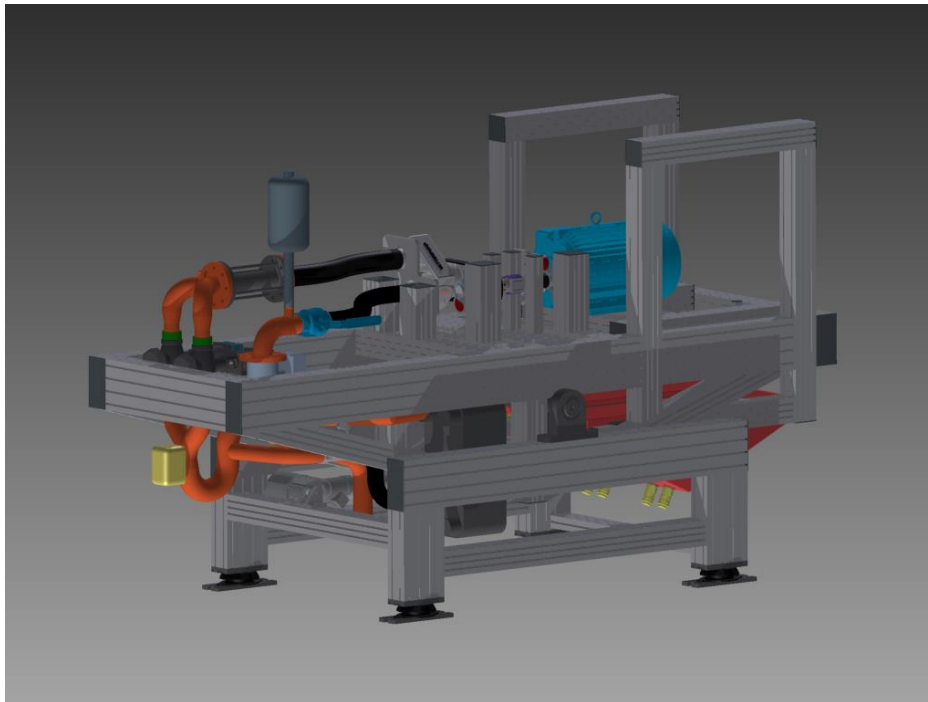


CHALMERS



Multifunktionsrigg för komponentprovning

Multifunctional bench for component testing

Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom [Maskiningenjörsprogrammet](#)

Martin Hallberg

Henrik Olsson

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik

Avdelningen för Avancerad oförstörande provning

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sweden, 2015

Examinator: [Lars Hammar](#) Examensarbete No. 139/2015

FÖRORD

Detta examensarbete är skrivet som en del av maskiningenjörsprogrammet vid Chalmers tekniska högskola. Utbildningen omfattar 180 högskolepoäng under tre utbildningsår. Examensarbetet har utförts vid institutionen för Material- och tillverkningsteknik och omfattar 2x15 högskolepoäng.

Examensarbetet har utförts på WSP-Process i Göteborg som är en del av WSP-Group.

Vi vill tacka vår handledare på WSP, Mikael Karlsson som har stöttat och hjälpt oss under examensarbetet. Vi vill även tacka Johan Granat, VD på FastPro AB, för testprofiler samt handfasta tips.

Till sist vill vi tacka vår handledare på Chalmers, Lars Hammar.

Göteborg 2015-06-04

Martin Hallberg

Henrik Olsson

SAMMANFATTNING

Arbetet har utförts på WSP-process. WSP är ett utav världens största konsultbolag som till största delen verkar inom bygg och infrastruktur.

Idag ställs det höga krav på lastbilar och deras konstruktion. De ska både vara lätta, starka och bränslesnåla. Det är också mycket dyrt att testa hela lastbilar vid utvecklingen av dem. Det gör att provning av delkomponenter är ett mycket viktigt steg i utvecklingsprocessen. WSP har under lång tid tagit fram provriggar för delkomponenter tillhörande drivlinan. I dagsläget konstrueras en ny och unik rigg till varje delkomponent som skall testas. Detta leder till stora kostnader och lång konstruktionstid för varje rigg.

Målet med detta projekt är att ta fram ett koncept på en multifunktionsrigg. Provrigen skall kunna testa ett antal olika delkomponenter så som pumpar och växellådor.

Resultatet av arbetet är en multifunktionsrigg byggd i aluminiumprofiler. Aluminiumprofilerna har långsgående spår vilka möjliggör stora justeringsmöjligheter. De medför även en mycket reducerad konstruktions- och byggtid.

I rapporten presenteras en grundrigg som är själva basen i multifunktionsriggen. Det presenteras även tre olika tillämpningar av riggen i form av:

- en rigg för vattenpumpsprovning
- en rigg för oljepumpsprovning
- en rigg för växellådsprovning

Arbetet har avgränsats till att inte innehålla någon form av elkonstruktion eller kostnadsuppskattning.

SUMMARY

The work has been performed at WSP-process. WSP is one of the world's largest consulting companies mainly active in construction and infrastructure.

Today, there are high demands on trucks and their construction. They should both be lightweight, strong and fuel efficient. It is also very expensive to test the whole vehicle at development. It makes testing of subcomponents a very important step in the development process. WSP has a long history of developing test benches for subcomponents related to powertrain. In the current situation they are constructing a new and unique bench to each component to be tested. This leads to high costs and long construction time for each bench.

The goal of this project is to develop a concept of a multi-function test bench. The test bench shall be able to test a variety of components such as pumps and gearboxes.

The result of this work is a multi-function test bench built in aluminum profiles. The aluminum profiles have longitudinal grooves which allow major adjustment possibilities. They also results in reduced design and construction time.

The report presents a basic bench that is the very foundation of the multi-function bench. The report is also presents three different applications of the bench in the form of:

- a bench for water testing
- a bench for oil pump testing
- a bench for gearbox testing

The work has been limited to not contain any form of electrical design or cost estimate.

INNEHÅLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	2
1.1 Bakgrund	2
1.2 Syfte	2
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Precisering av frågeställningen	2
2. TEORETISK REFERENSRAM	3
2.1 Provrigg för växellådor	3
2.2 Provrigger för pumpar	3
2.2.1 Vattenpump	4
2.2.2 Oljepump	5
2.3 Konditionering	6
2.3.1 Bränslekonditionering	6
2.3.2 Oljekonditionering	6
2.4 Momentgivare	7
2.5 Material	7
3. METOD	8
3.1 Förstudie	8
3.2 Handberäkningar och FEM-Analys	8
3.3 CAD-modulering i Autodesk Inventor	8
4. MATERIALVAL	9
4.1 Kanya	9
5. BERÄKNINGAR	10
5.1 Handberäkningar	11
5.2 Fe-modulering	11
5.3 Jämförelse	12
6. DETALJKONSTRUKTION GRUNDRIG	13
6.1 Indelning	13
6.2 Stativ	13
6.3 Överdel	15
6.4 Motorfäste	16
6.5 Testkomponenter	16
6.6 Tankar	17
7. DETALJKONSTRUKTION TYPRIGGAR	18
7.1 Växellådsrigg	18
7.1.1 Momentgivarfäste	18
7.1.2 Kardanskydd	19
7.1.3 Växellådsfäste	19
7.2 Vattenpumpsrigg	20
7.2.1 Mekaniskt system	21
7.2.2 Fluidiskt system	21
7.2.3 Komponentinfästning	21
7.3 Oljepumpsrigg	22
7.3.1 Mekaniskt system	23
7.3.2 Fluidiskt system	24
7.3.3 Komponentinfästning	24
8. RESULTAT OCH SLUTSATS	26
8.1 Val av material	26
8.2 Kommande arbete	27

9. KÄLLFÖRTECKNING	28
10. BILAGOR	29

BETECKNINGAR

WSP - William Sale Partnership

VVX - Värmeväxlare

Dummys - Förenklade modeller

Oljesump - Oljereservoar på en förbränningsmotor

Part design - Arbetsbänk i Catia V5

GSA - Arbetsbänk i Catia V5 (Generative Structural Analysis)

Mesh - Storlek på beräkningselementen i FE-modulering

AVL - Konkurrent till WSP inom provriggsbranschen

Iso view - Isometrisk projektion

Bleck – Förstärkningsjärn

1. INLEDNING

Detta kapitel beskriver bakgrunden till projektet, vilket resultat som förväntas samt vad projektet har för avgränsningar.

1.1 Bakgrund

WSP Group är ett stort internationellt förvaltnings- och konsultbolag. Avdelningen för provningsteknik ligger under WSP Process och har sitt kontor i centrala Göteborg. Idag ställs det höga krav på lastbilar och deras konstruktion. De ska både vara lätta, starka och bränslesnåla. Det är också mycket dyrt att testa hela lastbilar vid utvecklingen av dem. Det gör att provning av delkomponenter är ett mycket viktigt steg utvecklingsprocessen. WSP har under lång tid tagit fram provriggar för delkomponenter tillhörande drivlinan. I dagsläget konstrueras en ny och unik rigg till varje delkomponent som skall testas. Detta leder till stora kostnader och lång konstruktionstid för varje rigg.

1.2 Syfte

Målet med detta projekt är att ta fram en komponentprovrigg som kan användas till ett antal olika delkomponenter till exempel pumpar och växellådor. Komponentprovriggen skall också med mindre justeringar kunna användas med varierande typer av mätutrustning t.ex. tryck- och temperaturgivare. Målet med arbetet är att ta fram 3D-modeller som kommer arbetas fram i Autodesk Inventor.

1.3 Avgränsningar

I arbetet ingår ingen elkonstruktion eller kostnadsuppskattning.

1.4 Precisering av frågeställningen

Målet är att enligt kravspecifikation att ta fram:

- Konceptmodeller i 3D, Inventor

Önskvärda frågeställningar att behandla i mån av tid:

- Presentationsmaterial skapat i Inventor så som bilder

2. TEORETISK REFERENS RAM

Detta kapitel beskriver hur de system som komponentprovriggar använder sig av idag fungerar. Både de system som opererar direkt på provriggarna men också de stödsystem som finns runt omkring. Dessa presenteras i schematiska figurer.

2.1 Provrigg för växellådor

De provriggar som används för test av växellådor är konstruerade på så sätt att det finns två motorer. Motor 1 används till drivning av växellådan och motor 2 används för att bromsa den. Motor 1 har större effekt än Motor 2 då det är denna som driver hela systemet. På den utgående axeln från Motor 1 är en momentgivare infäst. Momentöverföringen mellan momentgivaren och växellådan sker med en kardanaxel för att ta upp små riktningsfel. På båda sidor om momentgivaren sitter flänsar vilket har funktionen att underlätta sammankopplingen mellan Motor1 och momentgivare samt momentgivare och kardanaxel. Växellådan är infäst i en svänghjulskåpa vilket är möjligt att montera på två håll. Detta för att kunna utföra ett antal olika tester. I växellådan är sedan Motor 2 ansluten. Den har funktionen att antingen lägga på ett lätt bromsmoment eller att driva växellådan så att smörjningen fungerar under test. En schematisk figur 1 illustrerar denna provrigg nedan¹.



Figur 1 - Provrigg för växellådsprovning

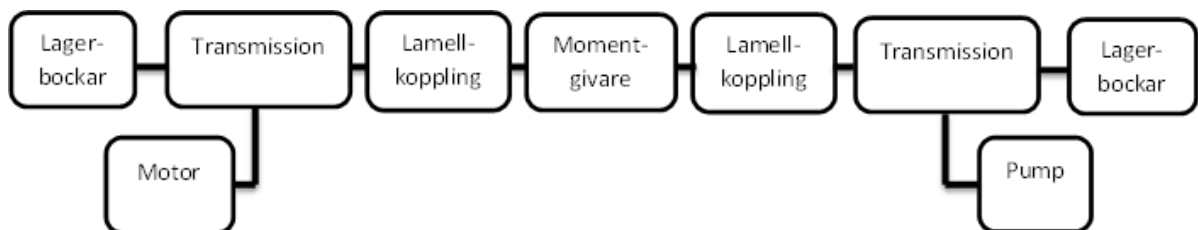
2.2 Provrigger för pumpar

WSP har konstruerat flera olika typer av provriggar för pumpar, varav två kommer behandlas. En är anpassad för oljepumpar och en för vattenpumpar.

2.2.1 Vattenpump

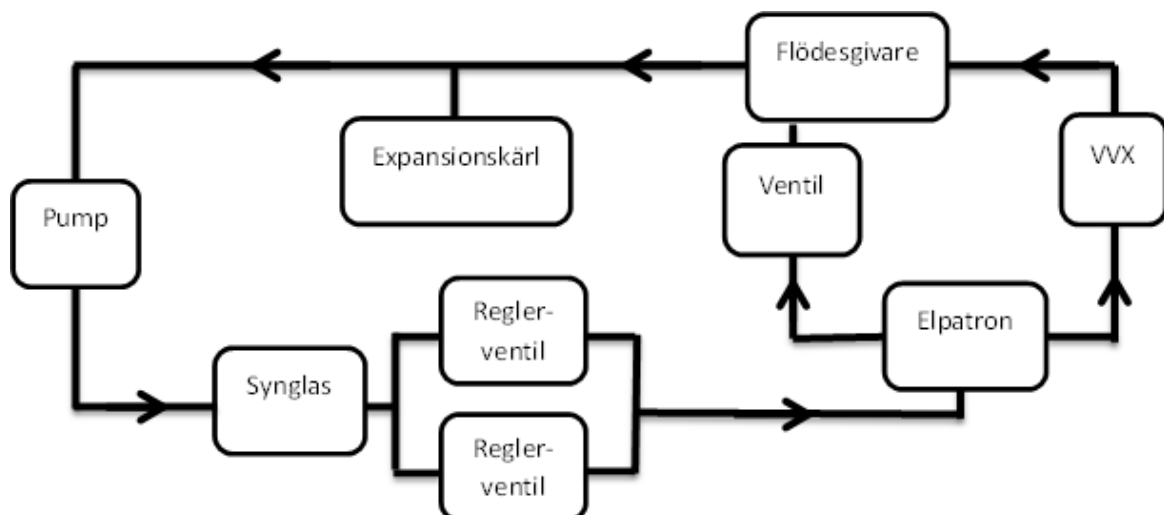
Provrigger för en vattenpump kan med fördel delas in i två olika system: en del vilket mekaniskt driver pumpen och en del som reglerar flödet av vattnet.

För att driva pumpen används en elmotor. Då pumpen skall testas med höga varvtal under vissa tester så används en remtransmission för att öka rotationshastigheten. Detta ger en viss förlust i kraft men då elmotorn är överdimensionerad så är det inget problem. Transmissionen består utav en separat axel där en flatrem används för kraftöverföring. Axeln är infäst med två lagerbockar vilket illustreras i figur 2. För att kunna mäta det moment som överförs till pumpen används en momentgivare. Den är ansluten med en lamellkoppling till transmissionen för att kunna ta upp mindre riktningfel. I andra änden sitter ännu en lamellkoppling med samma funktion som den tidigare med skillnaden att denna är ansluten till transmissionen vilket överför vridmomentet till pumpen. Denna transmission bygger också på att en flatrem överför kraften till pumpen vilket även är fallet i en förbränningsmotor.



Figur 2 - Provrigg för vattenpump, mekanisk del

För att testa vattenpumpen så används ett slutet system med kylvatten. Pumpen drivs utav tidigare förklarad mekaniskt system och sätter vattnet i rörelse. Som hjälpmedel vid uppfyllnad av systemet samt vid kontroll av flödet används ett synglas. För att justera flödet samt motståndet i systemet används två analoga styrventiler. Vattenpumpen behöver kunna testas vid olika temperaturer på vattnet. Det åstadkoms med hjälp utav en elpatron samt en värmeväxlare. Elpatronen värmer upp kylvattnet om det är för kallt. Har det rätt temperatur skickas det direkt vidare i systemet men om det är för varmt så stängs en ventil och vattnet får ta vägen genom värmeväxlaren för att kylas till rätt temperatur. Systemets flöde mäts precis innan pumpen för att värdet skall vara så exakt som möjligt. Ett expansionskärl finns i systemet för att ta upp eventuella tryckförändringar. Hur flödessystemet är uppbyggt illustreras i figur 3 här nedan².



Figur 3 Provrigg för vattenpump, fluidisk del

2.2.2 Oljepump

Provrighgen för en oljepump kan delas in i två olika system. Ett mekaniskt system vilket driver en oljepump och ett flödes system där olja cirkuleras med hjälp av oljepumpen.

För att driva oljepumpen används en elmotor. En momentgivare används för att kontrollera vilket moment motorn levererar in i systemet. För att överföra kraften från motorn till oljepumpen används en transmission med kugghjul. Mellan momentgivaren och transmissionen installeras en lamellkoppling för att justera mindre riktningfel mellan axlarna. Detta system illustreras schematiskt i figur 4 nedan.

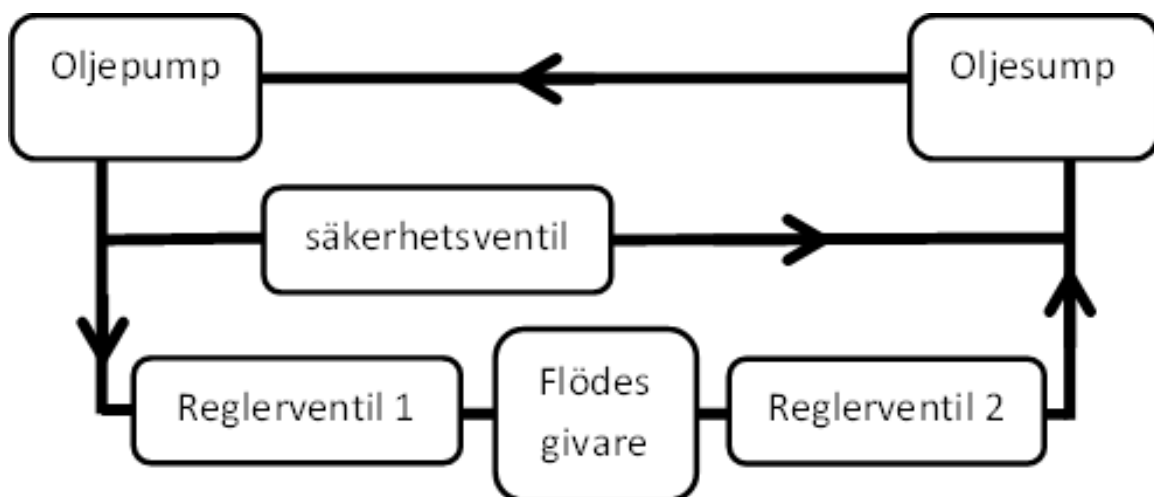


Figur 4 - Provrigg för oljepump, mekanisk del

För att testa oljepumpens egenskaper används ett slutet oljesystem. Oljepumpen suger upp olja från oljesumpen vilket fungerar som oljereservoar. Reglerventil 1 bestämmer vilken mängd olja som skall transporteras från pumpen

Oljan transporteras via pumpen till reglerventil 1 som bestämmer hur mycket olja som ska släppas igenom. Innan reglerventil 1 finns en säkerhetsventil. Om trycket mellan oljepumpen och reglerventil 1 blir högre än önskat släpps en del olja ut genom säkerhetsventilen och transporteras tillbaka till oljesumpen.

Mellan de båda reglerventilerna finns en flödesgivare som mäter vilket oljeflöde som existerar i den delen av systemet. Oljan transporteras därefter tillbaka till sumpen. Flödessystemets uppbyggnad illustreras i figur 5 nedan³.



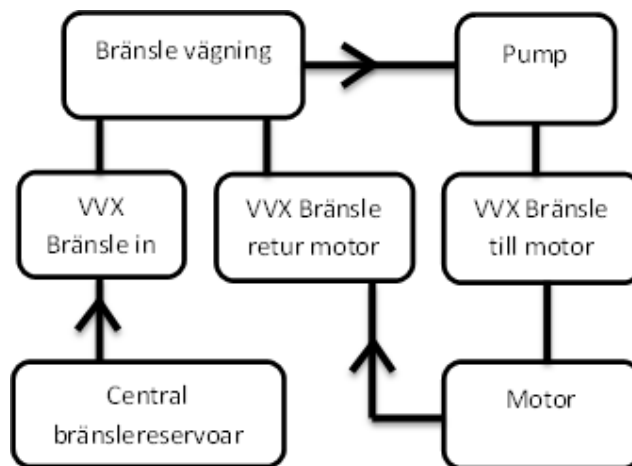
Figur 5 - Provrigg för oljepump, fluidisk del

2.3 Konditionering

Då tester utförs i provriggar kommer de fluider vilket befinner sig i systemet värmas upp på ett sätt som inte efterliknar det i verkligheten. För att motverka detta används ett konditioneringssystem. De konditioneringssystem som redovisas här är befintliga system som används på provriggar för motorer. Detta för att det är det materialet som har funnits till hands och direkt kan appliceras för delkomponentsriggar.

2.3.1 Bränslekonditionering

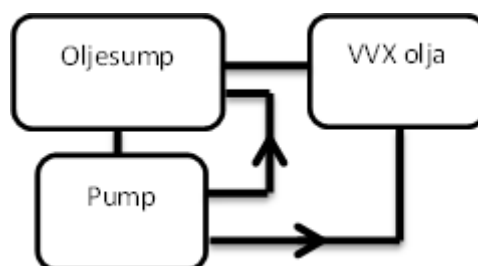
Bränslet som används till nuvarande provriggar förvaras på ett centralt bränslereservoarsområde med en mängd tankar för olika bränslesorter och bränslekvaliteter. Bränslevägningsmodulen kan ses som en tank på cirka 6 liter. Denna väger bränslet i systemet för att kunna avgöra hur mycket bränsle motorn förbrukar under testerna. Innan bränslet kommer från bränslereservoaren och når bränslevägningsmodulen går det genom en värmeväxlare vilket värmer eller kyler det ingående bränsle initialt beroende på vilka tester som skall utföras. Bränslet passerar ytterligare en värmeväxlare vilket ger bränslet sin slutliga temperatur innan det går in i motorn. Det bränsle som inte förbränns i motorn skickas ut ur motorn och har ofta en mycket hög temperatur. Detta bränsle kyls i ytterligare en värmeväxlare innan det skickas tillbaka till bränslevägningsmodulen. Detta illustreras i figur 6 nedan⁴.



Figur 6 - Bränslekonditionering

2.3.2 Oljekonditionering

Oljekonditioneringssystemet är ett slutet system där oljesumpen fungerar som reservoar. En pump cirkulerar oljan och om temperaturen behöver ökas eller sänkas så körs oljan genom en värmväxlare vilket illustreras i figur 7 nedan⁵.



Figur 7 - Oljekonditionering

2.4 Momentgivare

Tidigare har fyra typer av momentgivare använts i riggarna. Dessa är av fabrikatet HBM och modellerna det handlar om är T10F, T10FS, T12 och T22. Dessa modeller återfinns sedan i varierande storlekar beroende på vilka moment som ska uppmätas⁶.

2.5 Material

Genom att studera befintliga provriggar kunde tidigt slutsatsen dras att dessa huvudsakligen byggs av två olika material: stål eller aluminium. Stål har använts länge för att bygga stabila konstruktioner till en billig kostnad. Aluminium har inte använts i större skala historiskt sett till detta ändamål då det har uppfattats som dyrt och med sämre egenskaper. På senare tid har aluminiumprofiler används mer och mer till lätta men också till tyngre konstruktioner. Dels för att aluminiums hållfasthetsegenskaper har blivit bättre men också för att aluminiumet nu strängpressas till profiler som ytterligare ökar hållfastheten.

Andra fördelar med aluminium är att livslängden är mycket lång även i utsatta miljöer till skillnad från stål som rostar efter en tid om det inte skyddas ordentligt. Aluminiumprofiler behöver inte ytbehandlas. Viktigt att komma ihåg är att stål är mer hållfast än aluminium. E-modulen för stål kan uppskattas som ca 3ggr större än för aluminium⁷. Detta kräver att konstruktioner i aluminium är väl genomtänkta och har kraftiga dimensioner. Densiteten för aluminium är bara en tredjedel så stor som för stål vilket möjliggör större dimensionering utan att konstruktionens vikt ökar.

3. METOD

Arbetet delas in i tre olika moment vilka förklaras nedan.

3.1 Förstudie

Arbetet inleds med en grundlig analys av vad WSP tidigare har gjort inom detta område. De system som kommer behövas under arbetet analyseras och utvärderas.

När materialet från WSP är analyserat undersöks lösningar från konkurrenter inom samma område. Då Autodesk Inventor inte har behandlats av oss tidigare studeras detta program parallellt under hela förstudien.

3.2 Handberäkningar och FEM-Analys

För att få en uppfattning om hur konstruktionen ska dimensioneras genomförs handberäkningar på bärande element samt andra element som är av betydelse. För att sedan kontrollera resultatet samt kunna analysera mer komplicerade geometrier analyseras samma element i en FEM-analys. FEM-analysen genomförs i CATIA V5.

3.3 CAD-modulering i Autodesk Inventor

Målet med arbetet är att ta fram konceptmodeller i 3D. Detta arbete skall utföras i Autodesk Inventor. Beräkningar visar hur konstruktionen ska dimensioneras och arbetet med konceptframtagning inleds. CAD- moduleringen delas in i två steg. Första steget är att ta fram en grundrigg. Detta koncept kommer vara basen för multifunktionsriggen. Det andra steget är att tillämpa grundriggen för olika typer av komponenttester. Dessa komponenttester är befintliga system som behandlades under förstudien. De system som ska tillämpas ritas upp i Autodesk Inventor och anpassas så att de passar på grundriggen.

4. MATERIALVAL

Förstudien visar att dagens provriggar huvudsakligen tillverkas av stål men att aluminiumriggar blir allt vanligare. Aluminiumriggarna byggs av befintliga byggprofiler vilket ger en högre materialkostnad men en lägre byggkostnad då svetsning och ytbearbetning till stor del kan undvikas. Detta medför att konstruktionsprocessen för en stål- respektive en aluminiumkonstruktion varierar. Under förstudien uppdagades de tydliga skillnaderna var på en undersökning inleddes omgående angående materialvalet.

Stålrigger har goda hållfasthetsegenskaper och materialkostnaderna är låga. Det gör att priset för dessa konstruktioner kan hållas ner. Det som höjer priset på stålrigger är konstruktions och byggkostnader. Sammanfogning sker ofta via svetsning och olika typer av skruvförband vilket kräver mer eller mindre unika lösningar för varje rigg. För att minska risken för korrosion bör konstruktioner av stål även ytbehandlas. Dessa olika punkter bidrar till att flexibiliteten på dessa system minskar. Ombyggnationer av systemen blir komplicerade och tar mycket tid. Vissa modifikationer kan genomföras men vid större förändringar får helt nya riggar tas fram.

Flexibiliteten är just aluminiumprofilsystemens stora fördel. Systemen levereras som stora byggsatser vilket minimerar både konstruktions- och byggkostnader samt möjliggör större ombyggnationer. Då en av de viktigaste parametrarna på kravspecifikationen var just flexibilitet bidrog detta till att just en aluminiumprofilslösning snabbt antogs som en potentiell lösning.

Aluminiumprofiler finns i flera olika fabrikat med olika tillverkare. Fabrikatet Kanya uppkom tidigt i materialvalsprocessen var för att detta är ett system som AB Volvo redan använder sig utav.

4.1 Kanya

Kanyas huvudprodukt är aluminiumprofilssystem med tillhörande tillbehör. Kanya erbjuder två olika system: PVS vilket bygger på fyrkantsprofiler med längsgående spår samt RVS vilket bygger på aluminiumrör med olika kopplingsklämmor. Det system som används mestadels är PVS-systemet och det kännetecknas av att det går snabbt att konstruera och bygga. Detta resulterar i att hela konstruktioner byggda i detta system är lätta att justera och modifiera både under byggnation och i efterhand. Kanyas system används till stor del för inkapsling och personskydd av olika maskiner. De större dimensionerna på profiler lämpar sig dock till portalbyggen samt olika sorters riggar. För att montera ihop profilerna används Kanyas egna patenterade PVS-koppling som ger stor justerbarhet och hög hållfasthet. De aluminiumprofiler samt PVS-kopplingar som används i detta projekt finns beskrivna i bilaga 5-10.⁸

5. BERÄKNINGAR

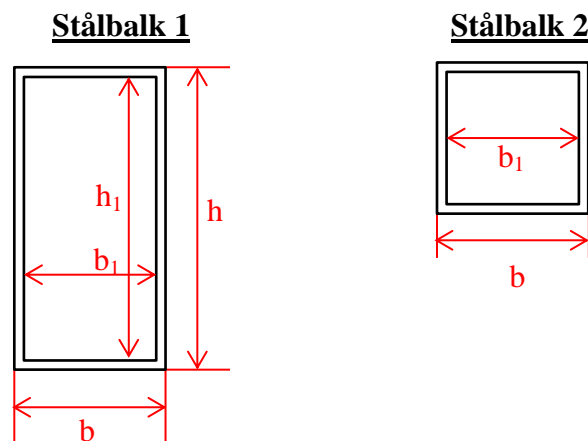
För att undersöka om det är möjligt att byta ut stålkonstruktionen mot en i aluminium utförs enkla hållfasthetsberäkningar. De befintliga stålkonstruktionerna byggs i huvudsak upp av stål balkar med yttermåten 160x80 [mm] och 80x80[mm]. Dessa benämns i detta avsnitt som stål balk 1 och stål balk 2, se figur 8.

Det är tänkt att 160x80 balkarna skall ersättas med Kanyas MA1-9 profiler och att 80x80 balkarna skall ersättas med Kanyas MA1-5 profiler. För att få en uppfattning om detta är genomförbart utförs balkberäkningar för att se hur motståndskraftiga balkarna är mot nedböjning $W(x)$.

Vid beräkning används en balk som är fast inspänd i den vänstra ändan och en kraft som angriper längst ut på den högra, se figur 9.

För att kontrollera beräkningarnas noggrannhet har samma elementarfall hanterats med FE-modulering.

$$\begin{aligned}b_1 &= 70 \text{ [mm]} \\h_1 &= 150 \text{ [mm]} \\b &= 80 \text{ [mm]} \\h &= 160 \text{ [mm]}\end{aligned}$$

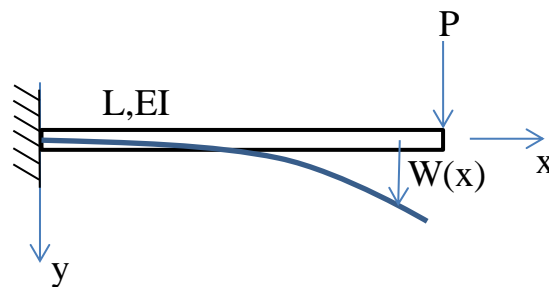


Figur 8 - Balktyper

5.1 Handberäkningar

För att få en uppfattning om hur bra balkarna står emot deformation beräknas dess böjstyvheter. Därefter jämförs stål balk 1 mot MA1-9 profilen och stål balk 2 mot MA1-5 profilen. Att just dessa profiler används är för att de bäst motsvarar stål balkarnas dimensioner. I beräkningarna delas balkarna upp i två grupper. MA1-9 och stål balk 1 ingår i "stora balkar" och MA1-5 och stål balk 2 ingår i "små balkar".

Beräkningarna utförs på lastfallet i figur 9 och kan i detalj betraktas i bilaga 11.

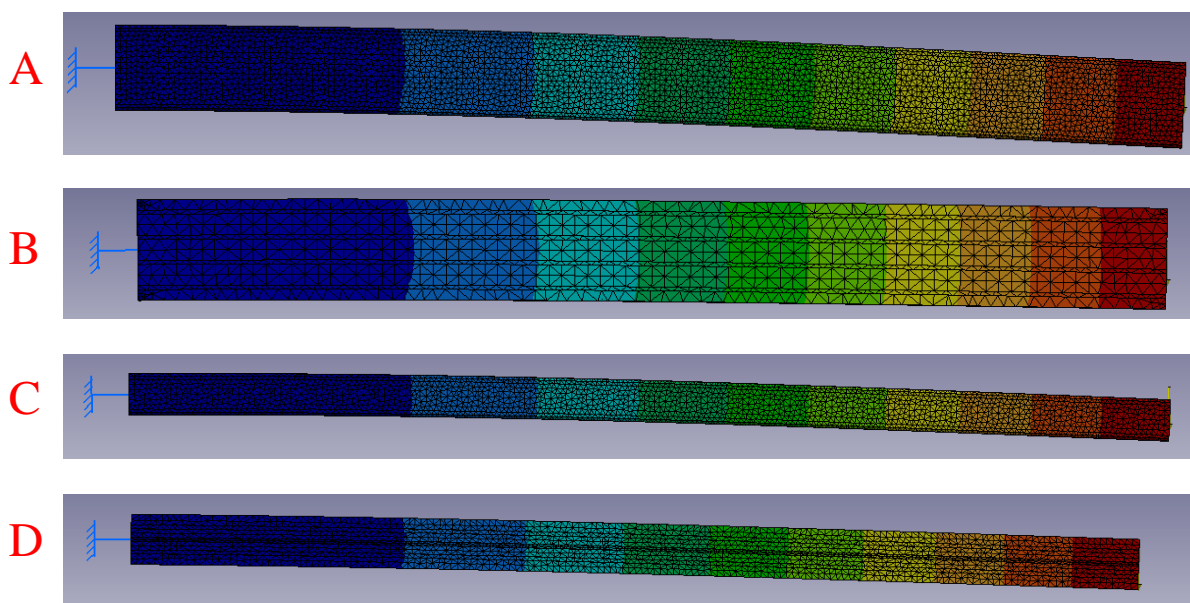


Figur 9 - Lastfall

5.2 Fe-modulering

Samma belastningsfall som hanterats i handberäkningarna hanteras även i FE-moduleringen. Fe-moduleringen genomförs i CATIA V5 och inte i Autodesk Inventor.

De 4 Balkarna som behandlades ovan ritades upp i "CATIA part design" och tilldelades material innan de flyttades över till GSA. I GSA meshades de olika balkarna upp och belastades med samma Kraft P som i handberäkningarna. Denna kraft angriper längst ut på balken högra ände. Därefter analyserades varje balk 3-4 gånger, varje gång med olika mesh. Olika mesh storlekar användes för att kunna avgöra om resultaten konvergerar eller ej. Samtliga balkar som analyserades kan betraktas i figur 10. Resultatet av FE-moduleringen kan betraktas i tabell 1 i avsnitt 5.3



Figur 10 - (A) Stålbalk 1, (B) MA1-9, (C) Stålbalk 2, (D) MA1-5

5.3 Jämförelse

Resultatet av handberäkningarna och FE-moduleringen är sammanställt i Tabell 1 nedan

Tabell 1 - Nedböjning

Balktyp:	Nedböjning handberäkningar[mm]:	Nedböjning FE-modulering[mm]:
Stålbalk 1	16,6	18,1
MA1-9	15,6	14,4
Stålbalk 2	54,1	48,5
MA1-5	50,1	43,6

Precis som handberäkningarna visade FE-moduleringen att den maximala nedböjningen för stålbalkarna är större än den för aluminium. De värden som framkom i handberäkningarna är också väldigt lika med de som framkom i FE-moduleringen. Detta är bra då det visar på att resultatet av beräkningarna är trovärdiga. De skillnader som ändå finns mellan de olika resultaten beror på att vid FE-moduleringen användes mer detaljerade stålbalkar jämfört vid handberäkning, samtidigt som aluminiumprofilerna var något förenklade.

6. DETALJKONSTRUKTION GRUNDRIG

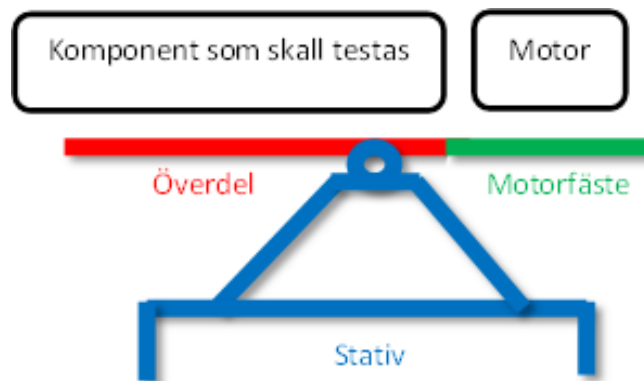
I detta kapitel beskrivs hur grundriggen är uppbyggd och hur processen med att ta fram den har sett ut. Här beskrivs också grundriggens olika delar och deras funktioner.

6.1 Indelning

För att underlätta fortsatt konstruktion delas provriggen in i olika system, inledningsvis fyra huvudsystem:

- Stativ
- Överdel
- Motorfäste
- Komponentområde

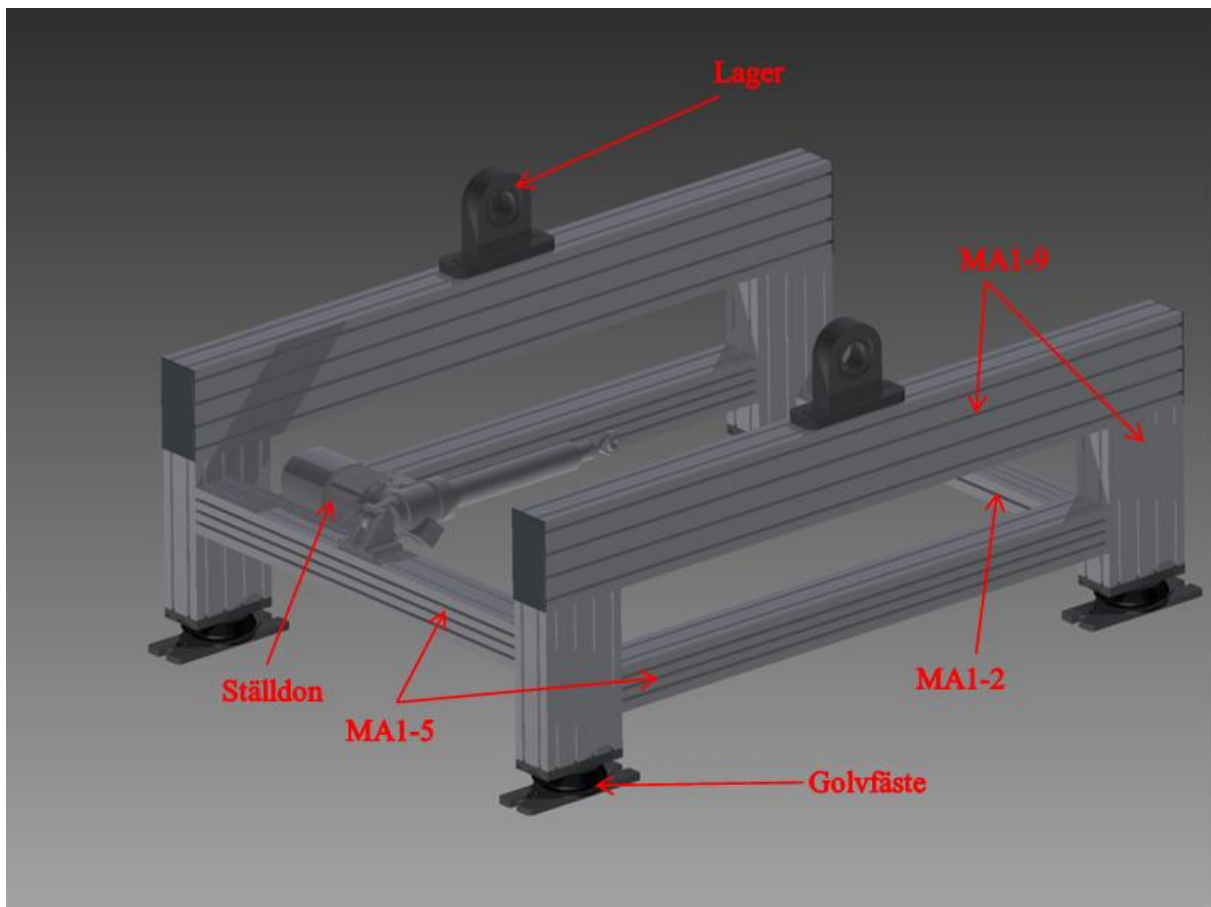
Stativet är provriggens stationära del vilket bär upp resterande delar. Överdelen är den större delen av provriggen, denna skall kunna lutas upp till 15° åt båda hållen. Motorfästet är fäst i överdelen och tillåter justering av drivmotorns position. Resterande del kallas komponentområde och det är där större delen av testkomponenterna kommer placeras. Detta illustreras i figur 11.



Figur 11- Provriggsindelning

6.2 Stativ

Stativet är provriggens grund och bär upp de övriga delarna. De bärande balkarna är därför konstruerade med MA1-9 profiler vilket är Kanyas kraftigaste profil och denna finns beskrivet i bilaga 9. De balkar som används som stabilisatorer konstrueras i MA1-5 och MA1-2 profiler och finns beskrivna i bilaga 8 och 7. Längst ner på benen finns golvfästen monterade vilket gör det möjligt att bulta fast riggen i golvet. Dessa fästen är försedda med gummikuddar. Gummikuddarna tar upp vibrationer och förhindrar att riggen tar skada av dessa. På stativet sitter också ett ställdon monterat. Ställdonet har som uppgift att styra lutningen av överdelen. Längst upp på stativet sitter två lager monterade. I dessa lager monterar axeln som bär upp överdelen. Stativet illustreras i figur 12.

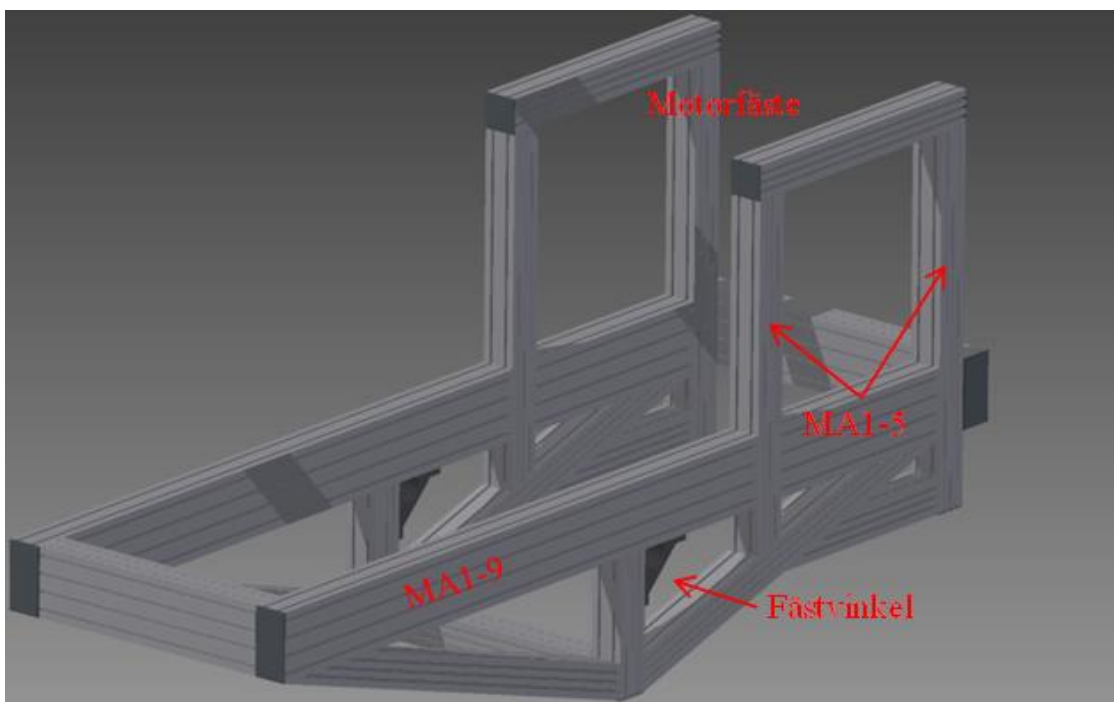


Figur 12 - Stativ

6.3 Överdel

På Överdelen av provriggen finns en yta för montering av testobjekt samt tillhörande detaljer. I överdelen är även motorfästet infäst. Då ett utav målen med multifunktionsriggen var att den skulle gå att luta så har stort fokus initialt lagts på hur det skulle kunna gå att lösa.

Erfarenheter från förstudien visar på att en axel i centrum nära överdelens tyngpunkt är att föredra. Denna axel är sedan infäst på överdelen med två stycken specialkonstruerade fästvinklar. Axeln monteras på stativet med två lagerbockar med tillhörande lager. För att kunna justera lutningen på överdelen så valdes ett linjärt ställdon för ändamålet. Då linjära ställdon som är gjorda för att ta upp större krafter har en begränsning i precision används en hävarm. Hävarmen är i sin tur förstärkt med diagonala förstärkningar på var sida som sträcker sig ut till överdelens ytterdelar vilket visas i figur 13. Både hävarmen och de diagonala förstärkningarna konstrueras i MA1-5 profiler. Överdelens ramverk konstrueras i MA1-9 profiler.



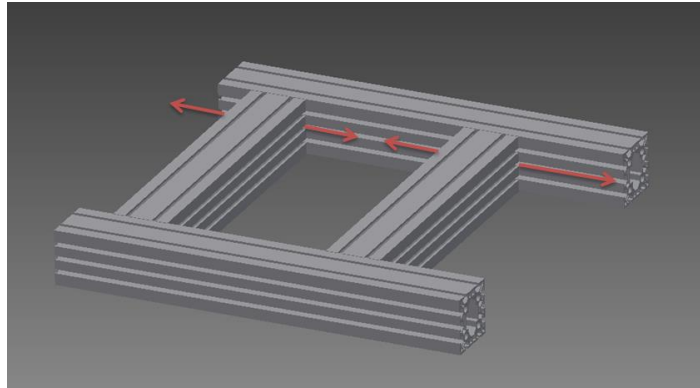
Figur 13 - Överdel med motorfäste

6.4 Motorfäste

För att motorfästet ska kunna justera motorn i höjd- och sidled samt kunna anpassas till olika motorstorlekar bryts denna ner i två delar, en lift och ett ramverk.

Liften består av två tvärbalkar som monteras mellan två parallella balkar. Tvärbalkarna kan enkelt justeras enligt pilarna i figur 14.

Motorn monteras på tvärbalkarna och eftersom dessa är rörliga betyder de att motorfästet enkelt kan anpassas för motorer i varierande storlek. Tvärbalkarnas rörlighet gör också att motorn kan justeras framåt och bakåt. Motorn fästs med bultar i tvärbalkarnas spår vilket medför att den även går att justera motorn i sidled. Liften monteras inuti ramverket.



Figur 14 - Motorlift

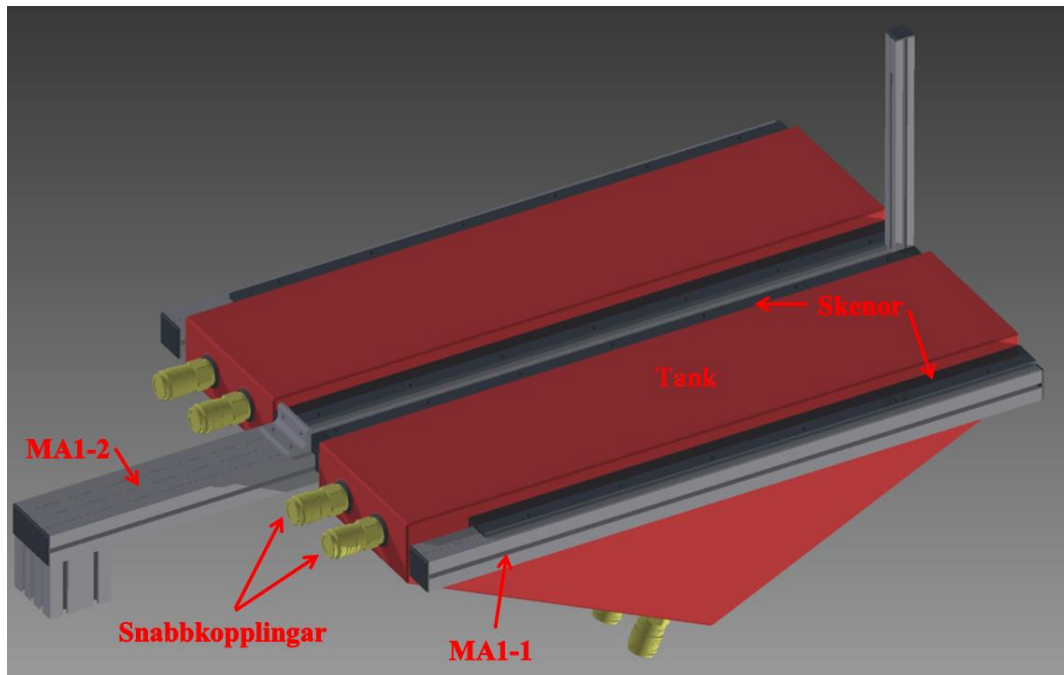
Ramverket består i huvudsak av fyra vertikala balkar av typen MA1-5. Liften monteras på insidan av balkarna och kan skjutas upp och ner längs deras spår. För att kunna justera motorn tillräckligt långt ner monteras de vertikala balkarna ”igenom” de längsgående i överdelen. I överkant och underkant av de vertikala balkarna monteras längsgående balkar av typen MA1-5 för att förstärka upp konstruktionen. Det går att vid behov montera ytterligare förstärkningsbalkar i toppen av motorfästet. En sådan konstruktion hämmar dock möjligheten att justera motorn till en högre höjd.

6.5 Testkomponenter

För att visa hur provriggen kan tillämpas på olika sätt konstrueras förenklade modeller så kallade dummys. De riktiga komponenterna ersätts av dummys dels för att de komponenter som ska testas är under utvecklingsfasen och därmed sekretessbelagda men också för att spara datorkraft vid modellering.

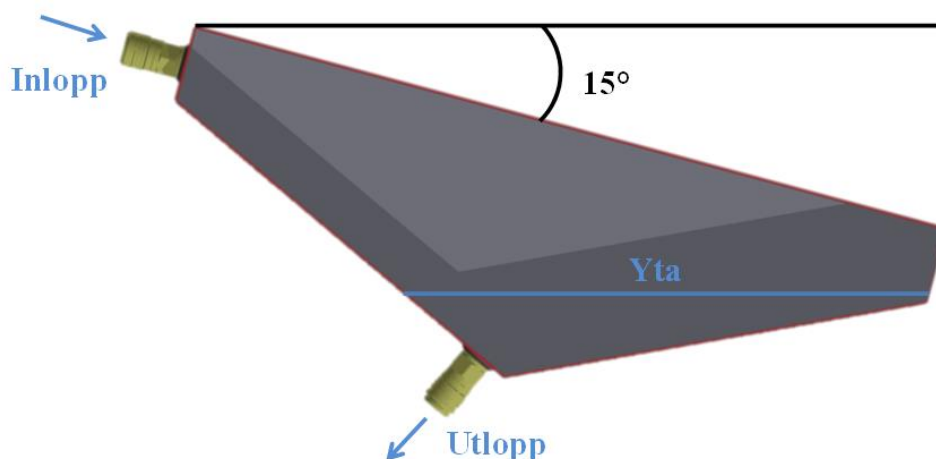
6.6 Tankar

Ett utav kraven för multifunktionsriggen är att den ska ha två tankar om minst 50 liter vardera. Dessa placeras under motorfästet då det är ett utrymme som inte förändras mellan tester av olika komponenter. Tankarna har fått fyra droppfria snabbkopplingar vardera. Två i toppen till inlopp och två i botten till utlopp. Utmed tankarnas topp löper två skenor per tank vilka används för att enkelt fästa tankarna i riggen. Skenor och snabbkopplingar gör att riggen är mycket flexibel då det snabbt går att ändra antalet tankar och deras positioner. Tankarnas skenor löper på längsgående profiler av typen MA1-1 och MA1-2. Dessa är monterade så att det fortfarande går att justera motorn till sitt nedersta läge. I figur 15 nedan så visas tankarna med tillhörande upphängning.



Figur 15 - Tankar

Att integrera Tankarna i grundriggen utan att lutningsfunktionen blir hämmad gör att tankarna ges en unik form. Då överdelen maximalt kan lutas 15° åt båda hållen så ges tankarnas botten en lutning som överstiger detta. Det gör att utloppen alltid kommer vara längst ner i förhållande till fluidens yta i tankarna och risken för att systemet kommer suga luft vid låg fluidnivå minimeras. En illustration av detta visas i figur 16 nedan.



Figur 16 - Tankens utformning

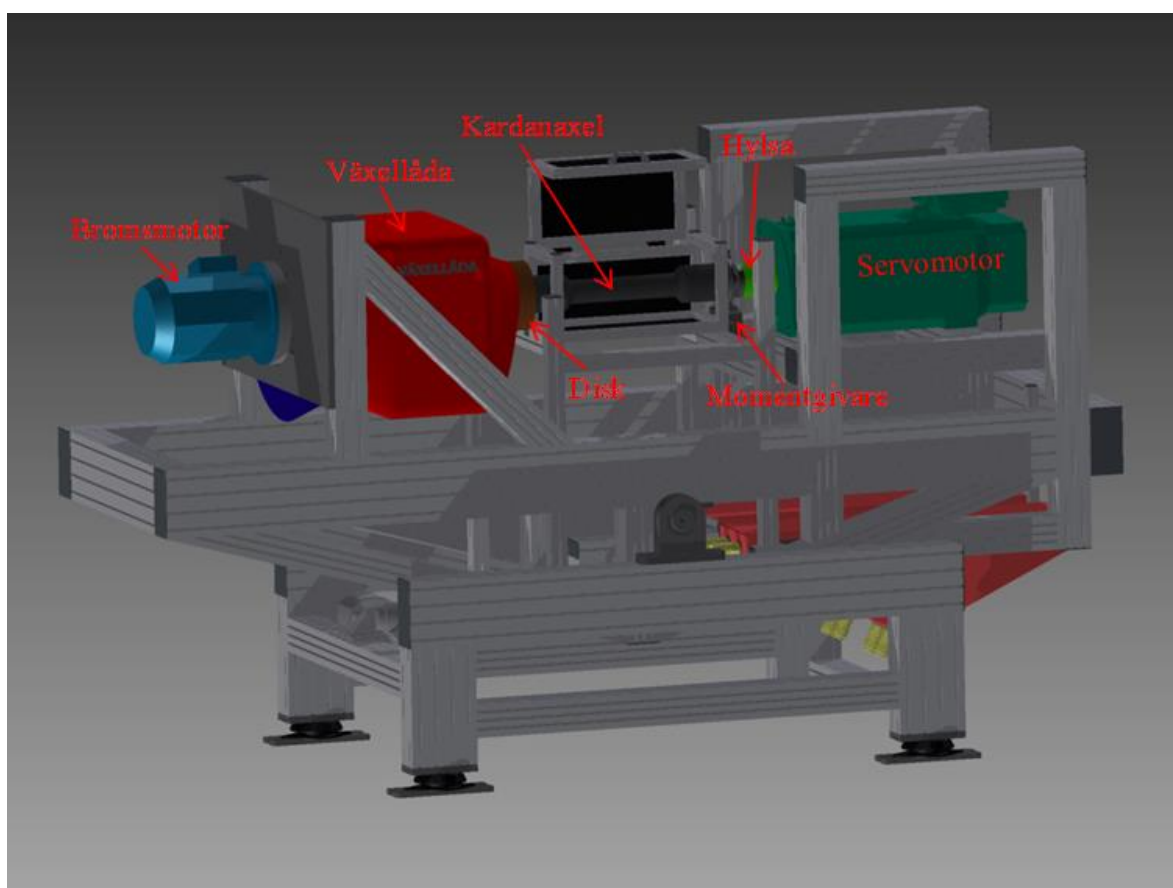
7. DETALJKONSTRUKTION TYPRIGGAR

För att visa på att provriggen kan användas för olika typer av komponenttest har grundriggen i detta kapitel kompletterats med testkomponenter för att utföra tre typer av provning. De komponenterna som testas i dessa riggar är:

- Växellådor
- Vattenpumpar
- Oljepumpar

7.1 Växellådsrigg

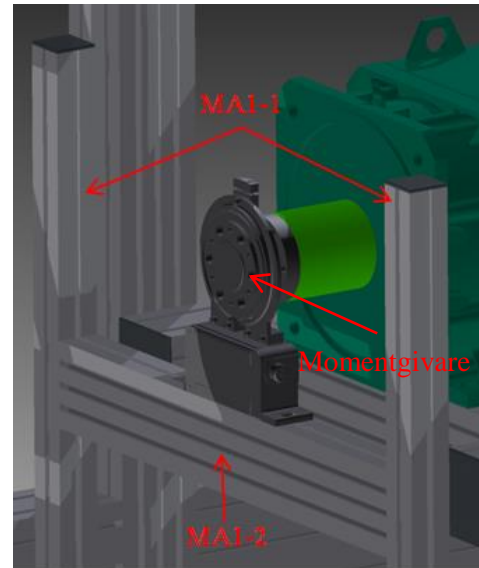
Motorn vilket används till drivning är en servomotor och motorn om används som broms är en assynkronmotor. På servomotorn sitter en hylsa som kopplas ihop med en momentgivare. På momentgivarens utgång kopplas en kardanaxel som i sin tur monteras vid en disk som kan fästas i växellådans "kardanutgång". Växellådan sitter monterad på en svänghjulsåpa på vilken även bromsmotorn är monterad. En översiktsbild kan ses i figur 17.



Figur 17 - Växellådsprovning

7.1.1 Momentgivarfäste

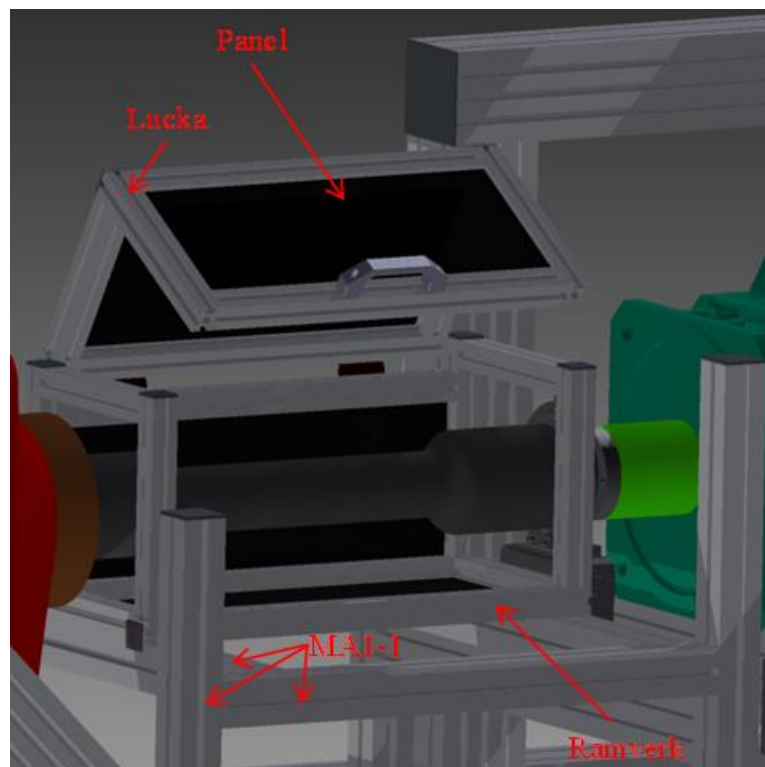
För att kunna montera en momentgivare i anslutning till motorfästet konstrueras en enkel konstruktion bestående av tre profiler. Två vertikala ben av typen MA1-1 som fästs på insidan av överdelens huvudbalkar. Detta kan ses i figur 18. Mellan benen sitter en tvärgående profil av typen MA1-2. Momentgivaren kan flyttas både höjdlid, sidled samt framåt och bakåt.



Figur 18 - Momentgivarfäste

7.1.2 Kardanskydd

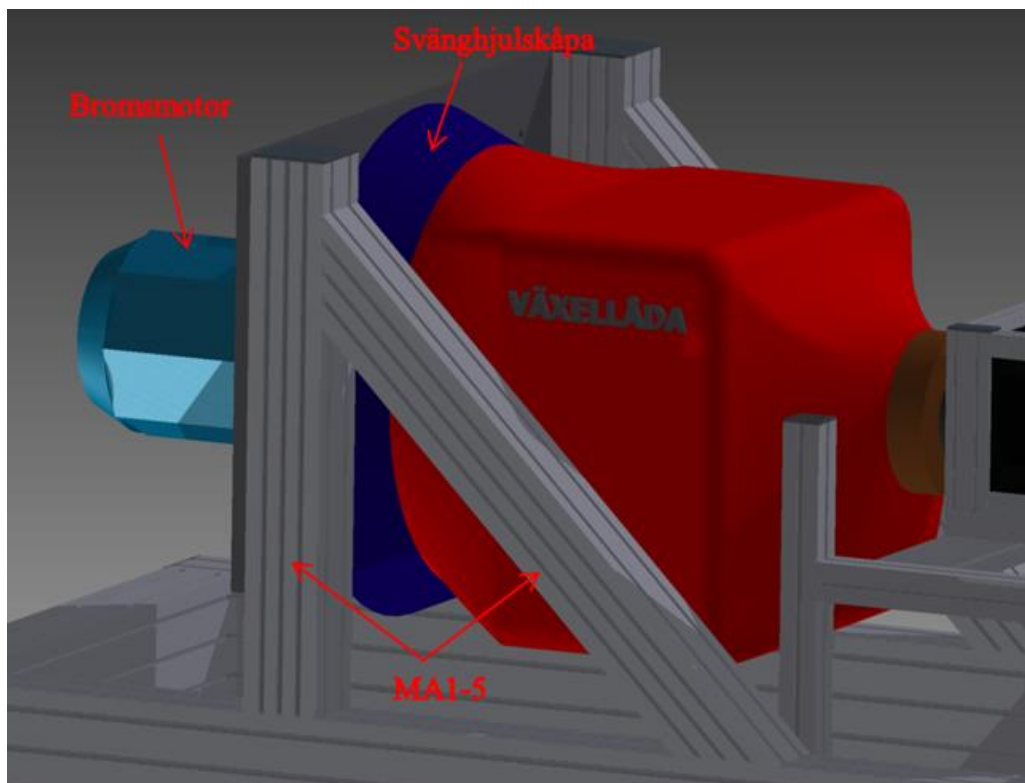
Kardanskyddets uppgift är att kapsla in större delar av kardanaxeln. Detta för att förhindra person- samt riggskador som kan uppkomma under drift. Kardanskyddet konstrueras av B02-1-profiler och har formen av ett rätblock. För att underlätta kontroll och byte av kardanaxeln konstrueras skyddet med en lucka vilket gör det möjligt att öppna upp “framsidan” och “ovansidan” av ramen. De två korta överliggarna av ramen har monterats med PVS-element för att enkelt kunna plockas bort för ytterligare åtkomst vid kardanaxelmodifieringar. Som panelmaterial kan många olika material med olika tjocklek användas. I denna version används mörk tonat plexiglas på 4 mm. Kardanskyddet monteras liknande momentgivaren med ett system av vertikala och horisontella MA1-1profiler samt i momentgivarfästet, se figur 19.



Figur 19 - Kardanskydd

7.1.3 Växellådsfäste

För att kunna genomföra test på växellådan behövs en kåpa där växellådan kan monteras. Denna kåpa ersätter fästpunkterna som växellådan normalt har på förbränningsmotorn den ska användas till och kallas svänghjulsåpa. Svänghjulsåpan fästs på en grov stålplatta. På andra sidan stålplattan sitter en elmotor som kopplas till växellådan och fungerar som broms. Stålplattan fästs i provriggens överdel med två stående MA1-5 profiler som stöts upp med ytterligare två MA1-5 profiler. Detta visas i figur 20.



Figur 20 - Växellådsfäste

7.2 Vattenpumpsrigg

Riggen är anpassad för vattenpumpsprovning och kan delas in i två olika system. Ett mekaniskt system som driver själva vattenpumpen och ett fluidiskt system som vattenpumpen i sin tur driver.

7.2.1 Mekaniskt system

För att driva vattenpumpen under tester används en elmotor från Sterling Electric. Motorn kopplas via en remtransmission och en lamellkoppling till en axel som är ansluten till en momentgivare. Från momentgivaren kopplas sedan ytterligare en lamellkoppling och en axel. Axeln överför kraft till en remtransmission som är ansluten till vattenpumpen, vilket har efterliknats den som finns på en förbränningsmotor. Båda remtransmissionerna är monterade med två lager (SYJ 30). Dessutom är de försedda med var sin remspännare. Hela systemet kan ses i figur 21A till 21C

7.2.2 Fluidiskt system

Det fluidiska systemet är konstruerat för att efterlikna den miljön som vattenpumpen skall operera i, både vad gäller mottryck i systemet och temperatur på fluiden.

Det fluidiska systemet har olika huvudkomponenter som är viktiga för att systemet skall fungera på ett korrekt sätt. Strax efter vattenpumpen som testas är ett synglas monterat. Detta används dels för att kontrollera vätskenivån vid uppfyllnad av systemet, men också för att se hur strömningen efter pumpen ter sig. För att kunna justera mottryck och flöde används två stycken analoga reglerventiler (DN15). Dessa är parallellmonterade och att just två används beror på att de är optimerade för vissa flöden

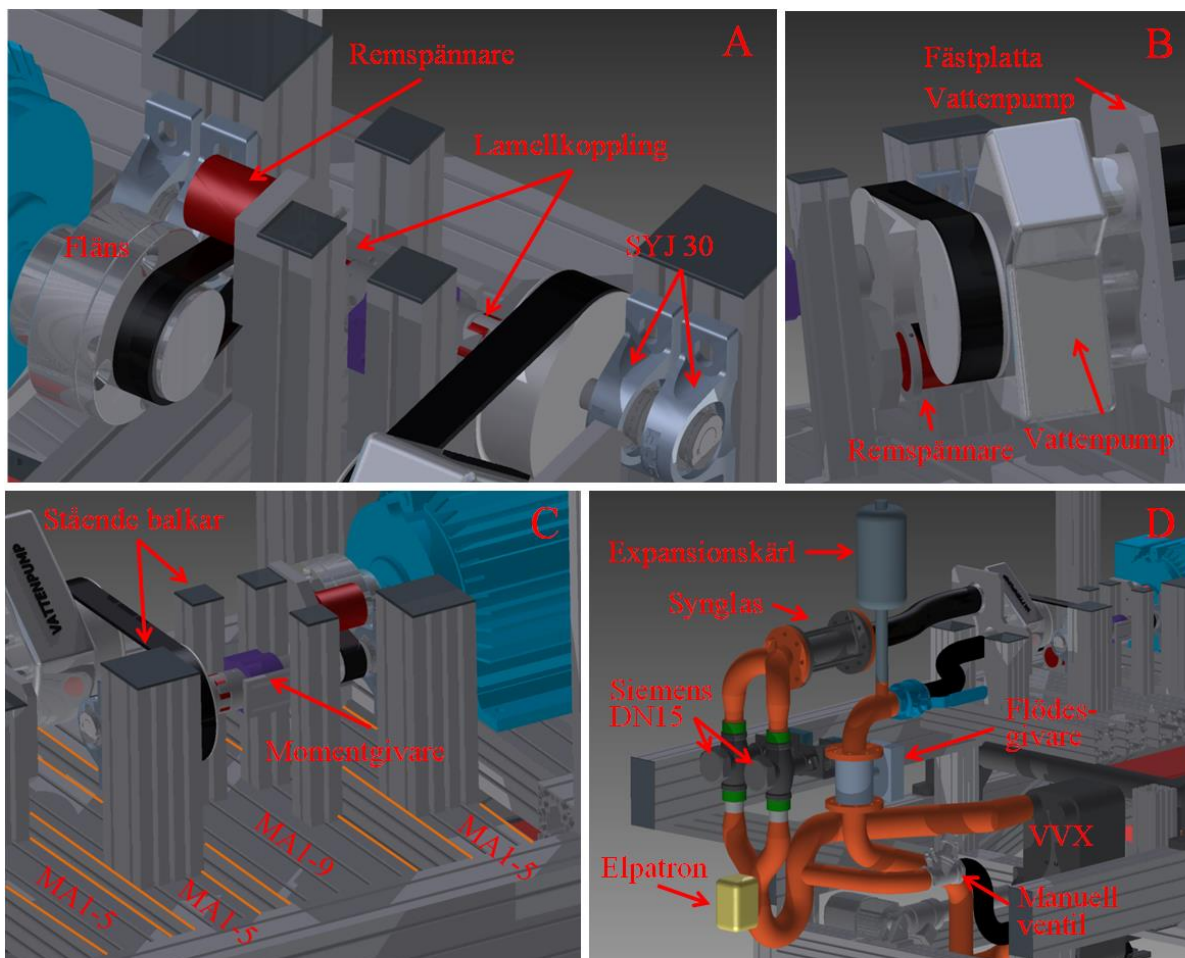
Som tidigare nämnts är temperatur en viktig parameter som bör kunna justeras. Detta görs med en kombination av en elpatron och en värmeväxlare. Elpatronen värmer fluiden till en temperatur som ligger strax över den som eftersträvas vid test. Värmeväxlaren kyler sedan fluiden till rätt temperatur precis före den går in i vattenpumpen. Det är även möjligt att koppla bort värmeväxlaren via en manuell ventil.

Framför vattenpumpen är en flödesgivare monterad för att kontrollera in-flödet samt ett expansionskärl för att ta upp tryckförändringar i systemet. Det fluidiska systemet illustreras i figur 21D.

7.2.3 Komponentinfästning

Det mekaniska systemets olika komponenter sitter monterade på överdelen, detta genom fyra tvärgående balkar. För att dessa ska urskiljas lättare har orangea linjer lagts till i figur 21C. Tre av balkarna är av typen MA1-5 och en av typen MA1-9. På de tvärgående balkarna monteras stående balkar, på dessa kan sedan de olika komponenterna monteras. I detta system används två typer av stående balkar, de större MA1-5 och de mindre MA1-1 profilerna.

Det är endast SKF lagren (SYJ 30 KF) som monteras direkt på den stående aluminiumprofilen. Momentgivaren, remspännarna samt vattenpumpen monteras först på ett specialkonstruerat fäste innan dessa i sin tur monteras på aluminiumprofilerna.



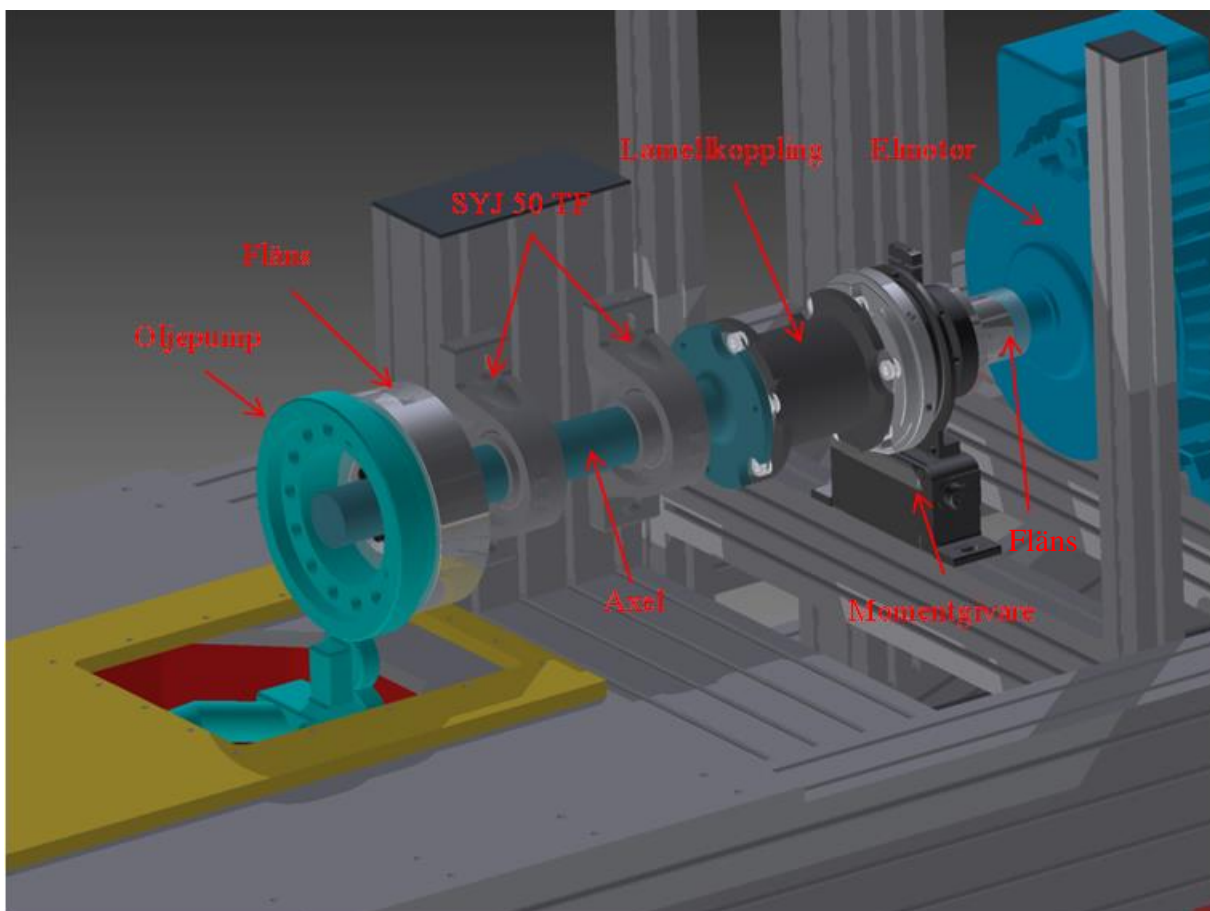
Figur 21 - (A) vattenpumpsrigg, mekaniskt system sett ovanifrån, (B) vattenpumpsrigg, mekaniskt system sett bakifrån, (C) vattenpumpsrigg, mekaniskt system sett framifrån, (D) vattenpumpsrigg, fluidiskt system

7.3 Oljepumpsrigg

Riggen är anpassad för oljepumpsprovning och kan precis som riggen för vattenpumpsprovning delas in i två olika system. Ett mekaniskt system som driver själva oljepumpen och ett fluidiskt system som oljepumpen i sin tur driver.

7.3.1 Mekaniskt system

För att driva oljepumpen används en elmotor. Motorn kopplas till en momentgivare med en fläns. Momentgivaren sitter på ett momentgivarfäste av samma typ som förklaras i 7.1.1. I momentgivarens andra ände sitter en lamellkoppling som tar upp eventuella riktningfel. Lamellkopplingen är i sin tur kopplad till den axel som driver oljepumpen. Axeln är monterad med två lager (SYJ 50 TF). Kraftöverföringen mellan axeln och oljepumpen sker med en fläns. Figur 22 nedan visar hur det mekaniska systemet är uppbyggt.

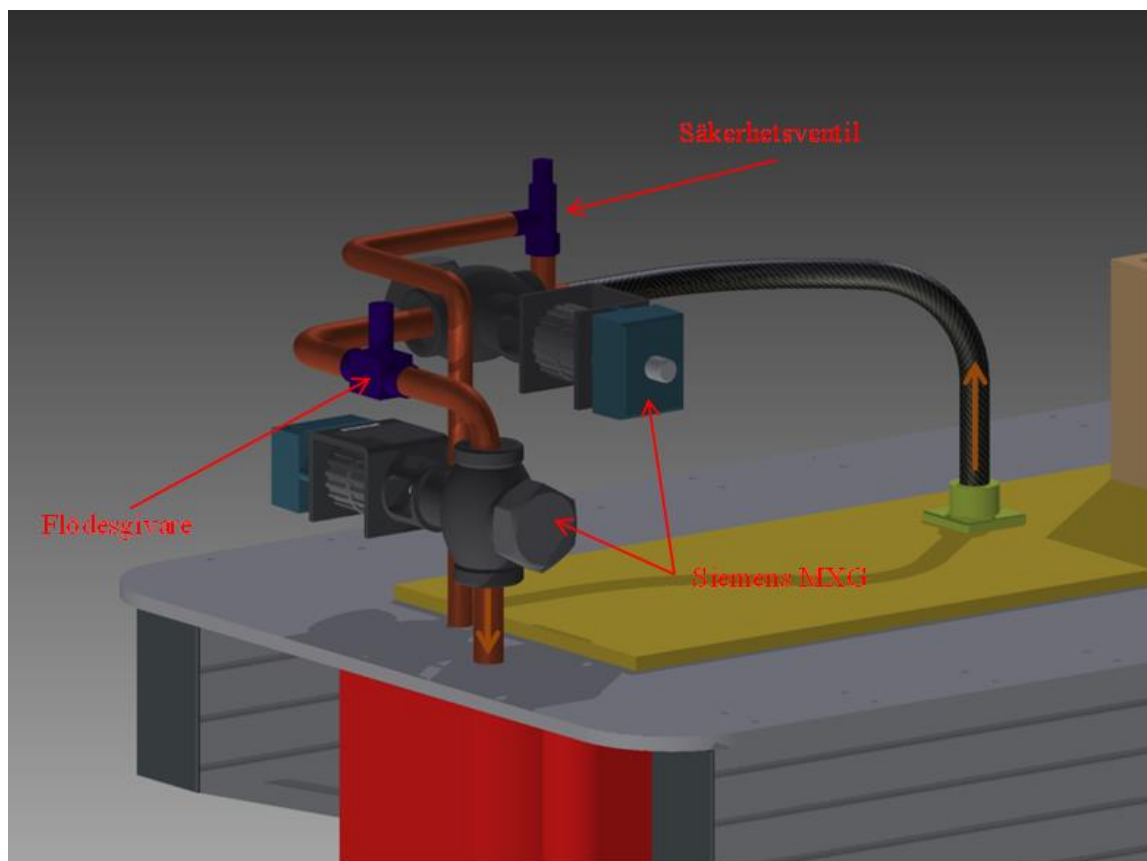


Figur 22 - Oljepumpsrigg, mekaniskt system

7.3.2 Fluidiskt system

För att simulera den miljö oljepumpen kommer arbeta i används ett antal olika komponenter. I detta system används två stycken reglerventiler av typen Siemens MXG. Mellan de två reglerventilerna sitter en flödesgivare. Detta gör att man kan variera mottrycket för pumpen samtidigt som flödesgivaren mäter vilket flöde pumpen levererar vid de olika mottrycken. När oljan passerat de båda reglerventilerna leds den tillbaka ner i sumpen. Precis innan reglerventilerna sitter en säkerhetsventil monterad ifall mottrycket skulle bli för högt. Om detta inträffar öppnas säkerhetsventilen och oljan leds tillbaka ner i sumpen. Detta system visas i figur 23, där de bruna pilarna illustrerar oljans flödesriktning.

Skulle det bli aktuellt att också ändra temperatur på oljan i systemet måste en eller flera värmeväxlare och eventuellt en värmepatron installeras i systemet. Detta kan göras på liknade sätt som på vattenpumpsriggen, vilket finns beskrivet i avsnitt 7.2.2.



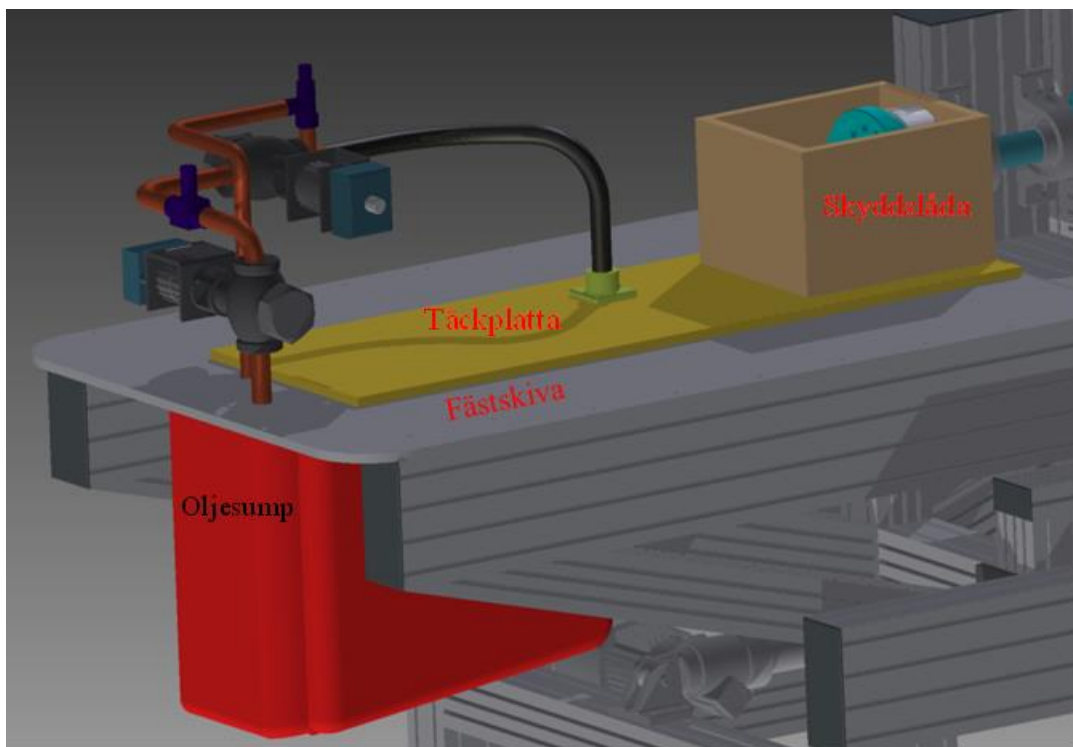
Figur 23 - Oljepumpsrigg, fluidiskt system

7.3.3 Komponentinfästning

Det mekaniska systemets olika komponenter sitter monterade på överdelen, detta genom en tvärgående MA1-9 balk samt en fästskiva för oljesumpen. Momentgivaren sitter på ett momentgivarfäste av samma typ som förklaras i 7.1.1. Lagren vilka styr upp axeln är monterade på en stående balk av typen MA1-9. Denna balk är monterad på den tidigare nämnda tvärgående balken.

För att kunna montera oljesumpen på ett sätt som liknar verkligheten används en fästskiva. Denna skiva har hål och fästen vilket exakt efterliknar de på en förbränningsmotors undersida. Skivan monteras på de längsgående balkarna på överdelen. Då oljesumpen sticker ner under de längsgående balkarna så har den yttersta tvärgående balken på överdelen tagits bort vilket kan ses i figur 24. Detta är inget problem då oljesumpens fästskiva ger tillräckligt med styvhet.

Ovanpå oljesumpens fästskiva finns en täckplatta och ovanpå den en skyddslåda. Dessa två komponenter skyddar omgivningen för eventuellt stänk, vilket kan förekomma under körning. De skyddar även oljan från främmande föremål och smuts.



Figur 24 – Oljepumpsrigg, komponentinfästning

8. RESULTAT OCH SLUTSATS

Målet med detta arbete var att ta fram en moduluppbyggd komponentprovrigg. Det som har gjorts är att en grundrigg har tagits fram. Sedan har befintliga system som används för att testa tre olika komponenter modifierats och monterats på grundriggen. Detta har utförts för att bevisa att grundriggen kan tillämpas för olika typer av tester. Resultatet av detta arbete kan därför presenteras som ett koncept med tre olika tillämpningar:

- Grundrigg
- Växellådsrigg
- Vattenpumpsrigg
- Oljepumpsrigg

Dessa kan betraktas i bilaga 1 till 4.

8.1 Val av material

Det enskilt största beslutet som togs i detta projekt var om arbetet skulle ske på samma sätt som tidigare det vill säga med konstruktioner i stål. Eller om det skulle gå att använda en konstruktion uppbyggd av aluminiumprofiler. Ganska snabbt kunde slutsatsen dras att en provrigg av stål skulle kunna byggas så pass flexibel att det skulle gå att testa flera olika komponenter i den. Men det skulle behöva vara näst intill tre identiska system och när väl dessa byggts upp skulle möjligheten till större modifiering vara borta. Därmed skulle provriggen inte uppfylla signifikanta delar i kravspecifikationen, så som att mätutrustning enkelt skulle kunna läggas till eller tas bort i efterhand. Just dessa parametrar stämde mycket bra in på egenskaper en provrigg konstruerad i aluminiumprofiler skulle få.

När olika profilsystem undersöktes beslutades snabbt att om provriggen skulle vara uppbyggd av aluminiumprofiler skulle Kanyas system användas. Beslutet grundade sig i huvudsak på ett argument, nämligen att AB Volvo redan använder sig av Kanyas profilsystem. Och eftersom en sådan här provrigg mycket sannolik skulle kunna hamna där kändes beslutet naturligt. När sedan Kanyas utbud av aluminiumprofiler började undersökas blev det uppenbart att en provrigg uppbyggt av detta profilsystem skulle få en mycket god flexibilitet och stora ombyggnationer av provriggen i efterhand skulle bli möjlig.

Nästa frågeställning berörde vilka hållfasthetsegenskaper dessa aluminiumprofiler hade. Beräkningar på vilken motståndskraft mot böjning de olika balkarna har genomfördes. När balkarna jämfördes mot varandra konstaterades att aluminiumprofilerna var bättre än de stålprofiler de var tänkta att ersätta. Dock var de kraftigare och tog upp mer plats. Med detta som bakgrund samt vetskapen om att aluminiumprofiler använts vid olika typer av riggar tidigare togs beslutet att konstruera en provrigg i Kanyas aluminiumprofiler.

8.2 Kommande arbete

För vidareutveckling måste aluminiumprofilernas egenskaper noggrannare undersökas. De beräkningar som genomförts berör bara böjstyvheten och nedböjningen. Aluminiums materialegenskaper har inte undersökts noggrannare. Detta måste göras för att sedan jämföras med stål, först då kan man få en större uppfattning om denna konstruktion skulle fungera eller inte. För att vara helt säker skulle fullskaliga tester behöva utföras.

Resultatet av arbetet blev en provrigg som till största del konstruerades med Kanyas aluminiumprofiler. För att förstärka upp konstruktionen skulle bleck i stål kunna användas i hörnen och mellan bärande profiler. I framtiden skulle det även gå att undersöka om hela bärande delar skulle kunna konstrueras av stål och sedan kompletteras med aluminiumprofiler för att inte minska flexibiliteten. Det är på detta sätt som AVL tidigare har konstruerat motorprovriggar, figur 25 visar ett exempel på detta. Viktigt att tänka på är att i figuren testas en komplett motor och inte bara enstaka komponenter⁹.



Figur 25 - AVL, motortestrigg

9. KÄLLFÖRTECKNING

Tryckta källor:

[1] William Sale Partnership. (2015).

[2] Dahlberg, T. (2001) Teknisk hållfasthetslära. Tredje upplagan. Lund, Studentlitteratur

[3] PVS Profilbyggsystemet för individuella konstruktionslösningar, Rüti, Schweiz 2010

Webbplats:

[4] AVL test factory – AVL Landing https://www.avl.com/-/avl-test-factory?redirect=https%3A%2F%2Fwww.avl.com%2Fsearch%3Fp_p_id%3D3%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-1%26p_p_col_count%3D1%26_3_groupId%3D10138%26_3_category%3DAll%26_3_keywords%3Dtest%2Bbench%26_3_search%3D%26_3_struts_action%3D%252Fsearch%252Fsearch (2015-05-22)

10. BILAGOR

Bilaga 1 Grundrigg

Bilaga 2 Växellådsrigg

Bilaga 3 Vattenpumpsrigg

Bilaga 4 Oljepumpsrigg

Bilaga 5 Lättprofil 30x30 typ B02-1

Bilaga 6 Kraftprofil 50x50 typ MA1-1

Bilaga 7 Kraftprofil 50x100 typ MA1-2

Bilaga 8 Kraftprofil 100x100 typ MA1-5

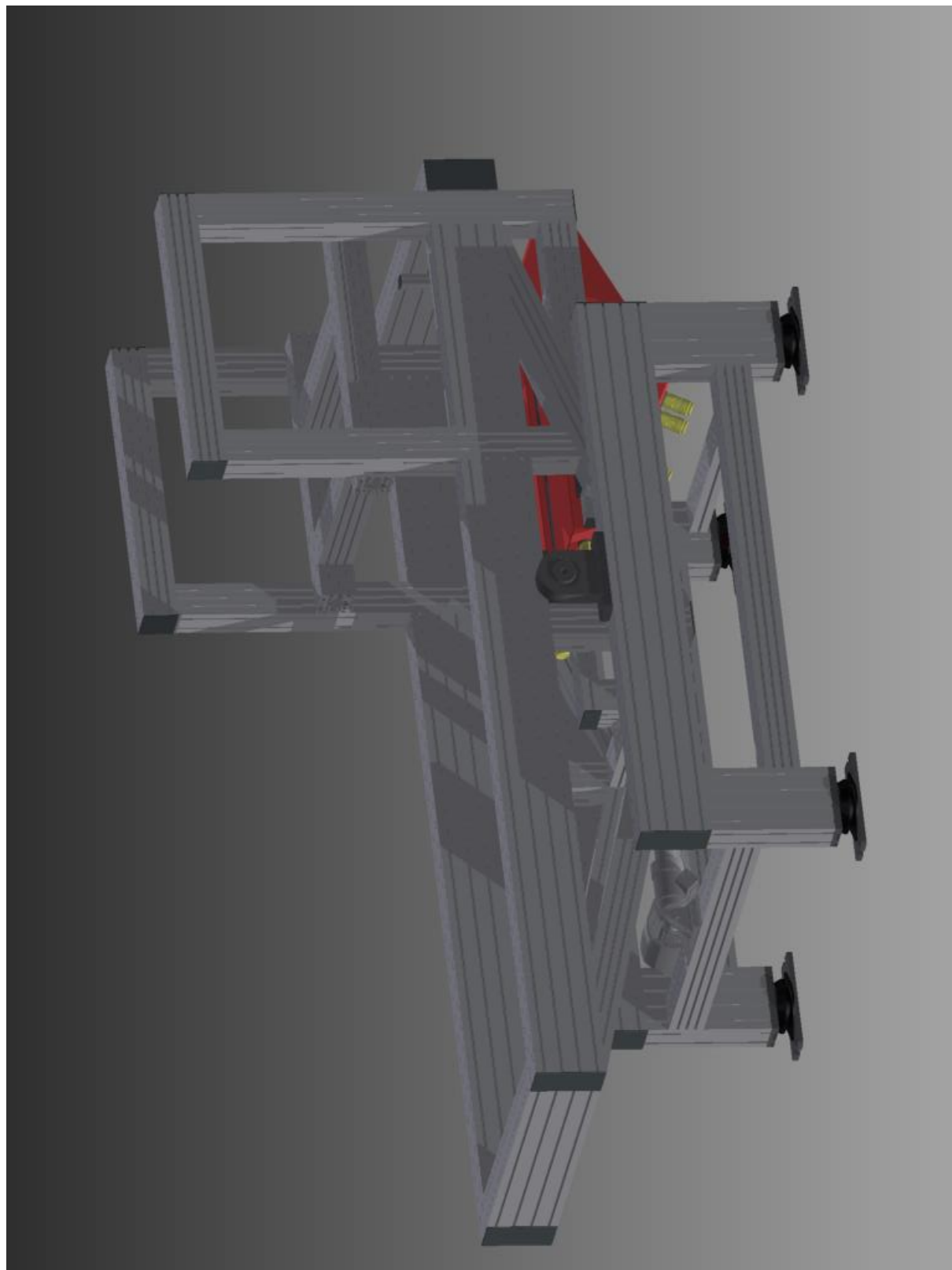
Bilaga 9 Kraftprofil 100x200 typ MA1-9

Bilaga 10 PVS - Profilkopplingselement

Bilaga 11 Handberäkningar

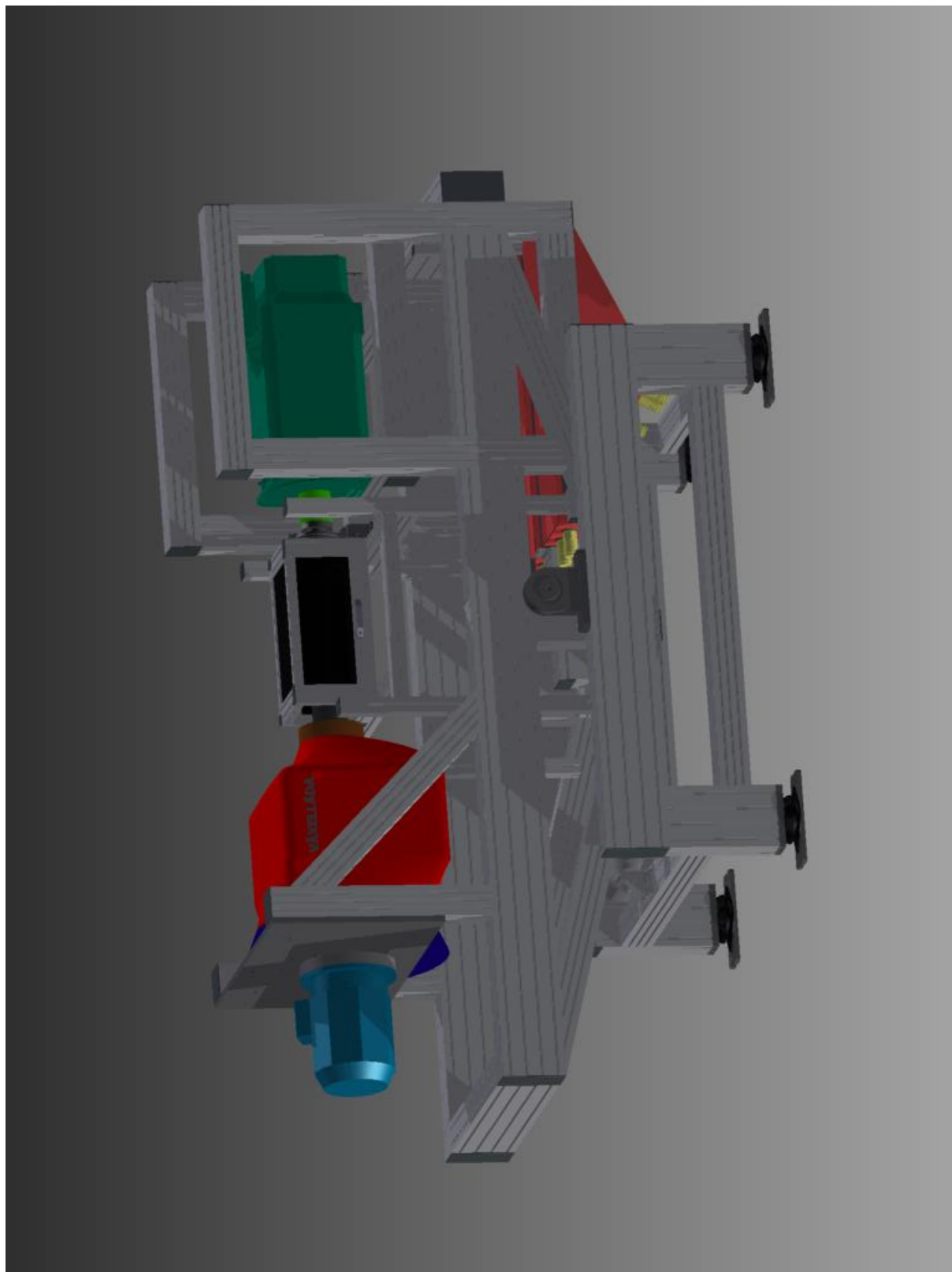
Bilaga 12 Kravspecifikation

Bilaga 1 Grundrigg



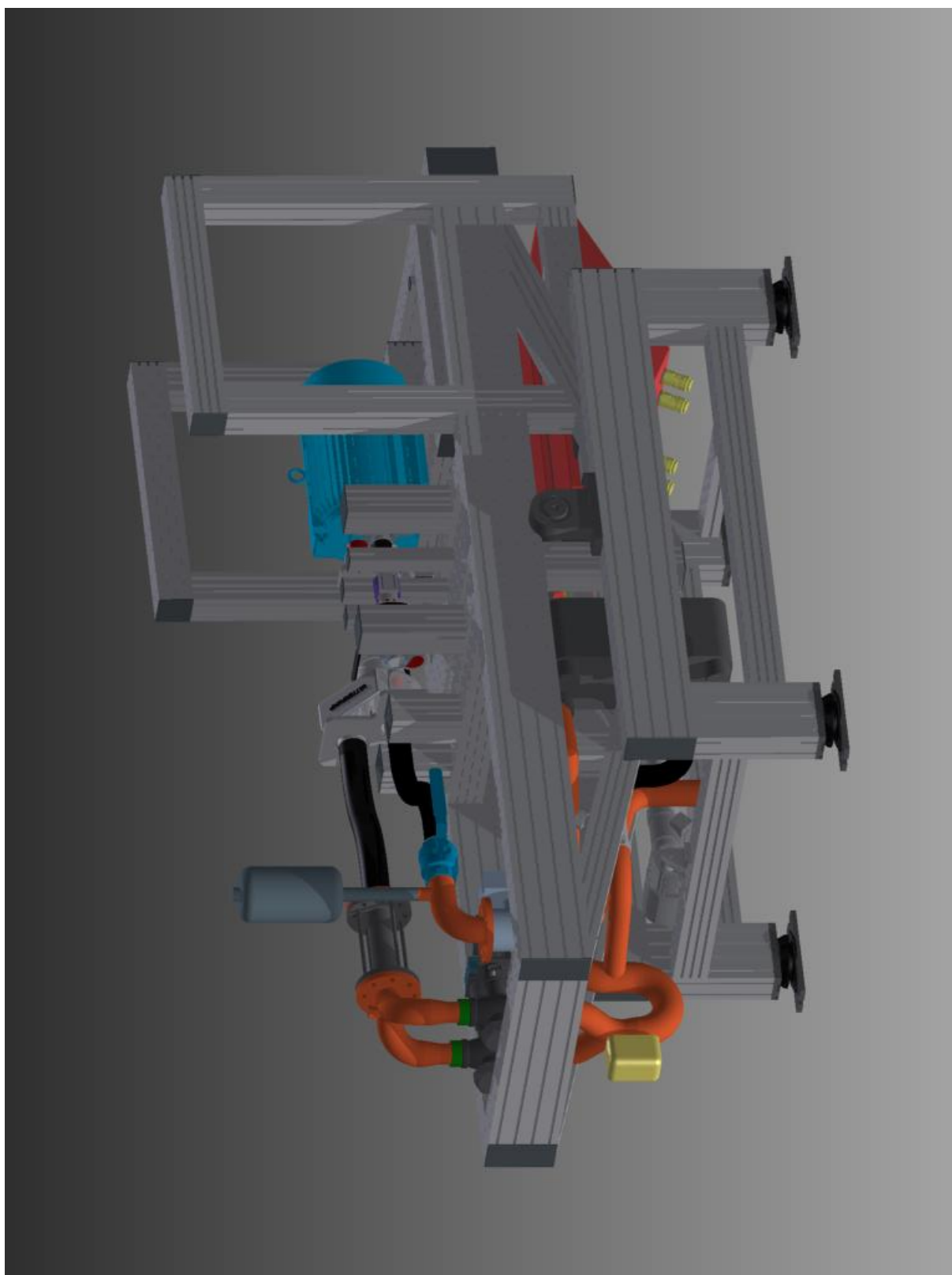
Figur B1 - Grundrigg

Bilaga 2 Växellådsrigg



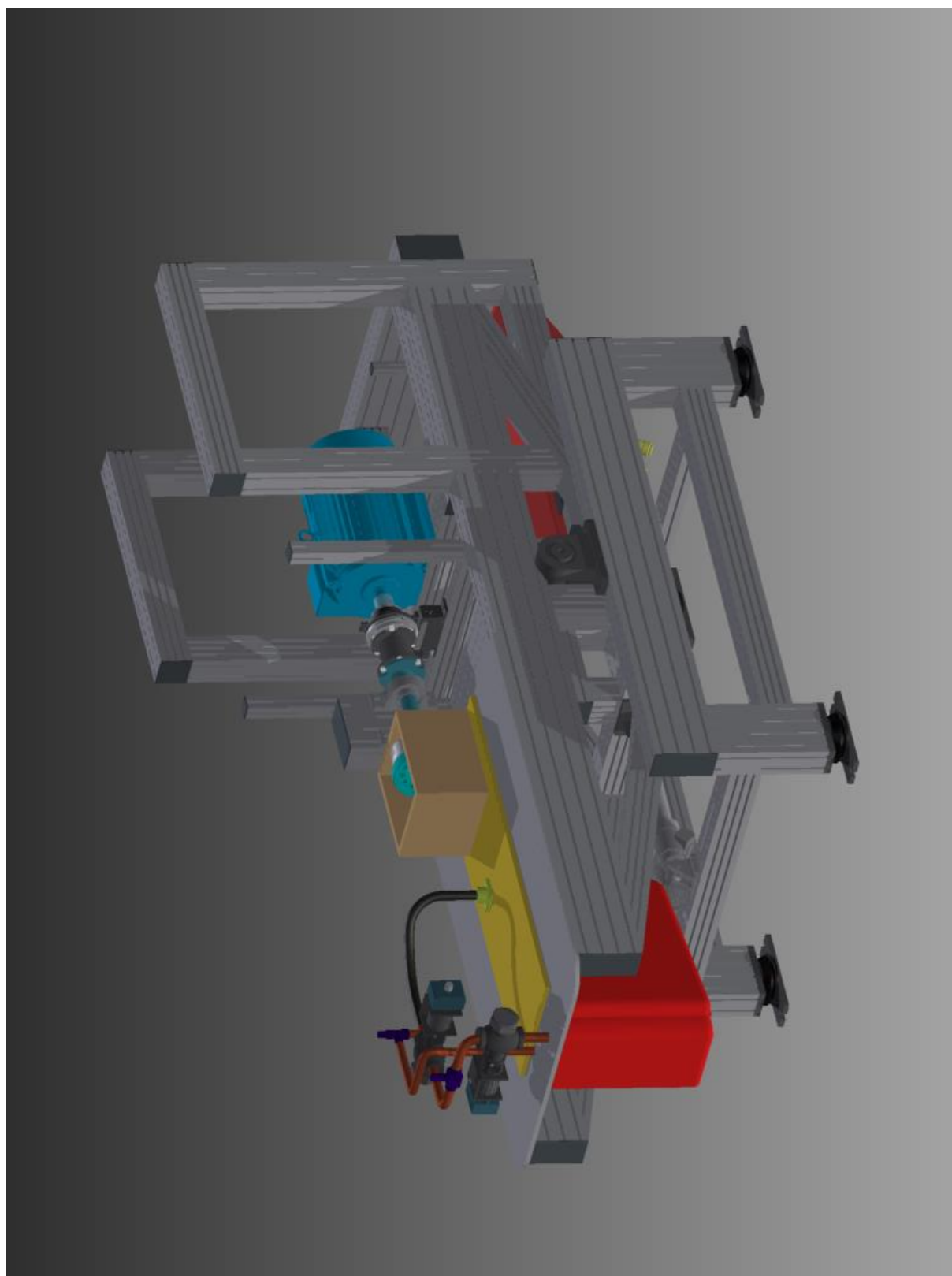
Figur B2 - Växellådsrigg

Bilaga 3 Vattenpumpsrigg



Figur B3 - Vattenpumpsrigg

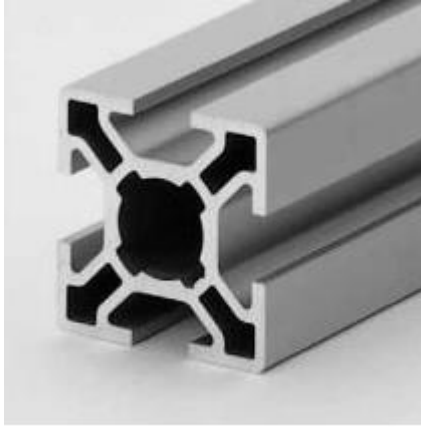
Bilaga 4 Oljepumpsrigg



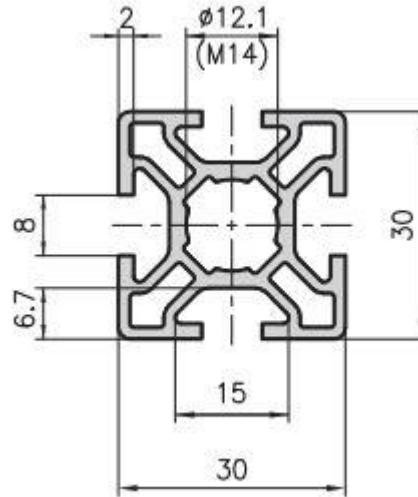
Figur B4 - Oljepumpsrigg

Bilaga 5 Lättprofil 30x30 typ B02-1

Denna typ av profil används med stor fördel till olika typer av skyddsanordningar och kåpor. Profilen är prisvärd och är kompatibel med Kanyas PVS-kopplingar¹⁰.



Figur B5 - Iso view, B02-1



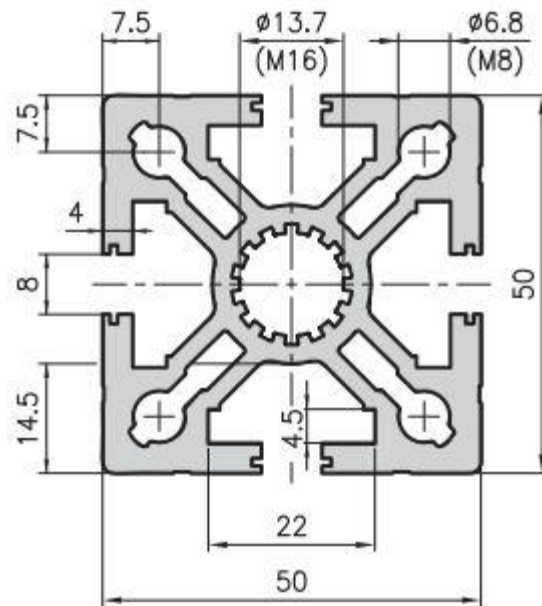
Figur B6 - Ritning, B02-1

Bilaga 6 Kraftprofil 50x50 typ MA1-1

Denna typ av profil är mångsidig och kan tillämpas på många olika typer av konstruktioner. Kraftprofilen har högre hållfasthet och deformationsmotstånd än den lättare grundprofilen¹¹.



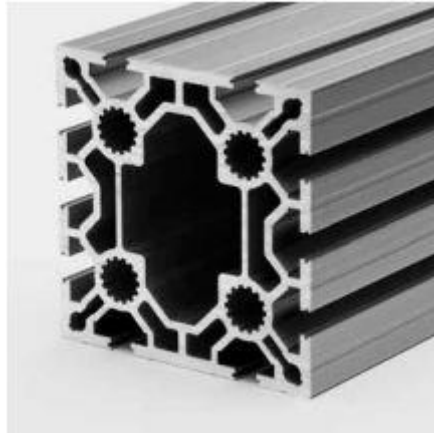
Figur B6 - Iso view, MA1-1



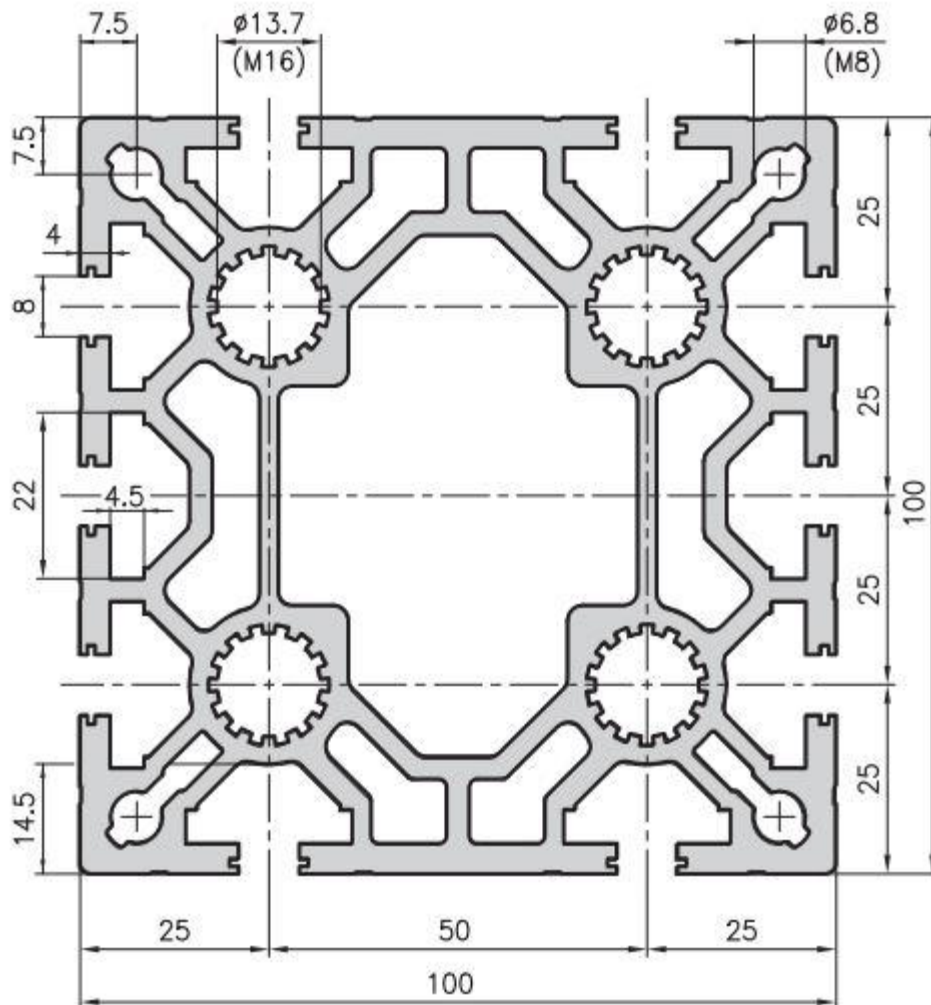
Figur B7 - Ritning, MA1-1

Bilaga 8 Kraftprofil 100x100 typ MA1-5

Denna typ av profil är robust och har stor hållfastighet. Den används till portalkonstruktioner eller som balk i riggar. Kraftprofilen har högre hållfastighet och deformationsmotstånd än den lättare grundprofilen¹³.



Figur B10 - Iso view, MA1-5



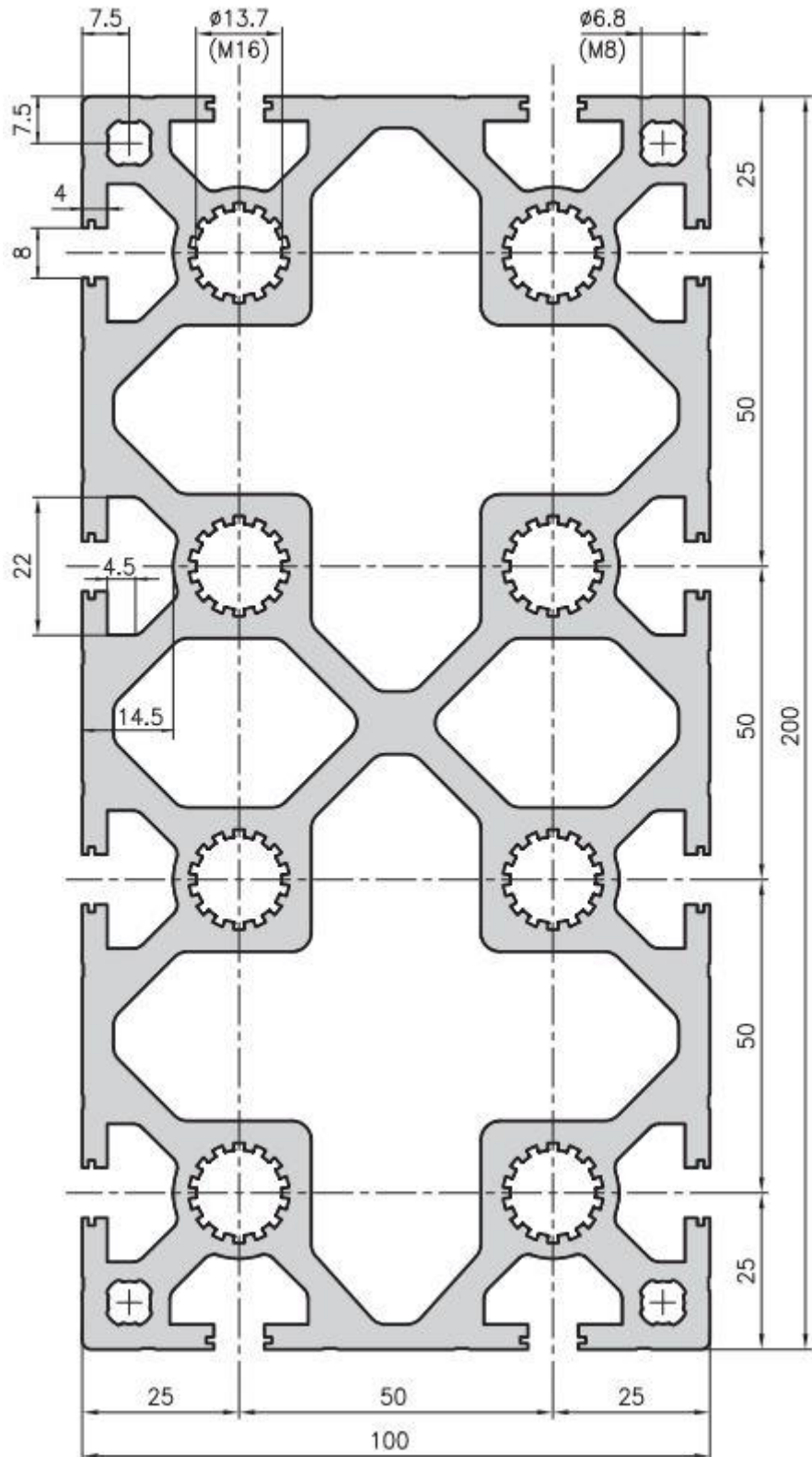
Figur B11 -Ritning, MA1-5

Bilaga 9 Kraftprofil 100x200 typ MA1-9

Detta är Kanyas största profil. Den används till portalkonstruktioner eller konstruktioner med stora krafter och långa avstånd¹⁴.



Figur B12 - Iso view, MA1-9



Figur B13 - Ritning, MA1-9

Bilaga 10 PVS - Profilkopplingselement

Kanya har ett eget unikt och patenterat profilkopplingselement. Det går under namnet PVS (Profil-Verbindungs-System). Det som gör systemet unikt är att man utan några externa vinkeljärn kan montera ihop aluminiumprofiler med stor precision och med hög hållfastighet. Detta kan ses i figur B14 till höger. Systemet erbjuder även ytterligare mångsidighet då det tillåter att aluminiumprofiler med olika dimensioner att monteras med varandra. Det går även att montera profiler i så gott som vilka vinklar som helst.

Själva monteringsprocessen är mycket snabb och enkel. Systemets olika delar för en typisk universalkoppling illustreras i figur B15. Först borrar ett hål i slutet av en av de profiler som skall monteras ihop. I detta hål förs en hylsa in med en integrerad åtdragningskruv. Ett så kallat ankare förs in i den andra profilens skena. Ankaret och en retur fjäder trycks därefter in i hylsan och åtdragningskruven dras åt.



Figur B14 – Monterat PVS-system



Figur B15 – Universalkopplingens olika delar

Hållfasthetsdata för PVS-kopplingar

Kommande data har med Kanyas godkännande tagits ur deras produktkatalog katalog. För både tryckkrafter och dragkrafter är den rekommenderade åtdragningsmomentet 30-35Nm.

Tryckkrafter

Med tryckkrafter menas en kraft F_s som läggs på vertikalt på en horisontellt inspänt profil vilket kan ses i figur B16. Då ett förband dragits åt med 35Nm klarar detta en tryckkraft på cirka 4000N. För att få en mer exakt uppskattning har en funktion skapats baserat på antalet kopplingar samt åtdragningsmomentet, vilket kan ses i diagram B1. I tabell B1 visas vilka profiler som diagram B1 avser samt hur många infästningar respektive profil har.



Figur B16 – Pålagd tryckkraft F_s

Tabell B1- Förklaring till Diagram 1

No.	extrusion	joints
1	50x50	1
2	40x40	1
3	30x30	1
4	30x50	1
5	40x80	2
6	30x100	2
7	50x100	2
8	50x150	3
9	40x120	3
10	80x80	4
11	40x160	4
12	100x100	4
13	80x160	8
14	100x200	8

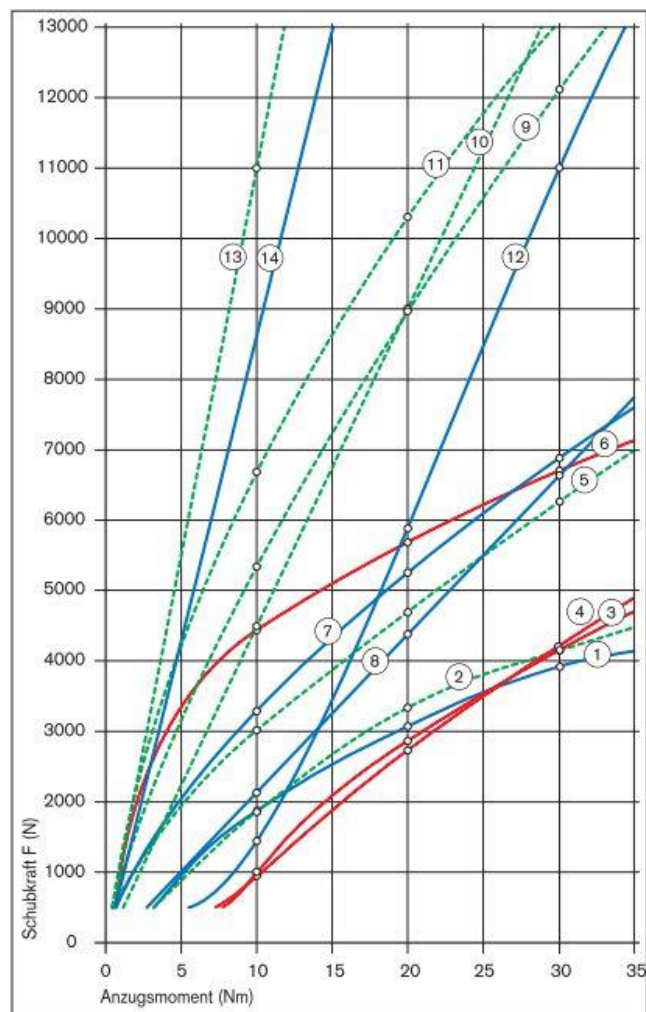
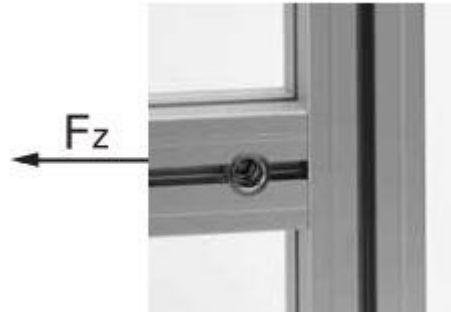


Diagram B1- Diagrammet visar den tryckkraft som krävs för att förskjuta ett förband som funktion av åtdragningsmomentet

Dragkrafter

Med dragkrafter menas en kraft F_z som läggs på horisontellt på en horisontellt inspant profil, vilket kan ses i figur B18. För dragkrafter har riktvärden tagits fram som bygger på hur stor kraft en koppling kan ta upp när kraften läggs på enligt tidigare beskrivning. I tabell B2 redovisas storleken på de krafter som en koppling klarar av vid maximalt åtdragningsmoment¹⁵.



Figur B18 – Pålagd dragkraft F_z

Tabell B2 – Riktvärden för dragkraft

Tractive force Extrusion	F_z Universal connectors	F_z Standard connectors
Base 50	14'000N	10'000N
Base 40	14'000N	10'000N
Base 30	4'000N	3'500N
Base 20	2'000N	1'800N

Bilaga 11 - Handberäkningar

$$Böjstyvhets = E * I \quad (1)$$

$$E_{Stål} = 210 \text{ [GPa]}$$

$$E_{Aluminium} = 70 \text{ [GPa]}$$

Stora balkar

$$I_{MA1-9} = 2442,53 \text{ [cm}^4\text{]}$$

$$I_{Stålbalk1} = \frac{b \cdot h^3 - b_1 \cdot h_1^3}{12} \quad (2)$$

$$b = 80 \text{ [mm]}$$

$$h = 160 \text{ [mm]}$$

$$b_1 = 70 \text{ [mm]}$$

$$h_1 = 150 \text{ [mm]}$$

Givna värden insatta i ekv. (2) ger:

$$I_{Stålbalk1} = \frac{8 \cdot 16^3 - 7 \cdot 15^3}{12} = 761,92 \text{ [cm}^4\text{]}$$

Små balkar

$$I_{Stålbalk2} = \frac{b^4 - b_1^4}{12} \quad (3)$$

$$b = 80 \text{ [mm]}$$

$$b_1 = 70 \text{ [mm]}$$

Givna värden insatta i ekv. (3) ger:

$$I_{Stålbalk2} = \frac{8^4 - 7,2^4}{12} = 117,4 \text{ [cm}^4\text{]}$$

$$I_{MA1-5} = 380,0 \text{ [cm}^4\text{]}$$

Resultat böjstyvhets

$$EI_{Stålbalk1} = 210 * 761,92 = 160003,2$$

$$EI_{Stålbalk2} = 210 * 117,4 = 24654,0$$

$$EI_{MA1-9} = 70 * 2442,53 = 170977,1$$

$$EI_{MA1-5} = 70 * 380 = 26600,0$$

Då böjstyvheten beräknats kan det konstateras att de båda aluminiumprofilerna är snäppet vassare än respektive stålbalk¹⁶.

Nedböjning

För att få en klarare bild av vad skillnaderna i böjstyvheten kan innebära beräknas nedböjningen. I detta exempel är samtliga balkar 2m. De större balkarna angrips av en kraft på 10 000N och de mindre 5000N. Just dessa krafter används då det är ungefär vad balkarna kan komma att belastas med när de är monterade på provriggen.

$$W(L) = \frac{P \cdot L^3}{3 \cdot EI} \quad (4)$$

$$L = 2 \text{ [m]}$$

$$P_1 = 10\,000 \text{ [N]}$$

$$P_2 = 5\,000 \text{ [N]}$$

De olika krafterna och böjstyvheterna sätts in i ekv (4) vilket ger¹⁷:

$$W_{Stålbalk1}(L) = \frac{P_1 \cdot L^3}{3 \cdot EI_{Stålbalk1}} = \frac{10000 \cdot 2^3}{3 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 761,92 \cdot 10^{-8}} = 0,0166 \text{ [m]}$$

$$W_{Stålbalk2}(L) = \frac{P_2 \cdot L^3}{3 \cdot EI_{Stålbalk2}} = \frac{5000 \cdot 2^3}{3 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 117,4 \cdot 10^{-8}} = 0,0541 \text{ [m]}$$

$$W_{MA1-9}(L) = \frac{P_1 \cdot L^3}{3 \cdot EI_{MA1-9}} = \frac{10000 \cdot 2^3}{3 \cdot 70 \cdot 10^9 \cdot 2442,53 \cdot 10^{-8}} = 0,0156 \text{ [m]}$$

$$W_{MA1-5}(L) = \frac{P_2 \cdot L^3}{3 \cdot EI_{MA1-5}} = \frac{5000 \cdot 2^3}{3 \cdot 70 \cdot 10^9 \cdot 380 \cdot 10^{-8}} = 0,0501 \text{ [m]}$$

Bilaga 12 - Kravspecifikation

Kravspecifikation multifunktionsrigg

Syfte

Syftet är att ta fram en moduluppbyggd provrigg för provning av komponenter som kräver rotation så som pumpar och växellådor.

Målet är att enligt kravspecifikationen ta fram:

Konceptmodeller i 3D, Autodesk Inventor

Presentations material skapat i Autodesk Inventor så som bilder

Provrighgen skall vara moduluppbyggd vilket innebär att features så som tex momentmätning enkelt skall kunna läggas till eller plockas bort beroende på vilket konfiguration provobjektet kräver. Höjd och position i sidled av provobjektet i förhållande till motor skall vara justerbart. Riktningfel mellan elmotor och provobjekt skall tas upp av lamellkoppling.

Följande features skall ingå:

Momentmätning

Temperaturmätning

Tyckmätning

Flödesmätning av fluider

Konditionering av bränsle, Diesel, Bensin, Etanol. Tank volym ca 50 liter

Konditionering av olja. Tank volym ca 50 liter, åter kommer med bortkyld effekt

Elmotor storlekar 2 st

Möjlighet att köra med 2 st elmotorer där en används som broms

Lutning av provobjekt upp till 15°

-
- ¹ 1
 - ² 1
 - ³ 1
 - ⁴ 1
 - ⁵ 1
 - ⁶ 1
 - ⁷ 2
 - ⁸ 3
 - ⁹ 4
 - ¹⁰ 3
 - ¹¹ 3
 - ¹² 3
 - ¹³ 3
 - ¹⁴ 3
 - ¹⁵ 3
 - ¹⁶ 2;3
 - ¹⁷ 2