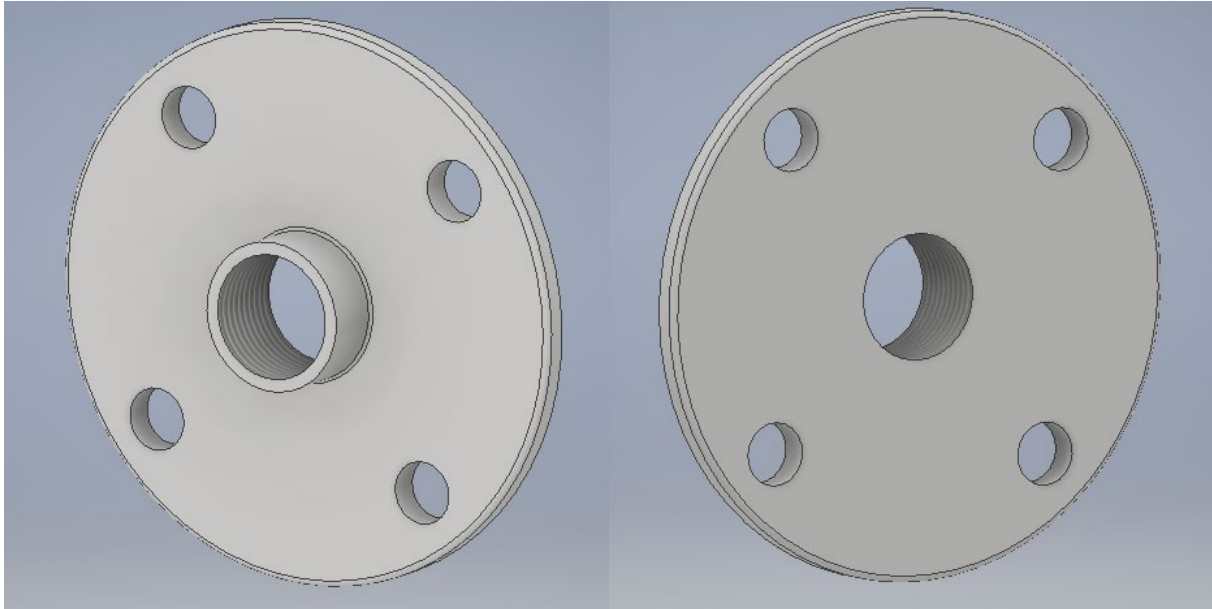


Figur 33. Sprängbild på assembly av infästning, bak-vy

3.4.1.2 Adapterplatta

Adaptorn har framställts för att passa som sammanfogning av lastcell och cylinder. Gängan i centrum på adaptorn är en invändig M20 som ska skruvas fast på cylinderns utvändiga M20

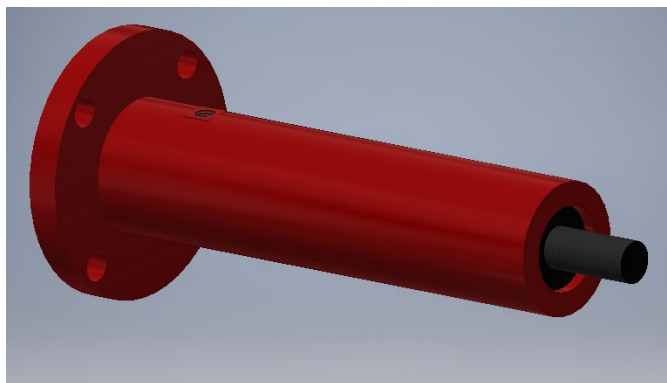
gänga. De fyra hålen som man ser i figur 32 har en diameter på 10.5mm. Hålen ligger 90 grader ifrån varandra. Hålen är anpassade så att M10 skruvar kan trä igenom och skruvas in i baksidan av lastcellen för att fästa den mot adapterplattan som sedan skruvas mot kolvens gängade ända. Adapterplattan har en utvändig diameter på 90mm. Adapterplattan kommer att tillverkas i stål. Vid tillverkning av adapterplattan kommer toleranserna följas enligt ISO 2768-m.



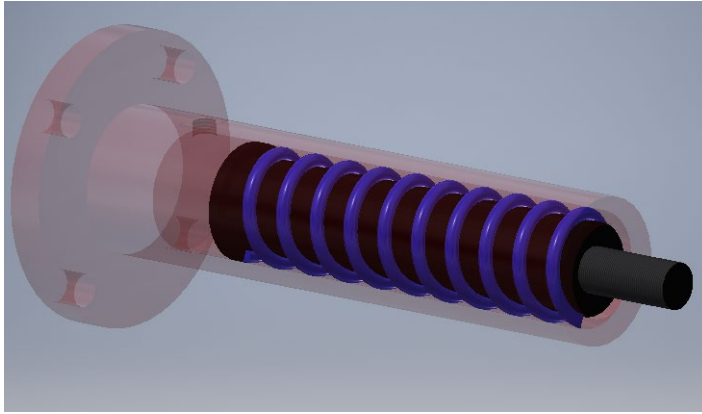
Figur 34. Visar en CAD modell av adaptern som kommer att monteras på cylinderns gängade ända, därefter kan lastcellen monteras mot adaptern

3.4.1.3 AGB250-63-40-100-C3-K5 enkelverkande cylinder

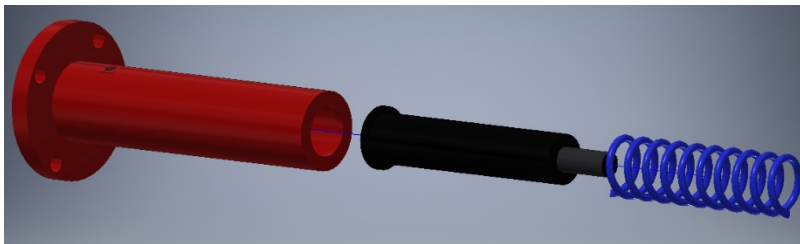
Cylindern kommer att vara av typen enkelverkande, det vill säga att kontrollerad styrning enbart kan ske i ett led. En fjäder kommer sköta retraktion vid avlastning av tryck. Cylinder kommer att ha ett maximalt arbetstryck på 250 MPa. Cylinderdiametern kommer att vara 63mm och kolvstångsdiametern kommer att vara 40mm. Cylinderröret är gjort av precisions henat stålrör. Kolvstången är hårdförkrämad och slipad. Kolv tätningarna är gjorda av polyamid och stångtätningarna är gjorda i polyuretan. Cylindern kommer att ha en maximal slaglängd på 100mm. I bakändan finns en C3-fläns och på kolvstångens utvändiga ända finns det en utvändig K5-gänga. Se appendix för fullständiga specifikationer på mått och diverse dimensioner. Cylinderns total vikt är cirka fem kg.



Figur 35. Visar enkelverkande hydraulcylinder ritad i Inventor



Figur 36. Visar cylindern i figur 35 fast med genomskinligt hölje

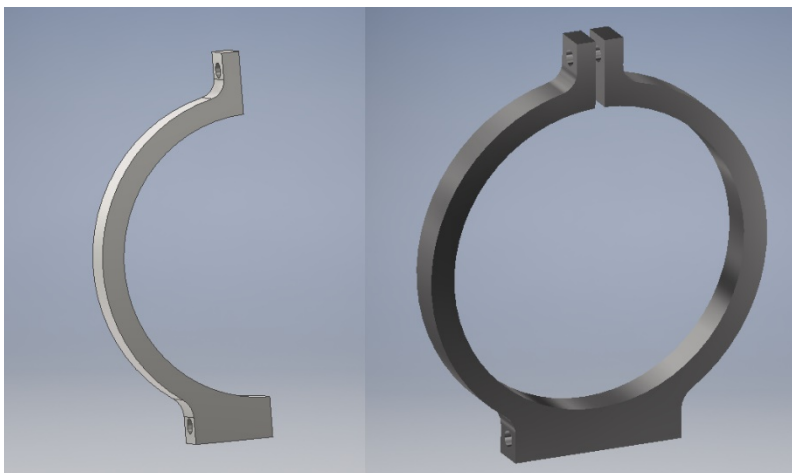


Figur 37. Visar en sprängbild av den enkla replikeringen i CAD av den riktiga cylindern

3.4.1.4 Novotechnik TR 50 a 502 Lägesgivare

Denna lägesgivare är från TR-serien och har modellnamnet TR 50. Lägesgivaren kommer att spännas på hydraulcylindern med en egendesignad överfallsklämma och ha kolven vilandes mot adaptern som sammanfogar kolvstång och lastcell. TR 50 är en linjär lägesensor som har en linjäritet på 0,15 % och en slaglängd upp till 50 mm. Denna lägesgivaren kommer från företaget Novotechnik, se figur 60 för fullständig specifikation.

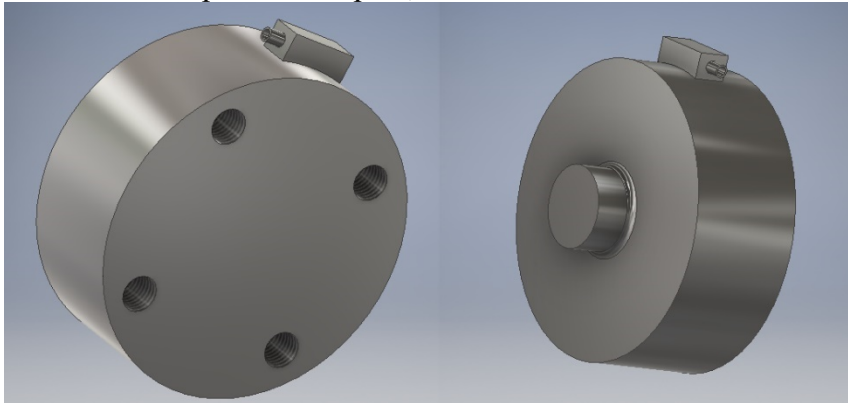
Montering av lägesgivaren kommer att ske med hjälp av en egendesignad överfallsklämma. Överfallsklämman kommer att hållas ihop med M3 skruvar och muttrar. Hålen på ovansidan och undersidan är dimensionerade till att vara 3,5mm i diameter för att tillåta enkel montering av M3 skruvar.



Figur 38. Till vänster illustreras ena delen av överfallsklämman och till höger visas en sammansättning av två delar

3.4.1.5 1-C2/50KN lastcell

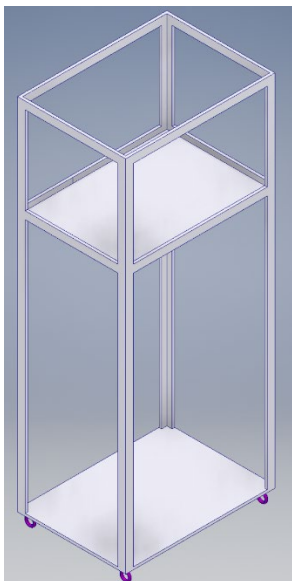
Lastcellen som kommer att användas har modellnamnet 1-C2/50KN. Denna lastcellen kan mäta på krafter mellan 20kN till 50 kN. Lastcellen har en ytterdiameter på 90 mm och en höjd på 48 mm. Lastcellen har en repeterbarhet på 0,1%.



Figur 39. Visar en enkel modell av 1-C2/50kN lastcellen från HBM konstruerad i CAD. Vänster om syns lastcellens M10 gängade hål

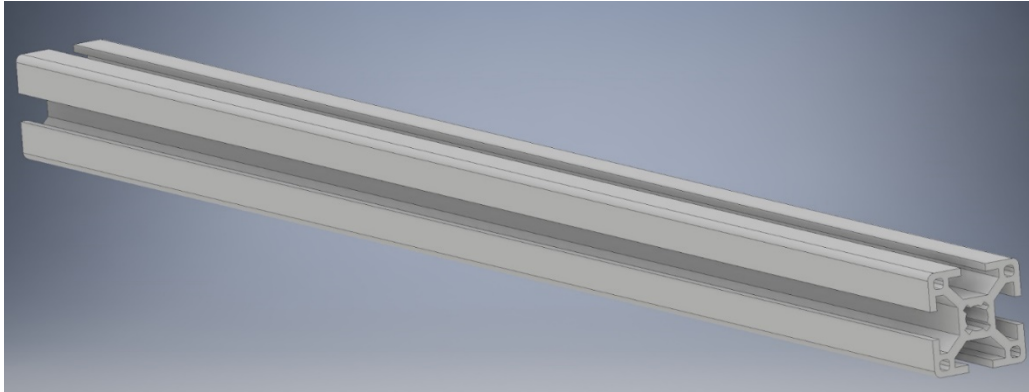
3.4.1.6 Vagn för anordningen

Vagnen kommer att bestå av balkar. Dessa balkar är av materialet aluminium. Vagnen kommer att behöva fyra balkar med längden 1000 mm. Dessa balkar kommer att användas i höjden av vagnen. Eftersom vagnen har två hyllplan och ett översta plan som håller vagnen ihop, så blir det sammanlagt tre plan. Dessa tre plan behöver sex balkar med längden 580 mm och sex balkar med längden 420 mm som kommer användas i bredden. Dessutom kommer det att behövas två rektangulära plattor som kommer sitta på de två hyllplanen. Dessa plattor har tjockleken 10 mm. Den översta plattan ska vara på en höjd på 800 mm. Vagnen kommer att ha fyra hjul av modellen "Roller". Dessa balkar och hjul säljs av företaget Rexroth Bosch Group som finns i Helsingborg [59].



Figur 40. Visar en enkel modell av en vagn med två hyllplan ritad i CAD. I vagnen kommer testobjekten med dess delar att finnas när dem inte används

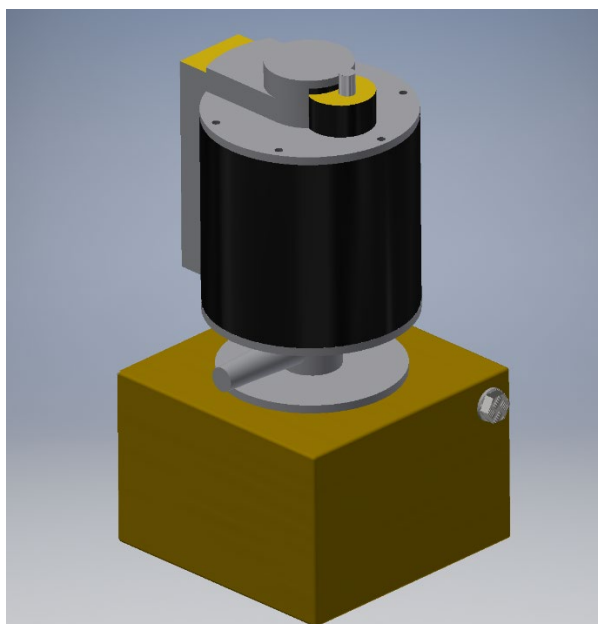
Balkarna kan väljas i olika profiler och dimensioner utifrån kundens behov. För vår tillämpning har vi valt att använda oss av balkar med en så kallad "strut" profil som illustreras i figur 38 här nedan. Balkarna levereras i de önskade längderna som man beställer, därefter sätter man ihop balkarna för att skapa den önskade vagnen. Hyllplanen kommer att bestå av plåtskivor som kommer att designas och skäras ut enligt vagnens längd och bredd.



Figur 41. Visar en balk av "strut profile". Vagnen kommer att vara byggd av sådana balkar ihopsatta

3.4.1.7 Olmec P720-40-1,2A pump

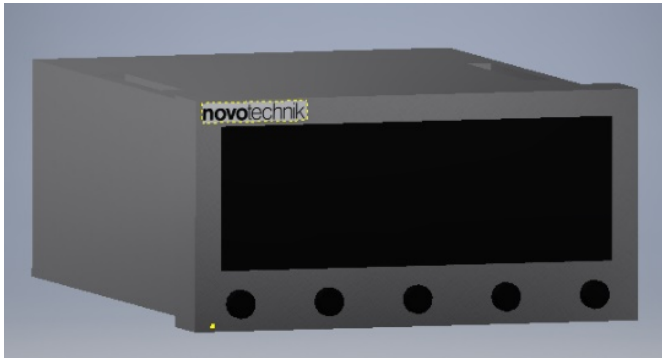
Pumpen består av flera delar. Den nedersta delen är en tank som kommer innehålla oljan. I den mellersta delen finns ventiler. I den översta delen finns en ventil för lufttryck och därigenom kommer luften att tryckas ner. På tanken finns ett hål där syftet med hålet är att kunna se oljenivån. Pumpen med 1,2 L tank från företaget Olmec väger 10,2 kg. Denna pumpens modell är P720-40 alltså har den ett tryckförhållande på 1:40. Detta betyder ett bart lufttryck ger 40 bar hydrauliskt tryck. Pumpens höjd är 314 mm och bredden är 158 mm. Eftersom tanken är kvadratisk så är långsidan lika lång som kortsidan. Pumpen tillverkas på företaget Olmec i Italien.



Figur 42. Visar en replikering av Olmec P720-40 konstruerad i CAD

3.4.1.8 MAP-4000 Multifunctional Display

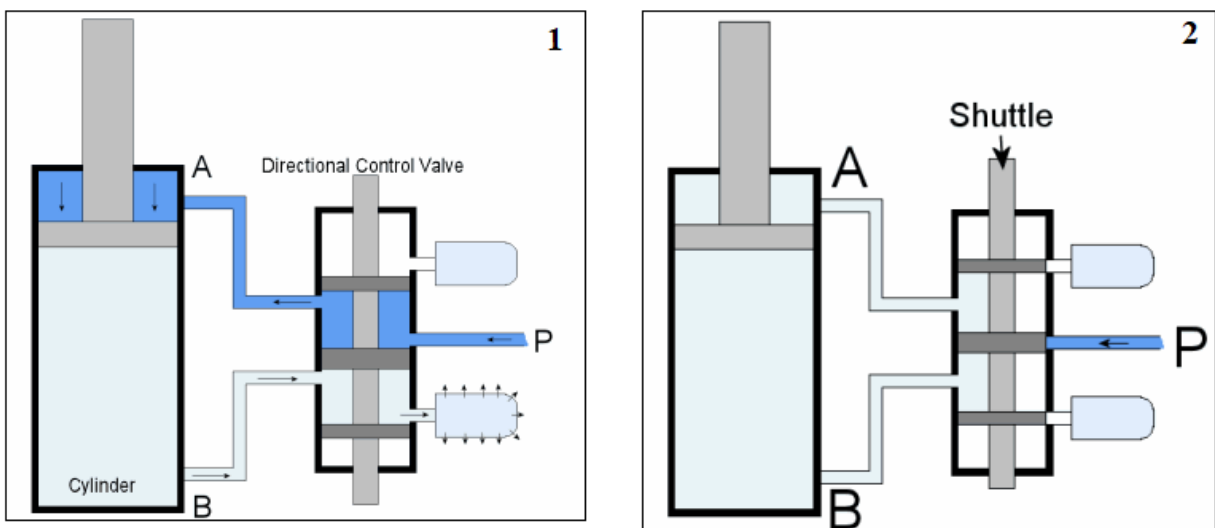
En multifunktionell display som kan programmeras för att visa både avstånd och kraftresultat eller enbart ett utav de. Displayen är ett exempel på vilken display som kan användas för vårt syfte. Displayen kommer från den företaget HBM som tillverkar novotechnik serien vilka även är leverantörer för FTNAB's lägesgivare som finns både på provbänkarna och vår prototyp. Displayen är kompakt och har en snygg design.



Figur 43. En enkel modell på en display ritad i CAD, ska föreställa en MAP-400 Multifunctional display från HBM

3.4.1.9 Växlingsventil

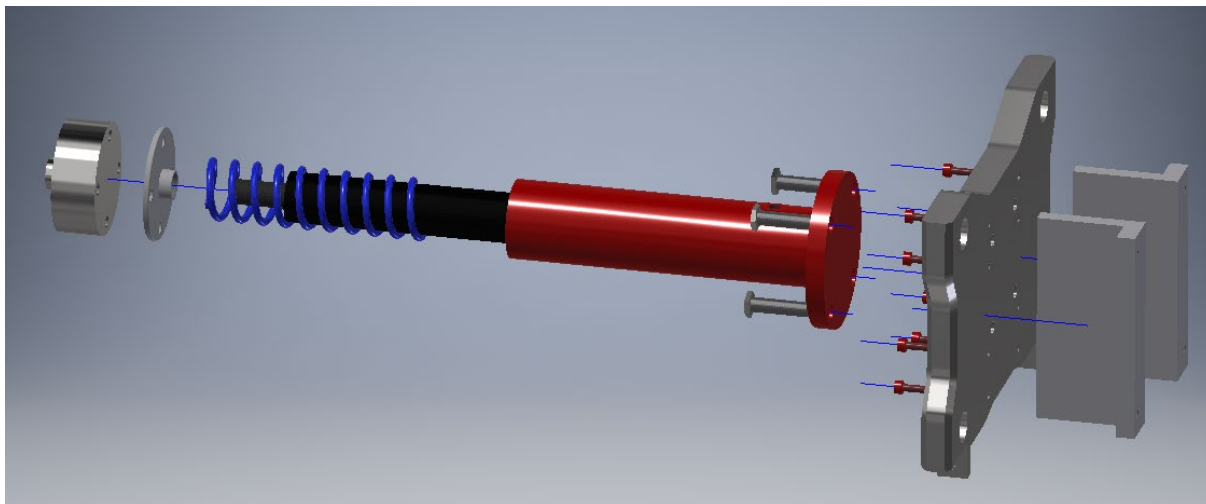
Växlingsventilen används för att styra pumpens två lägen med endast en lufttillgång. Växlingsventilen finns i olika utföranden. Den vanligaste är en mekanisk växlingsventil som kan växla mellan två lägen. Idag finns det även elektroniskt styrda växlingsventiler som kan styras med PLC, sådana ventiler kan växla mellan tre lägen vilket gör att det blir väldigt intressant för oss. Då kan man manövrera cylinder på det mest optimala läget. Man kan tillföra luften för att sedan skifta till ett andra läge som håller trycket och tillför inget till systemet, därefter kan ventilen växlas till tredje läget när man vill att cylindern ska gå tillbaka till sitt ursprungsläge.



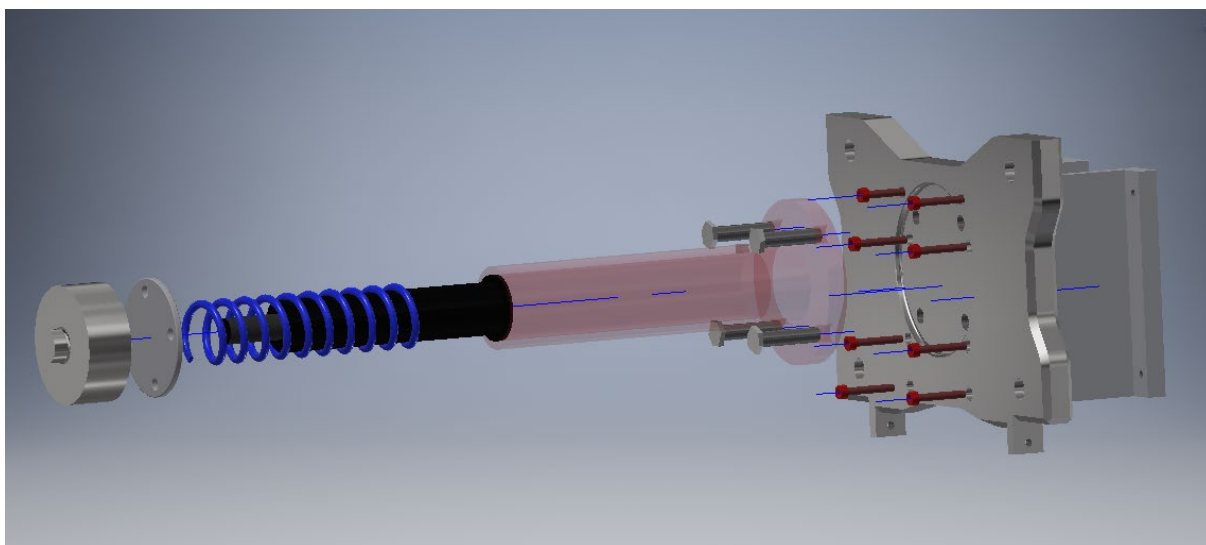
Figur 44. Visar ett enkelt exempel på hur en växlingsventil fungerar. På bild 1 kan man se att P indikerar luftflödet som strömmar genom kanal A för att trycka ner cylindern. Ventilen håller alla andra kanaler stängda för luftflödet. På bild 2 kan man se hur det ser ut när man väljer att stoppa flödet i ett system med en växlingsventil. Ventilen blockerar alla möjliga flödeskanaler för luften vilket resulterar i att systemet står stilla [60]

3.4.2 CAD prototyp

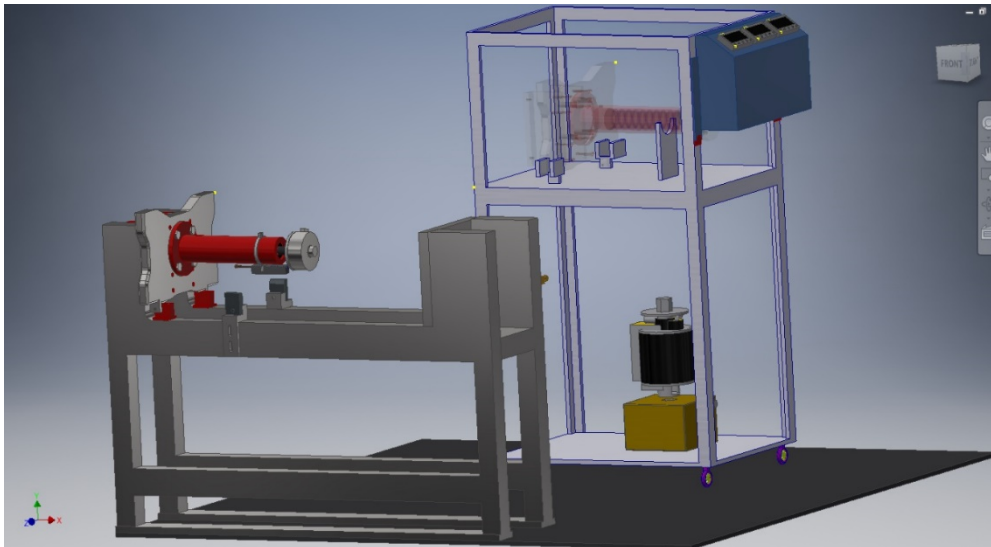
På fullständig slutgiltig prototyp. Detta kapitel består till mestadels av illustrationer som visar delar av vårt koncept samt helhets modeller. En del illustrationer kommer att vara i sprängbilds format för att visa hur olika ingående komponenter sitter sammanfogade.



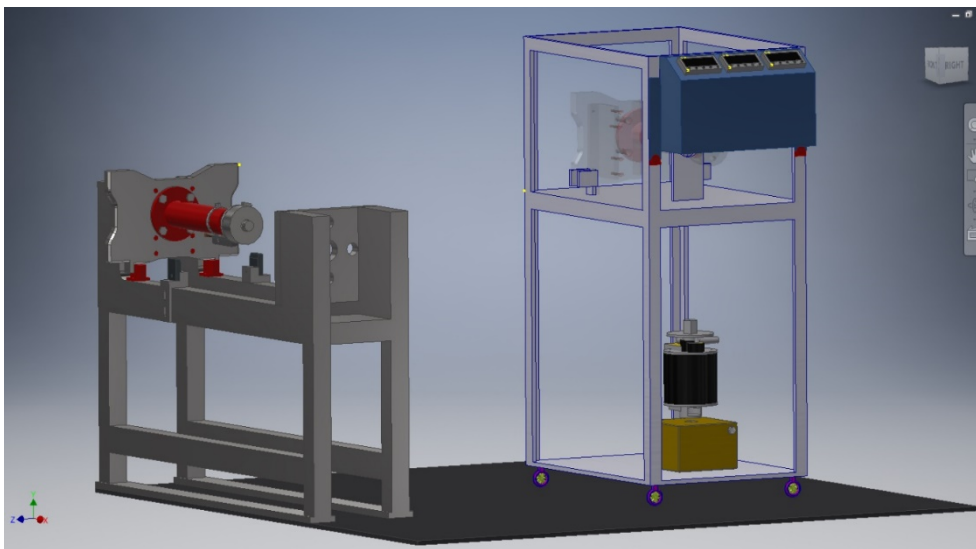
Figur 45. Sprängbild på referensobjekt som illustrerar hur lastcell, adapterplatta samt infästning sitter ihop. Stödlinjer i blå indikerar hur sammansättningen ska vara



Figur 46. Sido-vy av figur 45



Figur 47. 3D modell av komplett prototyp konstruerad i Inventor



Figur 48. annan vy av figur 47

3.5 Testning och vidareutveckling

3.5.1 Test anordning

Vilka komponenter som används vid just testningen, vissa komponenter skiljer sig från vad som är tänkt för slutgiltiga produkten.

Vid testningen sker det en del avvikelser i form av användning av utrustning. Detta beslut bygger dels på att vi vill först och främst bekräfta att metoden fungerar före än man investerar i ny utrustning, och att en viktig komponent i produkten har blivit fel skickad. Det är nämligen vår hydraulcylinder, beställningen var på en enkelverkande cylinder med fjäderretur, men tyvärr fick vi en dubbelverkande med plugg för ena anslutningen. På grund av att vi har valt att styra cylindern med en Olmec p720 så är det inte möjligt att styra cylinder i båda riktningarna med hydraulolja. Då har vi tillsammans med labbingenjören skapat en tillfällig styrning, vi använder oss av luft för att trycka tillbaka vår hydraulcylinder. Problemet som uppstår då är att lufttrycket som vi vill driva cylindern med är inte tillräckligt för att driva tillbaka cylindern, därför har vi använt oss av en 5–2 kanals växlingsventil och vi har satt tryckregulatorn efter

ventilen. Då kommer ett fullt lufttryck tillsättas när ventilen slås om till avlastningsläge men vid pålastning får luften flöda genom regulatorn som reglerar ner trycket till det önskade.

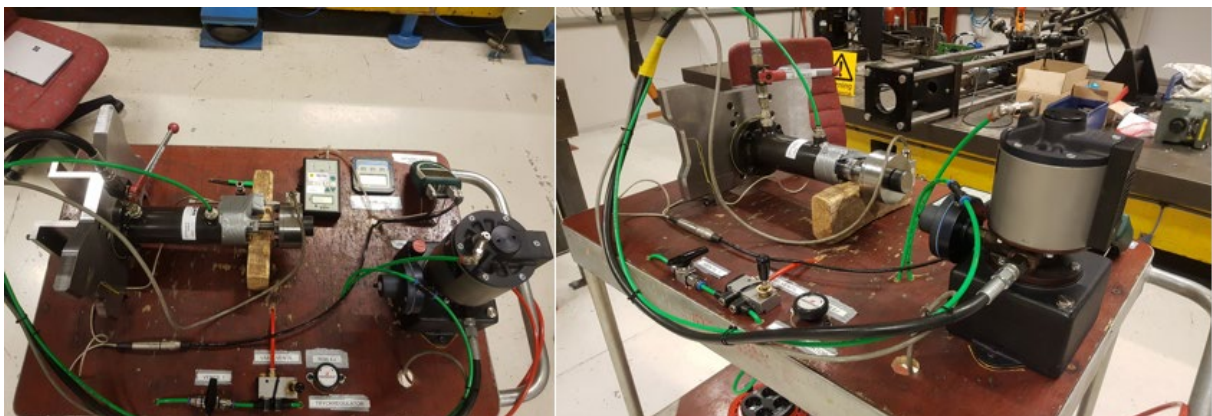
Risken finns att i längden så tränger olja genom kolvenspackning över till andra sidan och oljan hamnar i avlastningsventilen i pumpen vilket kan fördärva pumpen. Ett önskemål är att kunna stoppa cylindern vid återfjädring för att kunna avläsa lägesgivare, detta kommer att utföras genom att sätta en ventil på hydraulanslutningen, därefter tillsätts ett tryck på avlastningsventilen som öppnar ventilen för oljereturen och då styr vi det genom att öppna eller stänga den externa ventilen för oljan.

För mätning av läckage kommer vi använda oss av laboratoriets apparat och ställa in den på ett bestämt läckage och sedan utföra tester. Detta kommer att simulera funktionen av en läckageventil. Läckaget kommer att ställas mellan 9 – 10 mbar/min, det är för att testa på systemets maximala kapacitet.

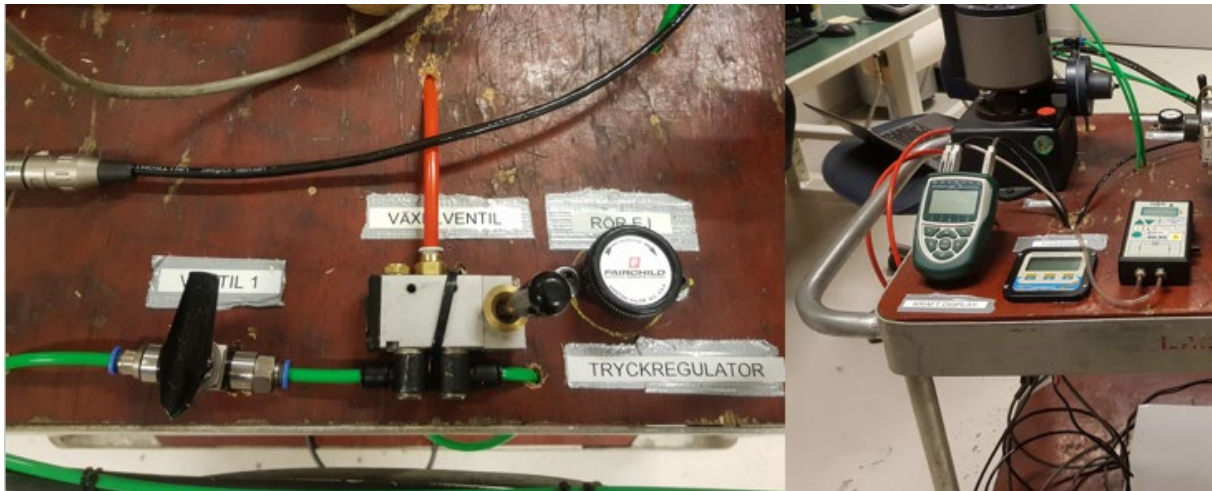
Inför testningen upptäcks ett problem, ett missförstånd har skett och därför stämmer inte centrumlinjen i vertikalled i vår infästning. Detta medför att cylindern inte träffar rakt på provbänkens lastcell vilket kan medföra felkällor vid mätning. Ty symmetrin på infästningen kunde labbingenjörerna hjälpa oss att borra och gänga nya hål på baksidan med en förflyttad centrumlinje. Den nya centrumlinjen ska ligga cirka 35mm lägre ner i y-led än den befintliga.

Displayerna som användes vid testningen bör ha kalibrerats för att visa en decimal mer än själva provbänken men möjligheten fanns inte och därför användes de i sitt befintliga skick.

Referensobjektets styrning skiljer sig från vad som var tänkt enligt figur 27, på grund av cylindern är vi tvungna att använda fler ventiler än tänkt och det medför fler steg för manövreringen. Men det orsakar inga komplikationer för att kunna utföra tester med objektet. För att simplificera användningen av referensobjektet har det framställts en instruktionsmanual, se figur 61.



Figur 49. Bild som visar fysiskprototypen samt hela annordningen



Figur 50. Bild som visar två utav tre ventiler i systemet samt displayer och läckage testare

3.6 Produktionsprodukt

Produktionsprodukten kommer att skilja sig ifrån den framtagna prototypen. Vissa givare kommer att behöva bytas ut mot andra av högre klass för att skapa bästa förutsättningarna vid användning av objektet.

3.6.1 Faktiska prototypen

För att ett verktyg ska klassas som referens för ett annat krävs det att verktyget har en högre klass av kalibrering. Därför behöver den befintliga lägesgivaren på testanordningen bytas ut mot en av högre klass av kalibrering, repeterbarhet och noggrannhet. Displayerna behöver bytas ut mot områdesspecifika displayer för att kunna kalibrera de korrekt och uppnå högsta möjliga noggrannhet vid avläsning av värden. Enligt labbingenjören behöver referensutrustningen visa en decimal mer än själva provbänken. Det är enligt deras standarder vid kalibrering av provbänken.

Läckagemätningens utrustningen ska bytas mot en förinställd läckageventil. Den förinställda ventilen kommer att köpas för att testa vid cirka tio mbar/min.

Infästnings plattan för cylindern behöver produceras på nytt med korrekt centrum för cylindern. Vi har upptäckt att centrum ska ligga ca 35mm lägre ner än av den gör på prototypen. Samt att infästning för lägesgivare ska tillverkas och användas.

Fullständig lista över produktionsproduktens ingående komponenter kan hittas i kapitel 7.7 i figur 63.

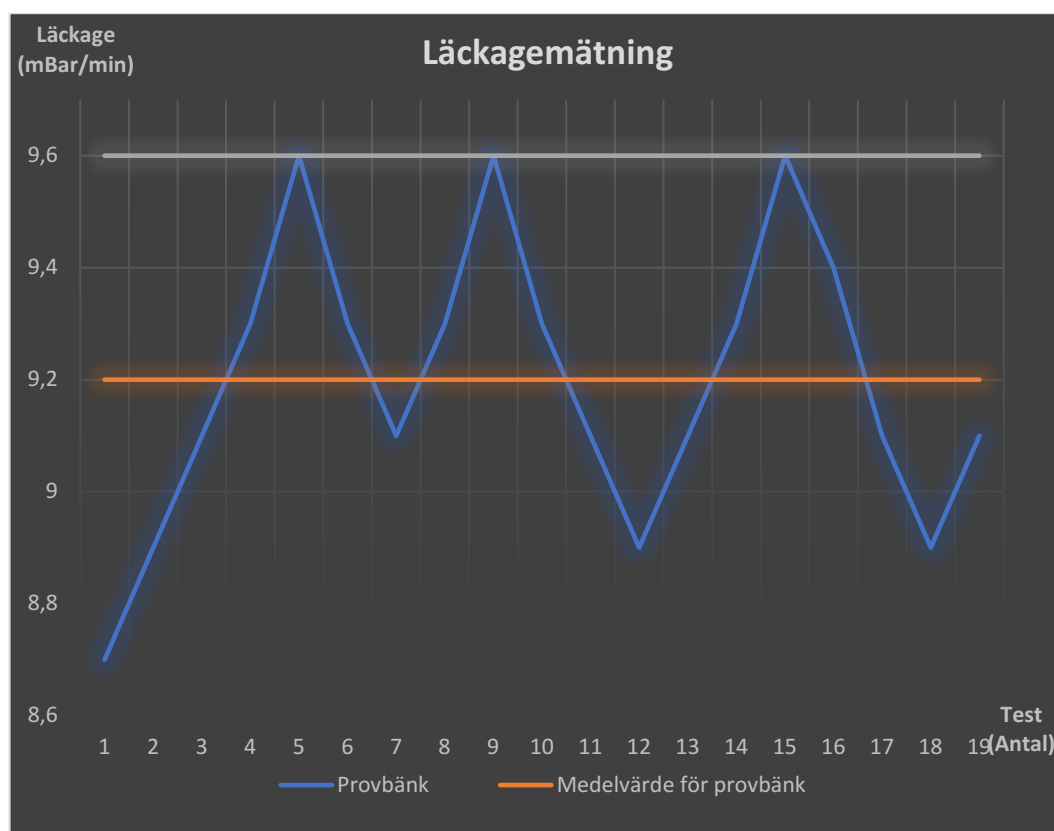
4 RESULTAT

I följande kapitel kommer resultat från testningen av referensobjektet att presenteras. Resultaten kommer att redovisas i form av grafer för att visa mätvärden för de olika parametrarna i jämförelse med varandra mellan referensobjekt och provbänk. Tester utfördes vid två tillfällen och objektet testades i mer än 50 cykler varav 38 cyklers resultat noterades och 19 cyklers resultat användes som mätdata.

4.1 Läckage mätning

Vid testet skapade vi ett läckage på 9.6mbar/min. I grafen under kan man se att provbänkens läckagemätning är väldigt varierande, även under ett test är den väldigt varierande. Därför har vi i samråd med labbingenjören som sköter kalibreringen fått ta ett medelvärde under mätningen och registrera det som mätvärde. Anledningen till att värdet ständigt fluktuerar är på grund av att systemet ständigt försöker kompensera för läckan. Värt att notera är att systemet aldrig visar en läcka större än den vi har skapat. Systemet betar sig på detta vis för att systemet trycker in luft i en tank med en referensvolym som sedan försör resterande system med tryckluft, när ett läckage skapas vill systemet kompensera för det, vilket medför att trycket kommer att sjunka en aning för att sedan öka. Skillnaderna i trycket påverkar att läckan antingen ökar eller minskar.

Medelvärdet visar att differensen mellan referensen och provbänken är 0.4mbar/min vilket är godkänt då maximala tillåtna skillnad är 0.6mbar/min.

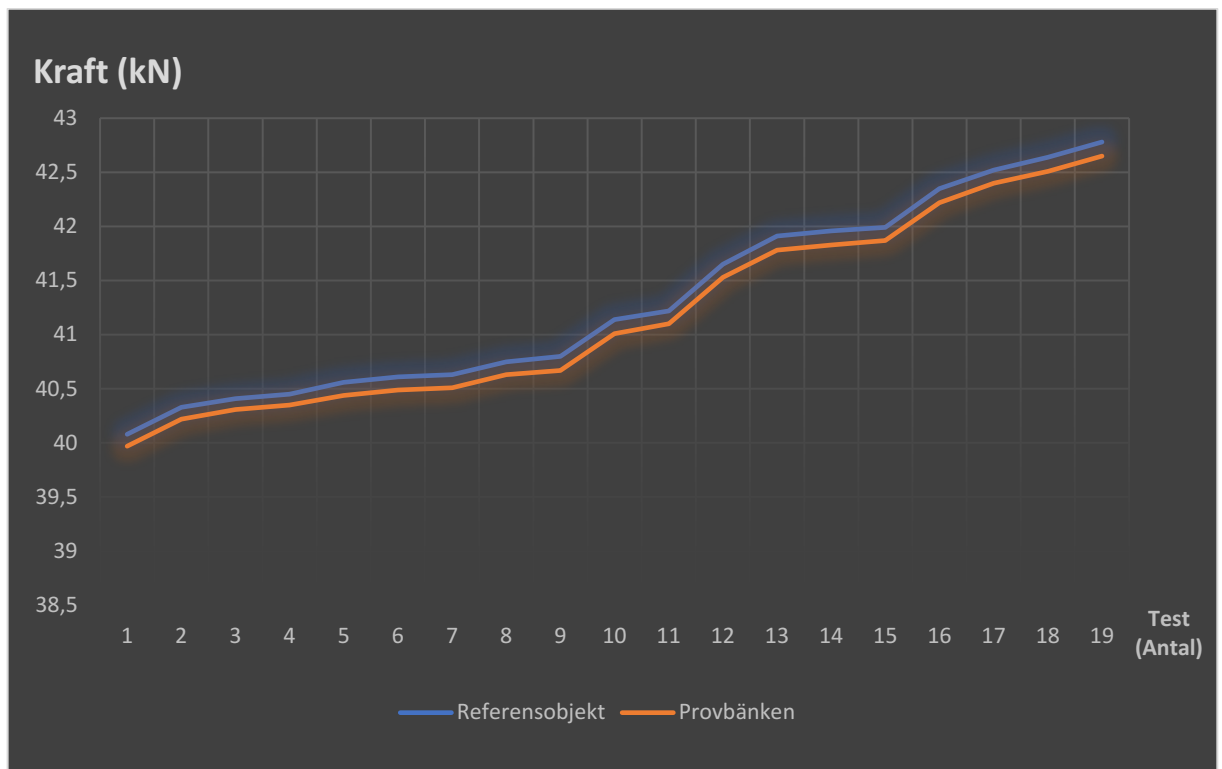


Figur 51. Mätvärden för läckagemätning vid testningen redovisade i grafen

4.2 Kraftmätning

I testningen av kraftparametern gjorde vi nitton olika tester för kraften. Vi la ett konstant tryck i pumpen som i sin tur pumpade ut olja till hydraulcylinder och som i sin rörde sig fram mot provbänkens lastcell. Genom detta testet kunde vi jämföra kraften mellan lastcellen på hydraulcylinder och lastcellen i provbänken. Testet gjordes genom att vi öppnade en ventil som släpper förbi trycket och ser vad kraften blir i provbänken och i referensobjektet. Därefter stänger vi ventilen och då stoppas trycket och hydraulcilindern åker tillbaka till sin ursprungliga placering. Detta testet gjorde vi nitton gånger eftersom vi ansåg att det var en rimlig data.

4.2.1 Mätresultat och repeterbarhet



Figur 52. Mätvärden för kraftmätning samlade vid testningen och redovisade i grafen

4.2.2 Repeterbarhet

Största värdet på kraftskillnaden: 0,13 kN

Minsta värdet på kraftskillnaden: 0,11 kN

Medelvärdet av kraften: 41,304 kN

Repeterbarheten i kraft: $\frac{(0,13 - 0,11)}{41,304} = 4,842 \cdot 10^{-4} \text{ kN}$

Repeterbarheten i procent blir då: $4,842 \cdot 10^{-4} \cdot 100 = 0,04842\%$

För att räkna ut repeterbarheten börjar vi med att subtrahera det största värdet med det minsta värdet på kraftskillnaden mellan provbänken och referensobjektet. Därefter dividerar vi differensen som vi fick från subtraktionen med medelvärdet av alla kraft värden. Då får vi

repetierbarheten i kilonewton. Eftersom vi vill veta repetierbarheten i procent så multiplicerar vi kvoten som vi fick i kilonewton med 100. Resultat av repetierbarheten av kraft är 0,04842% och är godkänd eftersom vi hade som krav att nå 0,2% på repetierbarheten.

4.2.3 Noggrannhet

Kraftens medelvärde i referensobjektet: 41,30421053 kN

Kraftens medelvärde i provbänken: 41,18368421 kN

Skillnaden mellan referensobjektet och provbänken: $41,30421053 - 41,18368421 = 0,12052632$ kN

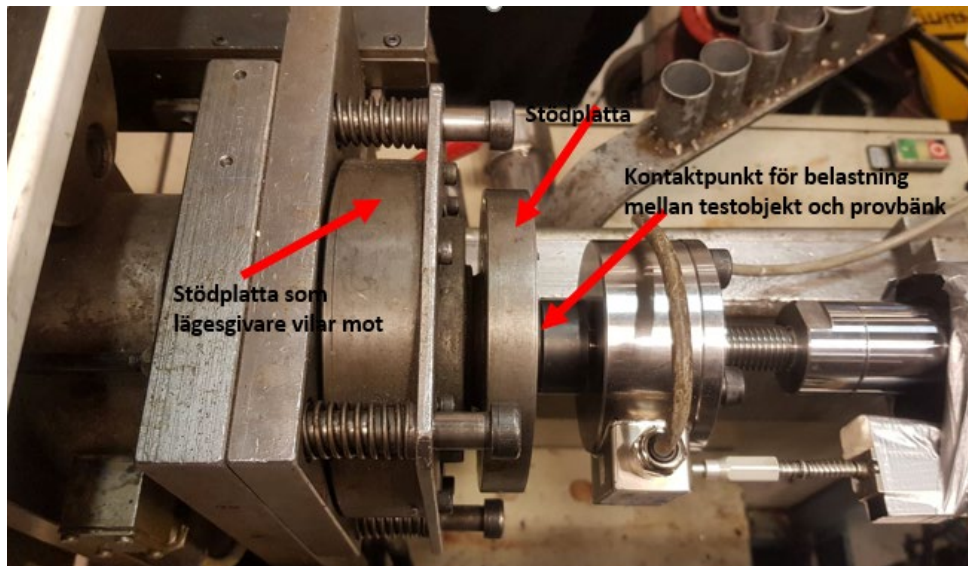
Skillnaden i procent: $\frac{0,12052632}{41,30421053} * 100 = 0,2918$ %

4.3 Avståndsmätning

Efter testningen som vi gjorde så hade vi värden på 19 olika avstånd från både provbänken och referensobjektet. För att kunna beräkna repetierbarheten så subtraherade vi avståndet mellan provbänksvärden med referensobjektsvärden, för att få fram mätvärden. Våra mätvärden är godkända eftersom skillnaden mellan lägesgivarevärden på provbänken och referensobjektet är under 0,05 mm. Enligt kalibreringsstandarden på FTNAB råder att skillnaden på mätvärdet mellan provbänken och referensobjektets värde får inte överstiga 0,05 mm.

4.3.1 Elasticitet i provbänkens tryckplatta

Elasticitet beskriver den fördröjning provbänkens mellan platta har, det vill säga från det att objektet träffar plattan och till att plattan träffar provbänkens lastcell. Mellan plattans fäste vilar mot fyra fjädrar och därav skapas elasticiteten.



Figur 53. Visar en närbild på referensobjektets lastcell som trycker mot provbänkens stödplatta

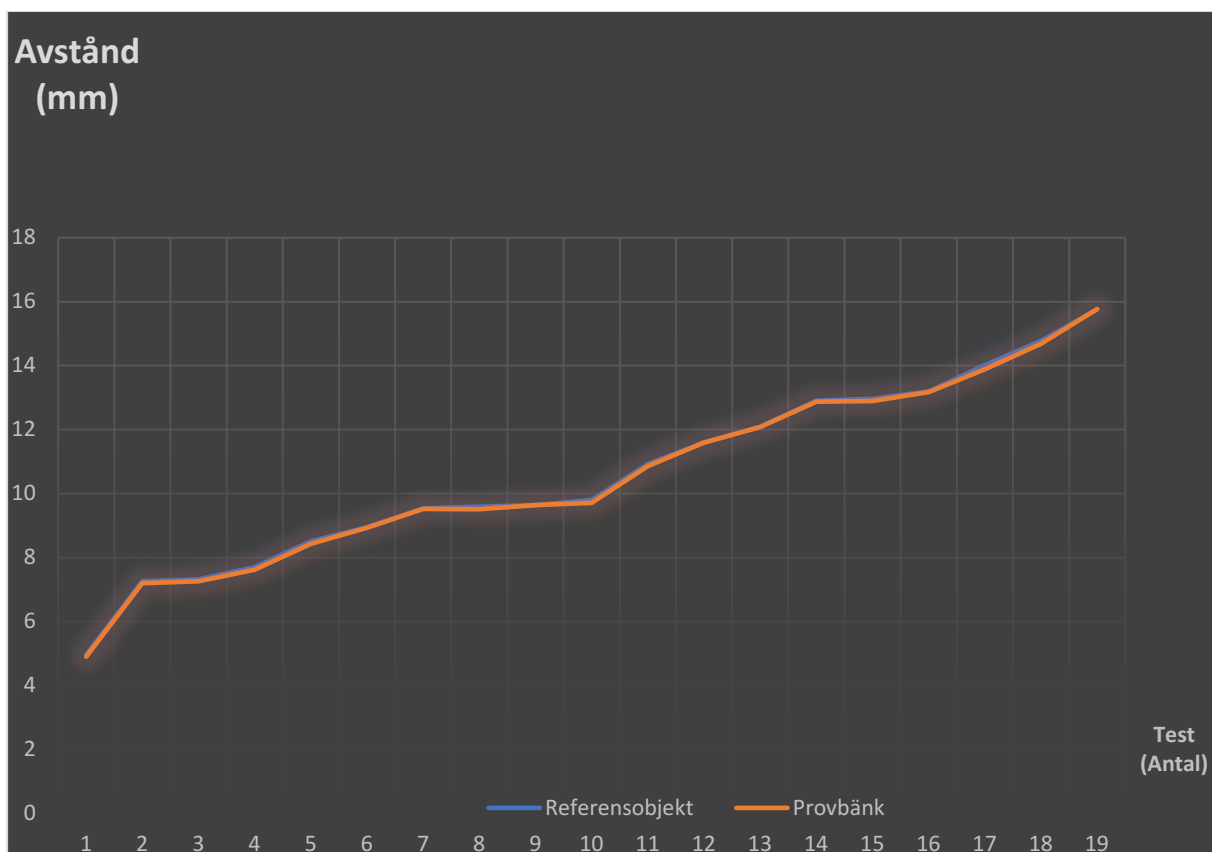
Vid början av testet observerades stora skillnader i mätresultatet för avståndet. Skillnaden i resultaten var mer än två millimeter. Till en början antog vi att det var fel på en av lägesgivarna, men antagandet försumrades efter att vi kontrollerade givarna med hjälp av passbitar. Båda givarna verkade vara korrekta. Därefter upptäcktes att vi inte har tagit hänsyn till elasticiteten i

provbänken. När vårt objekt går in och trycker kommer den att få kontakt med stödplattan först. Därefter trycks stödplattan in en bit innan den får kontakt med andra stödplattan som provbänkens lägesgivare vilar mot. Den förlängningen där beror på en elasticitet som motsvarar 0,06 mm/kN enligt labbingenjören. Därför måste den registrerade kraften multipliceras med 0,06 mm/kN för att få fram avståndsskillnaden. Det som ska göras är att för varje mätning multiplicera den applicerade kraften med 0.06 mm/kN och sedan subtrahera resultatet med objektets avståndsmått, därefter får man den verkliga avståndsskillnaden.

Tabell 3. Visar värden utifrån en mätning

Referenskraft (kN)	41,8
Referenskraft*elasticitet (mm)	2,508
Referensavstånd	11,79
Referensavstånd – (Referenskraft*elasticitet) (mm)	9,282
Avstånd provbänk	9,82
Avstånd provbänk – 0.54 (mm)	9,28
Skillnad mellan provbänk och referensobjekt	0,002

4.3.2 Mätresultat och repeterbarhet



Figur 54. Mätvärden för avståndsmätning vid testning presenterade i grafen

Största skillnaden mellan värdena på: 0,0338 mm

Minsta skillnaden mellan värdena: 0,0004 mm

Medelvärde av avståndet: 7,84550588 mm

Repeterbarheten i mm: $\frac{(0,0338-0,0004)}{7,84550588} = 0,004257 \text{ mm}$

Repeterbarheten i procent blir då: $0,004257 \cdot 100 = 0,4257\%$

För att räkna ut repeterbarheten börjar vi med att subtrahera det största värdet med det minsta värdet från värdena ifrån skillnaden på avståndet på provbänken och referensobjektet. Därefter dividerar vi differensen som vi fick från subtraktionen med medelvärdet av alla värden. Då får vi repeterbarheten i millimeter. Eftersom vi vill veta repeterbarheten i procent så multiplicerar vi kvoten som vi fick i millimeter med 100.

Resultat av repeterbarheten är 0,4257% och är inte godkänd eftersom vi hade som krav att nå 0,2% på repeterbarheten

4.3.3 Noggrannhet

Avståndets medelvärde i referensobjektet: 8,085368421 kN

Avståndets medelvärde i provbänken: 8,079473684 kN

Skillnaden mellan referensobjektet och provbänken: $8,085368421 - 8,079473684 = 0,005894737$ kN

Skillnaden i procent: $\frac{0,005894737}{8,085368421} * 100 = 0,0729 \%$

4.4 Slutlig prototyp

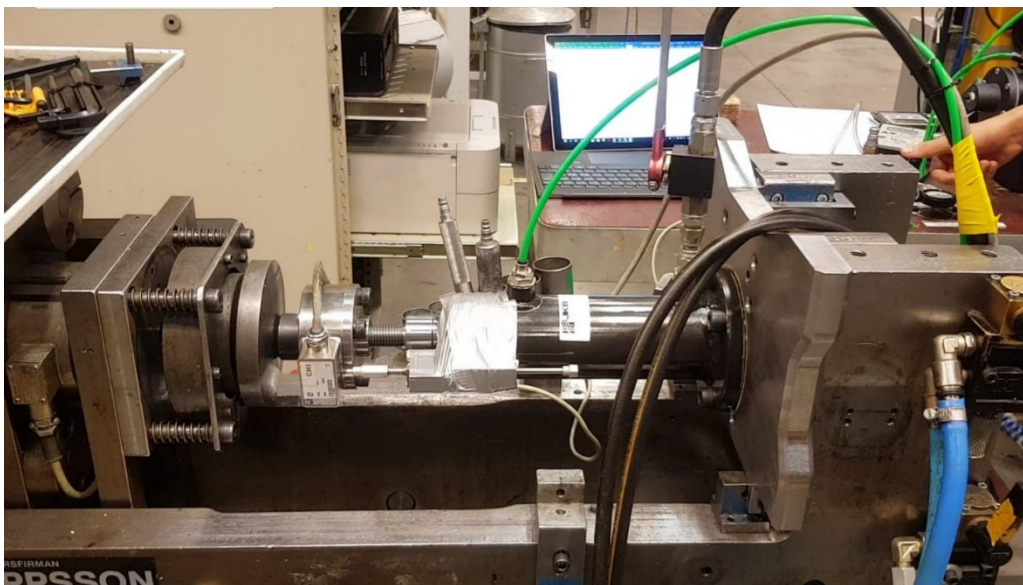
Repeterbarheten för referensobjektet i avseende på kraft och avstånd i procent:

$$\frac{0,04842+0,4257}{2} = 0,23706\%$$

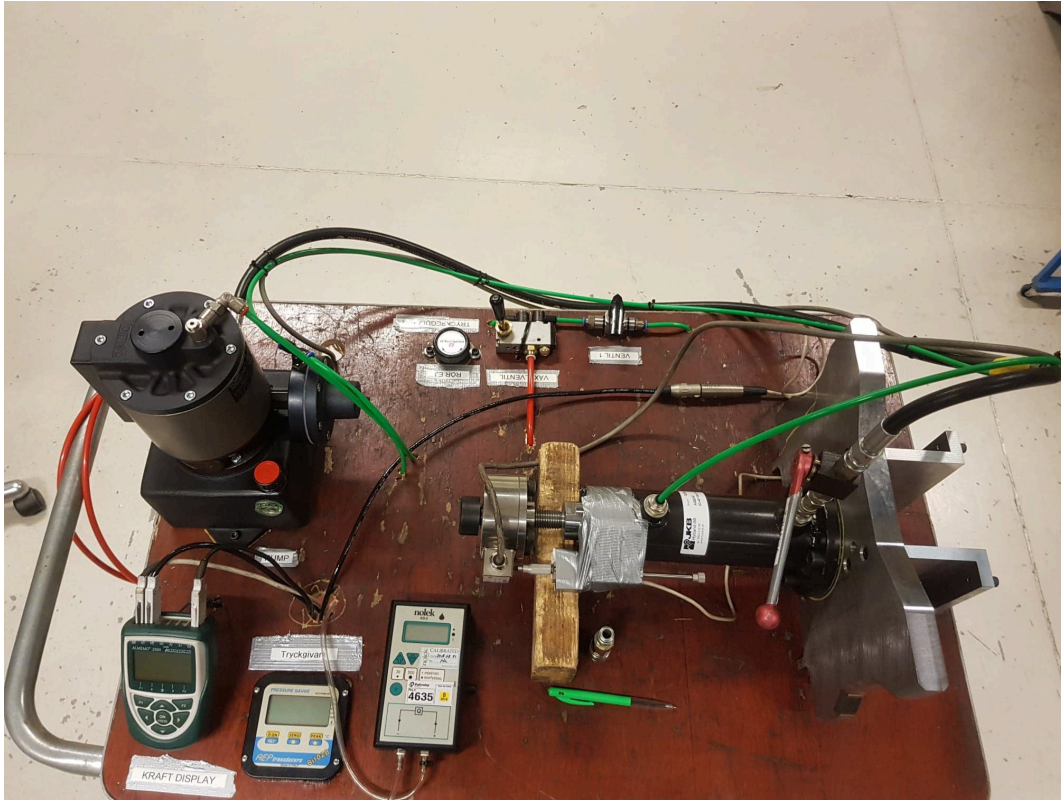
Noggrannheten för referensobjektet i avseende på kraft och avstånd i procent: $\frac{0,2918+0,0729}{2} =$

0,18235%

Den slutliga prototypen lyckades uppnå en total repeterbarhet på cirka 0,24 % och en noggrannhet på cirka 0,18% för kraft- och avståndsmätning.



Figur 55. Bild på referensobjektet under ett test



Figur 56. Bild på prototypens fullständiga anordning

5 ANALYS OCH DISKUSSION

Första delen av diskussionen kommer att föras kring metoderna och tillvägagångssättet som vi har valt och förhållit oss till under arbetets gång. Där kommer vi dels att föra diskussion kring varför vi först valde att arbeta utifrån Design thinking metoden och sedan gå över till produktutvecklings metoden.

Den andra delen som vi väljer att ta upp som diskussionsämne är vårt resultat med arbetet. Resultatet kan inte enbart diskuteras som en helhet. Som en helhet i resultatet ingår den fysiska prototypen och testningen av prototypen. Resultatet för den fysiska prototypen kan då delas in i de olika faser av projektet som lett till de olika del lösningarna som slutligen blivit till en slutprodukt. Testningen kan vidare diskuteras huruvida dellösningarna har samspelat och till vilken nivå vi har uppfyllt kraven och behoven som var ställda i projektets början samt diskutera vilka felkällor som kan ha påverkat resultatet från testningen.

5.1 Metoder och tillvägång

En viktig del som vi fick ändra i tidig fas av metod delen var processmetodiken. Vi gick ifrån att arbeta med Design Thinking processen till att använda produktutvecklingsprocessen. I början av projektet hade vi tänkt att sättet vi kommer arbeta genom är mest passande med Design Thinking processen eftersom vi trodde till exempel att i projektets gång kommer vi behöva gå tillbaka många gånger och ändra alltså en iterativ process. Men så blev inte fallet just i detta projektet eftersom vi insåg tidigt att vårt problem som vi har fått av Faiveley är redan identifierad och uppdelad i flera mindre delar. Detta gjorde att vi hade en mer specifik uppgift och produktutvecklingsprocessen passar mer med arbetsgången för vårt projekt. Design Thinking processen blev inte helt utesluten, vi integrerade vissa metoder från Design Thinking processen in i vår produktutvecklingsprocess. Ett exempel är techwatching, vilket resulterade i bra resultat då mycket inspiration kunde tas del av inför ide genereringarna. I slutändan kan man se att vissa lösningar är direkta från vad vi lyckades hitta under techwatchingen.

Nu i efterhand så är vi nöjda med att vi ändrade vår processmetodik eftersom det gick bra och processen hjälpte oss att komma på en lösning på ett smidigt och effektivt sätt tillsammans med de lånade verktygen från Design Thinking processen. I Design Thinking processen hade flera iterationer uppstått mellan de olika faserna vilket hade resulterat i slösad tid. Medan med produktutvecklingsprocessen var det mycket rakare sätt att komma till en lösning när man redan har behovsidentifieringen. En skillnad som är viktig att notera är att efter övergång till produktutvecklingsprocessen har vi enbart inkluderat vissa verktyg som används i Design Thinking processen och inte hela faser eller metoder.

I vår litteraturundersökning har vi använt för det mesta hemsidor från nätet. Vi har även använt flera böcker och rapporter som referenser. Vi har haft svårigheter med att hitta fakta och information inom vårt specifika område just på grund av att det idag inte finns något generellt referensobjekt, det mesta som finns är anpassat till specifika typer av provbänkar. Exempelvis i studien som vi hänvisar till i introduktionen så utformar forskaren ett referensobjekt för en provbänk som mäter vridmoment. Den typen av provbänk vi har tittat på är anpassad som alla andra provbänkar för en specifik produkt och därför är det inte så mycket teori ute på nätet och på andra källor. Exempelvis hitta vi inte teori om just testning av tågbrömsar i provbänk. Eftersom det var svårt att hitta information inom området, tog det långt tid att söka och hitta information. Därför var det mesta av teorin som vi hittade ifrån nätet. Genom att ha utfört vårt arbete så har vi bidragit med en metod på hur man kan skapa ett referensobjekt för vår specifika

provbänk och andra provbänkar. Med andra provbänkar menar vi att det finns provbänkar som enbart testar någon utav våra enstaka parametrar och därmed har vi kunnat bidra med kunskap kring referensobjekt för sådana applikationer.

5.2 Fysiskprototyp

Till en början verkade problemet väldigt komplext och kalibrering är helt oberörd mark för vår del. Den största utmaningen med processen av framtagning av lösning har varit att först få en fullständig förståelse för problemet för att sedan kunna agera. Från FTNAB fick vi till oss att vi ska först och främst hitta en lösning för hur vi kan mäta kraften och sedan anpassa de resterande mätparametrar till dellösning för kraft. Till en början hade vi många olika idéer b.l.a. innovativa idéer på hur problemet kan lösas, men ett krav som ställdes var att referensvärdet på kraften skulle ligga på cirka 40kN. Då blev vi omedelbart begränsade i form av val för metod av applicering av kraft. Då hade vi att välja mellan olika typer av cylindrar men nästa krav som var vikten på hela referensobjektet begränsade oss till att välja hydraulcylindern. Hydraulcylindern har en linjär kraftfördelning och väldigt pålitlig kraftkälla, men vi var skeptiska över att med tiden så kan cylindern börja läcka olja vilket försämrar arbetsmiljön. Motargumentet är att egentligen kommer denna cylinder att användas en gång per dag vilket innebär att chansen för läckage är minimal åtminstone de första fem åren i drift. Inte klar!

Infästningen för lägesgivaren är en del som vi har designat och som inte har hunnit slutföras. För vidare arbete har vi underlag på hur den ska se ut sam CAD-ritningar för tillverkning. Anledningen till varför vi inte har hunnit ta fram en fysiskdel av den under projektet är delvis på grund av osäkerhet på ytterdiametern av cylindern. Enligt specifikationer från leverantören kunde vi inte hitta underlag på just det måttet. Därför valde vi att vänta tills cylindern anländer för att mäta ytterdiametern, men på grund av det valet blev efterföljden att vi inte hade tid för att skicka iväg ritningen för infästningen. Det ledde till att på den fysiska prototypen fick vi fästa lägesgivaren med hjälp av silvertejp och hushållspapper, det fungerade bra.

5.3 Mätnoggrannhet, repeterbarhet och felkällor

Mätresultaten för de olika mätparametrarna har inte blivit riktigt som vi vill. Alla tre mätparametrar var godkända vid alla tester vi utförde. Noggrannheten på 0,35% eller lägre har vi lyckats uppnå och det verifierar att vår teori som bygger på att använda ett verktyg vars kalibreringsnivå är högre än det man jämför med. Mest stolta är vi över resultaten från kraftmätningen då vi har lyckats uppfylla kraven för både noggrannhet och repeterbarhet. Repeterbarheten blev som vi kan se i resultatet mindre än 0.05% vilket är utmärkt för ändamålet.

För mätningen av avstånd så har vi lyckats uppfylla noggrannhetskravet men inte repeterbarheten. Däremot gör sig inte resultaten rättvist gentemot verkligheten. Till skillnad från kraften som styrdes utav ett automatisk ställt lufttryck så styrdes avståndet manuellt. Detta medför att mänskliga faktor spelar roll då det blir omöjligt att alltid stänga returventilen vid samma tidpunkt och läge från det att cylindern släpper tillbaka. Därför blir det svårt att exempelvis alltid stänga ventilen vid 13 mm. I och med att vi inte testar för ett och samma område då kan vi inte ange en rättvis repeterbarhet för avståndsmätningen. Anledningen till varför det blev en prototyp med mestadels manuell styrning är på grund av två faktorer. Första faktorn var missförstånd vid beställning av hydraulcylinder och andra faktorn var tidsbrist för

att införa PLC styrda växlingsventiler samt skapa ett program för de. Hydraulcylindern skulle ha varit en enkelverkande tryckcylinder med fjäderretur det hade medfört en nedskärning på ventiler och därmed ett enklare system. För kraftmätningen har vi inte observerat några större felkällor som kan ha påverkat mätningen då resultatet var precis vad vi hade förväntat oss. En aspekt som är värd att nämna är att cylindern krävde högre tryck än vad vi beräknade för att trycka med 40kN. Enligt våra beräkningar behövde vi 3.21 bar men i verkligheten krävdes det 4.23 bar. Det kan bero på att pumpen inte riktigt håller sina specifikationer, men i verkligheten påverkar det inte slutprodukten eller användningen då vi har upptill sju bara lufttryck att nyttja.

Lägesgivaren som vi använde vid testningen var inte den optimala då den var likvärdig provbänkens lägesgivare. Både lägesgivarna kontrollerades för testningen med hjälp av passbitar i tre olika storlekar. Detta gjordes för att utesluta att givarna avviker allt för mycket ifrån varandra.

Under ett tidigt stadiet av techwatchingen lyckades vi hitta en så kallad ”master calibrated leak”, vilket är med enkla ord en ventil som är gjord för att strypa luften till en viss grad som man själv bestämmer. Själva metoden för läckagemätning med en sådan ventil bör funka utan problem i verkligheten, då labbingenjören på FTNAB kalibrerar läckaget på ett likadant sätt ända skillnaden är att han har en apparat där man kan ställa in olika läckage. Efter att ha diskuterat en potentiell lösning med en sådan ventil tillsammans med FTNAB i tidiga stadier av arbetet hade vi dragit slutsatsen att satsa på den lösningen, därför ansågs läckageproblemet vara löst. Men vid testningen upptäcktes det att en sådan lösning inte funkar på de befintliga provbänkarna. Enligt diskussion med labbingenjören har vi kommit fram till att själva lösningen är rätt typ för ändamålet, men enligt FTNAB så är nya provbänkar på väg in och då kommer den typen av lösning att fungera. Vi är nöjda med valet av lösning då vi anser att det är en väldigt simpel metod och med rätt ventil kan man ha hög precision vid mätning av noggrannhet och behålla en hög repeterbarhet. På marknaden idag finns det ett stort sortiment att välja ur och förslag på läckage ventiler har lämnats till FTNAB, det är vidare deras ansvar att välja den mest lämpliga för framtida utveckling av referensobjektet. Egentligen är det ingen felkälla som har påverkat mätresultatet utan det är på så vis systemet betar sig, det är mer att vi kanske borde ha lagt mer tid på att utveckla en mer systemanpassad lösning för läckaget. Men med tanke på att nya provbänkar är under utveckling och förmodligen framtagna inom snar framtid så har vi satsat på att lösningen kommer att funka för framtiden.

6 SLUTSATS OCH FRAMTIDA ARBETEN

6.1 Slutsats

Hur kan vi designa och utveckla ett referensobjekt som kan användas vid kontrollering av kalibreringen på en generaliserad industriell provbänk, med hänsyn till stabilitet, noggrannhet och användarvänlighet?

Vi hade en frågeställning som vi delade upp i flera delmål så att det underlättar arbetet och så att vi kan ta ett delmål åt gången. I första delmålet så skulle vi identifiera testparametrarna som behövde följas upp och denna delmålet hade vi fått identifierad av företaget. Dem andra delmålen var att utarbeta ett antal potentiella lösningar, utvärdera/välja koncept, utforma testobjekt, designa ett koncept av referensobjekt för att slutligen verifiera hela funktionen för testobjektet. Dessa delmål nådde vi i god tid med vår planering dessutom löste vi problemet alltså har vi hittat svar på vår frågeställning. Vi använde vår produktutvecklingsprocess för att utarbeta olika lösningar för att senare utvärdera och välja ett koncept. Därefter designa vi vårt testobjekt som vi testade och såg till att den fungerar minst så bra som FTNAB hade förväntat sig av lösningen. FTNAB tyckte om vår lösning och därför kommer dem att använda sig av denna lösningen. Vår lösning uppfyllde till mestadels alla krav och delmål som vi satte. Vi uppfyllde kraven att testobjektet skall högst ha 0,35% felmarginal på noggrannheten, testobjektet skall utföra ett test med kraften 40 kN, testobjektet skall inte sätta större påfrestningar än de befintliga på operatören, testobjektets vikt bör inte överstiga 40 kg och att testobjektet inte bör kalibreras mer än en gång per år. De krav som vi inte uppfyllde är att testobjektet bör ha en repeterbarhet på 0,2% och vi har förklarat i diskussionen varför vi inte uppfyllde kravet. Ett annat krav vi inte uppfyllde är att testobjektet skall uppfylla kraven för ISO-9001, CE-märkning, det lyckades vi inte uppfylla då detta kravet är kopplat till den framtida produktionsprodukten som Faiveley kommer att få jobba med att uppfylla. Därför drar vi slutsatsen att vår slutliga lösning var godkänd med avseende på att lösa själva problemet som vi hade ifrån frågeställningen och enligt företagets tycke.

Från början tog vi fram en frågeställning som vi skulle forska fram ett svar till och lösa dess problematik. Resultatet är att vi har kommit på en process som andra i liknande industrier kan använda sig av. Denna processen kommer att kunna tillämpas på till exempel ett annat företag och då kan företaget se på hur vi har gått i tillväga för lösa problemet för kraft-, avstånd- och läckageparametrarna. Det vill säga att vi har forskat fram en process som kan leda andra intresserade människor av att ta fram referenser för deras kraft-, avstånd- och läckageparameter eller endast en enskild parameter, genom att följa vår metod för utveckling av referensvärden och referensobjekt. Dessutom har vi gjort en slutlig produkt som kan användas i just FTNAB provbänkar för att kunna kalibrera provbänken.

6.2 Framtida arbeten

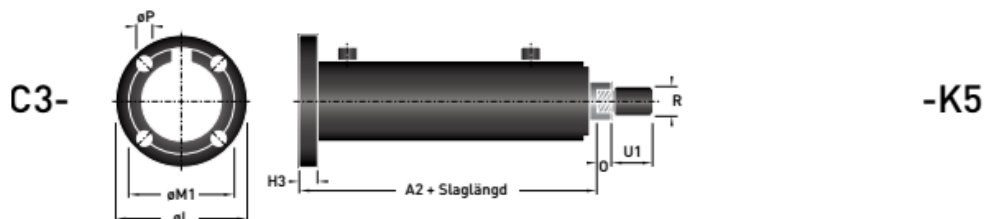
Detta projektet har lagt grunden för hur ett referensobjekt ska se ut och vara. Det vi har tagit fram kan ses som en första generation av referensobjektet. Vi har verifierat att metoden fungerar. Självklart finns det ett par punkter som återstår för att nå en produktionsprodukt. Inför framtiden är målet att referensobjektet ska vara fullständigt automatiserat. Vid ett avslutningsmöte med FTNAB framkom det att planen är att en produktanpassad vagn ska beställas för anordningen och all styrning ska ske genom PLC. Ventilerna ska bytas ut mot elektriska ventiler och cylindern ska bytas ut mot rätt typ. Läckageventil ska beställas och nya infästningsdelar med rätt centrum ska även bytas ut. Tanken är att objektet ska ha två knappar

på anordning där den ena är för att starta testet och den andra är ett nödstopp främst för att kunna stoppa vid fel eller olycka men även för att kunna ISO-certifiera objektet. Detta för att det finns en möjlighet att objektet kan säljas i framtiden.

7 BILAGOR

7.1 Specifikation för hydraulcylinder

Cylinder diameter	Kolvtång diameter i	AGB 180	AGB 180	AGB 250	AGB250	Tryckarea cm ²	Dragarea cm ²	Maxlängd vid knäcksäkerhet*	
		Tryckkraft i kN vid 17,5 MPa	Dragkraft i kN vid 17,5 MPa	Tryckkraft i kN vid 25 MPa	Dragkraft i kN vid 25 MPa			180 Bar	250 Bar
63	32	54,5	40,4	77,9	57,8	31,2	23,1	800	670
	40		32,5		46,5			18,6	1250



Cylinder		Kolvtångsände	
C3	Fläns i bakkant	K5	Utvändig gänga

Cylinder ϕ mm	Kolvtång ϕ mm	A0	A1	A2	A3	B	C	D	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
63	32	135	200	150	293	73	23	60	25	16	20	32,5	55	90	80	21
	40															

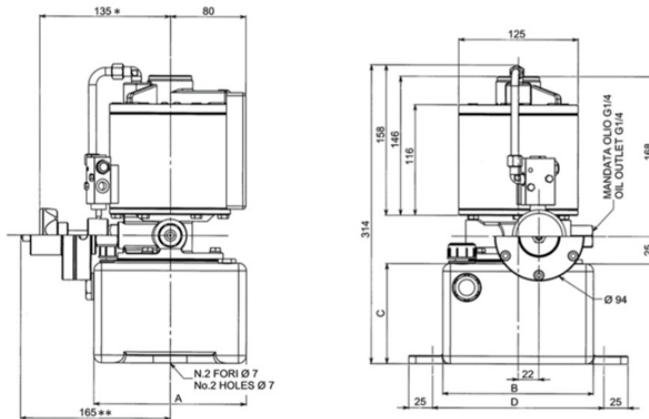
Cylinder ϕ mm	Kolvtång ϕ mm	F	G	H1	H2	H3	H4	H5	K1	K2	K3	L	M1	M2	N	O	P
63	32	20	R3/8"	25	40	15	40	25	20	40	50	125	105	85	30	15	14
	40																

Cylinder ϕ mm	Kolvtång ϕ mm	R	S	T	U1	U2	V	Y	Z
63	32	M20	19	16	45	68	90	150	100
	40								

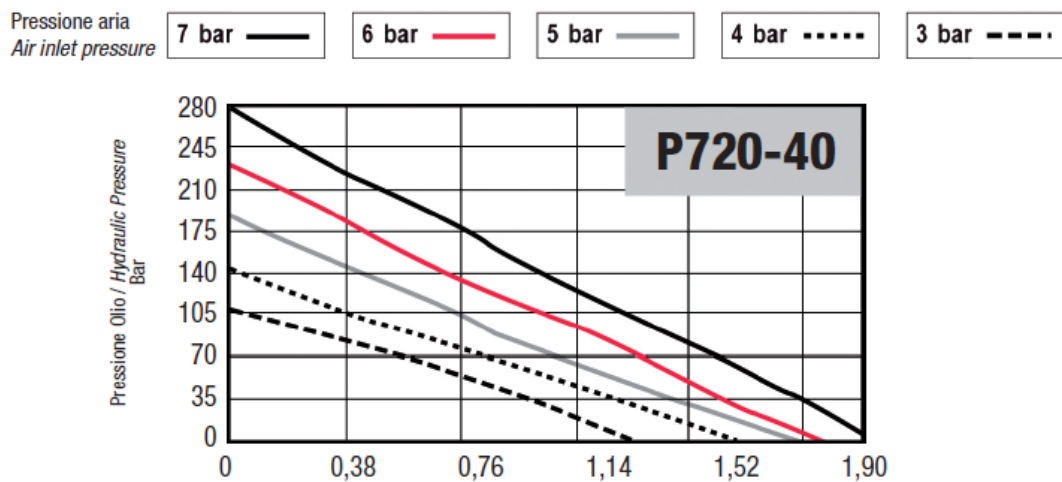
Figur 57. Specifikationer för hydraulcylinder

7.2 Specifikation för Olmec P720-40 pumpen

DATI TECNICI / TECHNICAL DATA						
Modello Model		P720-10	P720-20	P720-40	P720-70	P720-100
Rapporto di moltiplicazione Pressure ratio		1 : 10	1 : 20	1 : 40	1 : 70	1 : 100
Pressione nominale massima Maximum nominal pressure	bar	70	140	280	490	700
Pressione dell'aria Air pressure	bar	2 ÷ 7				
Consumo aria Air consumption	l/min	400				
Rumorosità Noise level	dB	Rumorosità misurata ad 1 metro / Noise measured at 1 meter 78 ÷ 80				
Capacità serbatoio Reservoir capacity	Lt	1,2				
Peso pompa standard Standard pump weight	Kg	Con serbatoio Lt 1,2 / With 1,2 L tank 10,2				
Peso pompa con serbatoio Pump weight with tank	Kg	Lt 3 = 10,6 // Lt 6 = 12,2 // Lt 10 = 13				
Peso pompa senza serbatoio Pump weight without tank	Kg	8,8				



Figur 58. Specifikationer för Olmec P720-40 pumpen



Figur 59. Tryckförhållandes specifikationer för P720-40

7.3 Specifikationer för lägesgivare

Description						
Housing	aluminum AlMgSi, anodized					
Mounting	adjustable clamps 2 x Z-45 and 4 x cylinder screw M4x10 (included in delivery)					
Actuating rod	stainless steel AISI 303, 1.4305					
Ball coupling for push rod type	spring-loaded type: with anti-twist safeguard, internal thread M2.5x6					
Probe tip for spring-loaded type	hardened ball with spring pressure on carbide plate (included in delivery)					
Bearings	stainless steel with external thread M2.5 and pressed-in hardened metal ball (included in delivery)					
Resistance element	double-sided DU glide bearings					
Wiper	conductive-plastic					
Electrical connections	precious metal multi-finger wiper, elastomer damped					
Series T / TR	3-pole cable, PVC insulated, 0.14 mm ² (AWG 26), shielded, 2 m length					
Series TS / TRS	5-pin connector M16x0.75 (IEC 130-9), other connectors on request					
Mechanical Data						
Maximum permitted torque for mounting screws	140					Ncm
Push rod type	T/TS-0025	T/TS-0050	T/TS-0075	T/TS-0100	T/TS-0150	
Housing (dimension A)	63	88	113	138	188	+1 mm
Mechanical stroke (dimension B)	30	55	80	105	155	±1.5 mm
Maximum operational speed	10					m/s
Weight						
with cable	140	160	170	190	220	g
with connector	86	107	132	150	190	g
Weight of shaft with coupling and wiper	35	43	52	58	74	g
Operating force (horizontally)	≤ 0.30					N
Max. displacements of ball coupling	±1 mm parallel offset, ±2.5° angular offset					
Spring-loaded type	TR-0010	TR/TRS-0025	TR/TRS-0050	TR/TRS-0075	TR/TRS-0100	
Housing (dimension A)	48	63	94.4	134.4	166	+1 mm
Mechanical stroke (dimension B)	15	30	55	80	105	±1.5 mm
Flange nut SW-10 (dimension C)	7	12	12	12	12	mm
Excess length of push rod in end position (dimension D)	6	32	32	32	32	mm
Weight						
with cable	80	120	150	180	200	g
with connector		74	100	128	150	g
Weight of shaft with wiper	18	25	36	48	57	g
Operating force extended (horizontally)	≤ 3.5	≤ 2.5	≤ 2.5	≤ 2.5	≤ 2.5	N
Operating force retracted (horizontally)	≤ 5.0	≤ 5.0	≤ 5.0	≤ 5.0	≤ 5.0	N
Operating force to end stop	max. 5					N
Operating frequency (maximum) *	20	18	14	11	10	Hz
Environmental Data						
Operating temperature	-30 ... +100					°C
Operating humidity range	0 ... 95 (no condensation)					% R.H.
Vibration (IEC 60068-2-6)	5 ... 2000					Hz
	Amax = 0.75					mm
	amax = 20					g
Shock (IEC 60068-2-27)	50					g
	11					ms
Life	> 100x10 ⁶					movem.
Protection class (DIN EN 60529)	IP40					

* Data refer to critical application "probe tip upwards"

Figur 60. Specifikationer för lägesgivaren som användes till referensobjektet

7.4 Instruktionsmanual för prototypen

Instruktionsmanual för kalibreringsverktyg

1. Säkra infästning genom att skruva fast plattan.
2. Koppla ström till displayen.
3. Kontrollera att Ventil 1 och Ventil 2 står i stängt läge.
4. Koppla på lufttryck till hänvisade uttag.
5. Starta displayerna.
6. Slå om Ventil 1 och Ventil 2 till öppet läge.
7. Slå om Växelventil till högra läget och då bör cylindern åka fram.
8. När cylindern har haft kontakt med provbänkens lastcell i 30 sekunder, läs av kraften från displayen och anteckna värdet.
9. Stäng Ventil 1 och sedan Ventil 2.
10. Slå om Växelventil och nollställ lägesgivare. Lägesgivare nollställs genom att trycka en gång på ON-PROG, vänta tills värdet på displayen markeras, tryck därefter på F1.
11. Öppna Ventil 1.
12. Öppna Ventil 2 i en sekund och sedan stäng. (Räkna tusen ett och stäng)
13. Stäng Ventil 1.
14. Läs av avståndet efter tio sekunder från displayen och anteckna värdet.
15. Öppna Ventil 1 och sedan Ventil 2 och låt cylindern återvända till sitt ursprungsläge.
16. Stäng av lufttrycket och montera ur cylindern.
17. Stäng Ventil 1 och Ventil 2.

Figur 61. Instruktionsmanual vid användning av referensobjekt

7.5 Examensarbets beskrivning



Faiveley Transport Nordic AB in Landskrona is a part of the Wabtec Corporation, a supplier to the international railway industry. The company in Landskrona was established over 100 years ago and is the manufacturing unit for tread brakes and brake regulators as well as market and service center for the Nordic and Baltic countries. The company has 160 employees working with sales, design and development, manufacturing, service and maintenance.

Wabtec offers a broad product portfolio including systems for; air conditioning, electro mechanics, electronics, brake systems, couplers and maintenance to customers around the world. Wabtec corporation headquarters is in Pennsylvania, with more than 13 000 employees and a turnover of about 4,2 billion dollars.

Master Thesis

Creation of master calibration equipment

Background

As Faiveley Transport supplies safety related equipment to the railway industry all equipment needs to be tested before delivery. This is mainly done in automated test benches. To ensure that the benches remains stable day after day specific test objects are to be developed so that the operator can do daily checks of the test parameters.

Purpose

Develop dedicated, easy to use test objects that can simulate the parameters to be tested. As first stage, concepts are to be developed on how a reference object can be designed and evaluate in respect to stability, accuracy and ease of use. Development are to be done in cooperation with our engineering department, test lab and production. Final stage will be creation of drawings and evaluation of the final design through actual tests in a test bench.

Milestones/Target

- Identify test parameters that needs to be followed
- Concept design of reference test objects
- Work out a number of potential solutions
- Evaluate / choose concept
- Design test objects
- Verify full function of test object.

Figur 62. Examenarbets beskrivning

7.6 Intervjufrågor

Tabell 4. Intervjufrågor

Intervjufråga	
1	Förklara mer detaljerat provbänkens funktion?
2	Vilka mått är strängt beroende av varandra?
3	Kalibreras givarna separat eller tillsammans?
4	Hur går en kalibrering till?
5	Vilka verktyg används vid kalibrering?

7.7 BOM – Bill of materials

BOM:en består av totalt 26 delar. Delarna är inte rankade i någon specifik ordning. I figur 63 kan man se att första kolumnen är döpt till ”level of BOM” vilket innebär vilken grad av viktighet delen har till hela produkten. I figur 63 kan man även se att del nummer två har viktighetsgrad 1 och det innebär att delen tillhör grunden av produkten. Del två är hydraulcylindern. I figur 63 kan man observera att begreppen OTS och MTS används frekvent till varje del och de har följande betydelser, MTS innebär ”made to specification” och OTS innebär ”of the shell”.

BOM Level	Part Number	Part Name	Revision	Phase	Description	Quantity	Unit of Measure	Procurement Type
0	1	Master Calibration Equipment		In design	First generation of newly developed master calibration tool for test rigs used to test railway pneumatic brakes. First generation master calibration tool includes full packaging and all parts including necessary accessories.		each	
1	2	AGB250-63-40-100-C3-K5 SAC		In production	63 mm in diameter piston and single acting hydraulic cylinder with a circular rear mounting flange and K5 threaded piston rod head.	1	each	MTS
1	3	1-C2/50KN		In stock	A load cell with max capacity of 50kN and accuracy class of C2 or higher for accurate output of the cylinder force.	1	each	OTS
1	4	Novotechnik TR 50 a 502		In stock	Linear position sensor with repeatability of 0.2% or less. Used to monitor the position of the piston rod.	1	each	OTS
1	5	Olmec P720-40 auto		In stock	Pneumohydraulic pump with automatic pneumatic control system. Uses the available pneumatic controller system to engage the hydraulic cylinder.	1	each	OTS
1	6	Master leakage valve		In stock	A valve calibrated to generate a certain leakage at a certain pneumatic pressure with a high accuracy.	1	each	OTS
2	7	MUK-350, P/N 05417x		In stock	Signal conditioner/amplifier to be able to read the measurement recorded from the position sensor.	1	each	OTS
2	8	Signal amplifier		In stock	Signal amplifier to be able to translate the output signal from the load cell into measureable unit.	1	each	OTS
2	9	MAP-4000 multifunctional display		In stock	Monitoring the results from the sensors.	3	each	OTS
1	10	Rear assembly plate		In design	Rear plate for mounting the cylinder to be able to mount the unit onto the test rig.	1	each	MTS
4	11	Insex M12 35mm screws		In stock	To mount the cylinder on to the rear plate.	4	each	OTS
2	12	Adapter plate		In design	A dual threaded adapter plate to be able to mount the load cell onto the piston rod. The adapter plate includes a thin metal circle welded around the adapter to act as a support for the rod of the position sensor.	1	each	MTS
4	13	Lock-pin		In design	To lock the mounting assembly on the test rig in order to prevent fixed parts from moving.	1	each	MTS
3	14	Air hose		In stock	Hose for pressurised air.	2	each	OTS
3	15	Hydraulic hose		In stock	Hose for oil.	1	each	OTS
3	16	Hose connector		In stock	Connecting the hose to it's assigned hos line.	3	each	OTS
5	17	Hydraulic oil		In stock	Mobil DET 24 (32) hydraulic oil to drive the cylinder.	20	Litres	OTS
3	18	Power supply		In stock	230v socket for power supply in order to drive the displays, sensors and amplifiers.	1	each	OTS
2	18	Housing wagon		In design	A trolley to house part 5 - 9, 16-21, 24	1	each	MTS
2	20	Manual		In production	A instruction manual describing how to use the object	1	each	
3	21	Cables		In stock	Connecting the electronic hardware together with the main controlling system.	?	each	OTS
1	22	Pressure transmitter		In stock	To measure the pressure output from the compressor and compare with the input value in the PLC.	1	each	OTS
3	23	Insex M6 30mm		In stock	To mount the rear support assembly to the main rear assembly plate	8	each	OTS
2	24	5-3 PLC controlled direction control valve		In stock	To be able to perform fully automatic cycles.	1	each	OTS
3	25	Insex M6 15mm		In stock	To secure the object onto the mounting on the test rig	6	each	OTS
2	26	Insex M10 20mm		In stock	To mount the load cell onto the adapter plate	4	each	OTS

Figur 63. BOM

REFERENSER

- [1] faiveleytransport.com (2017). [online] Available at: <http://www.faiveleytransport.com> [Accessed 14 Jan 2019]
- [2] wabtec.com (2018). [online] Available at: <https://www.wabtec.com/> [Accessed 14 Jan 2019]
- [3] wikipedia.org (2014). [online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Test_bench [Accessed 14 Jan 2019]
- [4] peros.se (2015). [online] Available at: <http://www.peros.se/Pneumatik.html> [Accessed 14 Jan 2019]
- [5] academica-e.unavarra.es (2011). [online] Available at: <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/4134/577568.pdf?sequence=1> [Accessed 14 Jan 2019]
- [6] Intern intervjuer utförda 2018-09-23 – 2018-10-10
- [7] Examensarbets beskrivning, Figur 62.
- [8] Ulrich, K. and Eppinger, S. (2014). *Produktutveckling*. BTH: Studentlitteratur.
- [9] mspi.se (2015). *Design thinking*. [online] Available at: <http://www.mspi.se/design-thinking> [Accessed 14 Jan 2019]
- [10] regionorebrolan.se (2017). [online] Available at: <https://www.regionorebrolan.se/Files-sv/%C3%96rebro%20%C3%A4ns%20landsting/Forskning/Forskningsenheter/UFC/VF2017/F%C3%B6rel%C3%A4sningpresentationer%20VF%20HT17/Forskningsmetodik%2020170906.pdf> [Accessed 14 Jan 2019]
- [11] productdevelopment.se, DRM course at BTH (2018) [online]. Available at: <https://www.productdevelopment.se/?p=984>
- [12] Arbnor, I. and B. Bjerke (1997) *Methodology for Creating Business Knowledge*, 2nd edition Sage Publications, Inc. , Thousand Oaks, CA.
- [13] tu-berlin.de (2017). [online] Available at: <http://www.tu-berlin.de/fileadmin/fg89/PDFs/Forschung/FlyerBlessingen.pdf> [Accessed 10 Dec 2018]
- [14] abo.fi (2009). [online] Available at: <https://www.vasa.abo.fi/users/geklund/PDF/SpecPed%20II-PP%20-%20Webb.pdf> [Accessed 14 Jan 2019]
- [15] lup.lub.lu.se (2010). [online] Available at: <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=1546231&fileId=1546232> [Accessed 14 Jan 2019]

- [16] railway-technical.com (2018). [online] Available at: <http://www.railway-technical.com/trains/rolling-stock-index-1/train-equipment/brakes/> [Accessed 14 Jan 2019]
- [17] freepatentsonline.com (1869). [online] Available at: <http://www.freepatentsonline.com/88929.pdf> [Accessed 14 Jan 2019]
- [18] ag.purdue.edu (2018). [online] Available at: <https://www.agry.purdue.edu/ext/corn/news/timeless/yldmoncalibr.html> [Accessed 14 Jan 2019]
- [19] Bill Earl, (2018). Calibrating Sensors, adafruit learning system.
- [20] toromatic.com (2018). [online] Available at: <https://www.tromatic.com/Blog/ArtMID/843/ArticleID/221/Electric-linear-actuator-accuracy-and-repeatability-webinar> [Accessed 10 dec 2018]
- [21] Mike Cable, (2005). Calibration, a technician's guide ISA TECHNICIAN SERIES
- [22] lcmssystems.com (2019). [online] Available at: <http://www.lcmssystems.com/resources/Calibration1.html> [Accessed 14 Jan 2019]
- [23] customers.phtool.com (2019). [online] Available at: <https://customers.phtool.com/shop-standard-test-blocks/> [Accessed 14 Jan 2019]
- [24] wikipedia.org (2018). [online] Available at: <https://sv.wikipedia.org/wiki/Passbit> [Accessed 14 Jan 2019]
- [25] au.flukecal.com (2019). [online] Available at: <https://au.flukecal.com/how-calibrate-pressure-transmitter-bench> [Accessed 14 Jan 2019]
- [26] surecontrols.com (2016). [online] Available at: <http://www.surecontrols.com/why-calibration-of-your-measuring-instruments-is-important/> [Accessed 14 Jan 2019]
- [27] rscal.com (2018). [online] Available at: <https://www.rscal.com/calibration-procedures-iso-way/> [Accessed 14 Jan 2019]
- [28] automationforum.in (2017). [online] Available at: <https://automationforum.in/t/what-is-calibration-and-general-calibration-procedures/2600> [Accessed 14 Jan 2019]
- [29] learn.adafruit.com (2015). [online] Available at: <https://learn.adafruit.com/calibrating-sensors/two-point-calibration> [Accessed 14 Jan 2019]
- [30] wikipedia.org (2018). [online] Available at: https://sv.wikipedia.org/wiki/ISO_9000 [Accessed 14 Jan 2019]
- [31] lcmssystems.com (2019). [online] Available at: <http://www.lcmssystems.com/resources/Calibration1.html> [Accessed 14 Jan 2019]

- [32] wikipedia.org (2019). [online] Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/National_Institute_of_Standards_and_Technology [Accessed 14 Jan 2019]
- [33] wikipedia.org (2015). [online] Available at: https://sv.wikipedia.org/wiki/International_Electrotechnical_Commission [Accessed 14 Jan 2019]
- [34] Powerpoint, forskningsmetodik, föreläst på Uppsala universitet av Owen Eriksson, Christina Keller och Pär Ågerfalk
- [35] Lucienne T. M. Blessing, and Amaresh Chakrabarti (2009). DRM, a Design Research Methodology a book,
- [36] larsonsystems.com [online] Available at: http://www.larsonsystems.com/force_calibration_equipment/master_calibrated_spring.php [Accessed 14 Jan 2019]
- [37] uson.com (2018). [online] Available at: <https://www.uson.com/leak-testers/leak-masters/> [Accessed 14 Jan 2019]
- [38] cetatest.com [online] Available at: <https://www.cetatest.com/produkte/zubehoer/calibration-master/?L=1> [Accessed 14 Jan 2019]
- [39] ni.com (2018). [online] Available at: <https://knowledge.ni.com/KnowledgeArticleDetails?id=kA00Z000000P6xySAC>, [Accessed 10 dec 2018]
- [40] parkerpneumatik.se (2008). [online] Available at: <http://www.parkerpneumatik.se/pdf/Cylinder%20PID-se-805.pdf> [Accessed 14 Jan 2019]
- [41] brtechnika.com (2017). [online] Available at: http://www.brtechnika.com/katalozi/pdf/Aventics_Datchitsi_za_pnevmatichni_trsilindri_2017_01.pdf [Accessed 14 Jan 2019]
- [42] engineeringtoolbox.com (2008). [online] Available at: https://www.engineeringtoolbox.com/pneumatic-cylinder-force-d_1273.html [Accessed 14 Jan 2019]
- [43] machinedesign.com (2013). [online] Available at: <https://www.machinedesign.com/archive/pneumatic-actuation-getting-it-straight> [Accessed 14 Jan 2019]
- [44] adafruit.com (2019). [online] Available at: <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/calibrating-sensors.pdf> [Accessed 14 Jan 2019]
- [45] keyence.com (2019). [online] Available at: <https://www.keyence.com/products/measure/index.jsp> [Accessed 14 Jan 2019]

- [46] patents.justia.com (2015). [online] Available at: <https://patents.justia.com/patent/9994201> [Accessed 14 Jan 2019]
- [47] worldwide.espacenet.com (2003). [online] Available at: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=3&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20030319&CC=EP&NR=1293765A2&KC=A2 [Accessed 14 Jan 2019]
- [48] patents.google.com (1965). [online] Available at: <https://patents.google.com/patent/US3188923> [Accessed 14 Jan 2019]
- [49] patents.google.com (2009). [online] Available at: <https://patents.google.com/patent/US20060184259> [Accessed 14 Jan 2019]
- [50] worldwide.espacenet.com (2008). [online] Available at: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=96&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20080731&CC=WO&NR=2008091217A1&KC=A1 [Accessed 14 Jan 2019]
- [51] worldwide.espacenet.com (2018). [online] Available at: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=2&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20180622&CC=CN&NR=207526809U&KC=U [Accessed 14 Jan 2019]
- [52] wikipedia.org (2017). [online] Available at: [https://sv.wikipedia.org/wiki/Funktionsanalys_\(teknik\)](https://sv.wikipedia.org/wiki/Funktionsanalys_(teknik)) [Accessed 14 Jan 2019]
- [53] Hans Johannesson, Jan-Gunnar Persson, Dennis Petterson (2013). Produktutveckling: effektiva metoder för konstruktion och design. Malmö: stadsbibliotek.
- [54] target-hydraulics.com (2018). [online] Available at: <https://www.target-hydraulics.com/hydraulic-power-pack-ebook/> [Accessed 14 Jan 2019]
- [55] Olmec.it (2019). [online] Available at: <https://www.Olmec.it/portfolio/p720/?lang=en> [Accessed 14 Jan 2019]
- [56] Highpressuretech.com (2018). [online] Available at: <https://www.Highpressuretech.com/products/high-pressure-liquid-pumps/how-a-liquid-pump-works.html> [Accessed 10 Dec 2018]
- [57] elfa.se (2019). [online] Available at: <https://www.elfa.se/sv/linjaer-laegessensor-kohm-spaenningsdelare-novotechnik-trs-25/p/16490424> [Accessed 14 Jan 2019]
- [58] furness-controls.com (2019). [online] Available at: <https://www.furness-controls.com/product/fco99/> [Accessed 14 Jan 2019]
- [59] Johan Hansson och Tobias Nystedt. (2013). Basic Mechanic Elements 13.0, Rexroth Bosch Group,

[60] engineerstudent.co.uk (2010). [online] Available at:
http://www.engineerstudent.co.uk/directional_control_valve_symbols.html [Accessed 14 Jan
2019]

