

Vidareutveckling av midjeled till produktplattform

Johan Marklund
2015

Civilingenjörsexamen
Maskinteknik

Luleå tekniska universitet
Institutionen för teknikvetenskap och matematik

Sammanfattning

Följande rapport behandlar genomförandet av det examensarbete som utgör avslutet på Civilingenjörsutbildningen inom maskinteknik med inriktning mot konstruktion vid Luleå tekniska universitet, Luleå. Arbetet har utförts av Johan Marklund i ett nära samarbete med JAMA Mining Machines, Skelleftehamn. Den största delen av utvecklingsarbetet har skett på plats hos JAMA med endast ett antal avstämningsmöten med extern handledare på LTU i Luleå. Det huvudsakliga målet i arbetet är att skapa en ny konstruktion för midjeleden på det chassie som ett antal av JAMAs maskiner baseras på. Denna nya konstruktion ska klara större belastningar med ett lägre servicebehov som sammantaget ger maskinerna större tillgänglighet. Service och montage ska förenklas i och med den nya konstruktionen då främst med avseende på utrymme kring och utformning av komponenter. Genom att använda en strukturerad arbetsmetod kallad kreativ produktutveckling av Ulrich & Eppinger säkerställs en hög kvalitet genom hela arbetet. Som ett steg i denna metod gjordes en noggrann behovsanalys där ett flertal, för JAMA, dolda problem och behov identifierades. Flera olika koncept på alternativa lösningar skapades under arbetet där fyra stycken valdes ut för djupare analys. På dessa utfördes statiska hållfasthetsanalyser som jämfördes mot en referensmodell baserad på den på befintliga midjeleden. Genom dessa fås en god uppfattning om vilket resultat olika konstruktionsförändringar får med avseende på hållfasthet. Det slutgiltiga konceptet valdes genom kvalitativa urvalsmetoder inspirerade av Ulrich & Eppinger som består av ett antal viktnings- och urvalsmatriser. I dessa poängsattes koncepten i samråd med handledare på JAMA. Det vinnande konceptet vidareutvecklas och konstrueras såväl på system- som detaljnivå. Resultatet är en ny midjeled som kraftigt minskar de problemområden som den gamla konstruktionen hade. De kritiska spänningskoncentrationerna som tidigare kraftigt begränsade midjeledens livslängd har nu näst intill halverats. Nya dedikerade vägar för exempelvis hydraulslang finns i den nya konstruktionen vilket nu tillåter ökade möjligheter för slangdragning även på en lågbyggd maskin. Dessa och flera andra förbättringar ger maskinerna ett lägre servicebehov med större tillgänglighet och därtill en ökad utvecklingspotential.

Abstract

The following report describes the execution of the master's thesis that constitutes the completion of the masters degree in Mechanical Engineering with specialization in mechanical construction at Luleå University of Technology, Luleå. The work has been carried out by Johan Marklund in close cooperation with JAMA Mining Machines, Skelleftehamn. The main part of the development work has taken place on the premises of JAMA, with only a number of meetings with the external supervisor at Luleå University of Technology. The main goal of this work is to create a new design for the articulated joint in the chassis on which a number of JAMA's machines is based on. This new construction will withstand higher loads with lower service needs which together gives the machines greater availability. Service and installation should be simplified with the new construction, primarily with respect to the space around and design of components. By using a structured work method called creative product development by Ulrich & Eppinger ensures a high quality throughout the entire process. As a step in this method, a detailed needs analysis was performed in which several, for JAMA, hidden problems and needs were identified. Several different concepts of alternative solutions were created during the work which four were selected for deeper analysis. On those a static stress analysis was conducted and then compared to a reference model based on the existing articulated joint. The final concept was chosen by qualitative selection methods inspired by Ulrich & Eppinger which consists of a number of weighting and selection matrices. These concepts were scored in consultation with the supervisor of JAMA. The winning concept was further developed and constructed on both system- and detail level. The result is a new articulated joint, which significantly reduces the problem areas that the old design had. The critical stress concentrations previously severely limiting the articulated joints life span has now almost decreased by half. New dedicated routes for example hydraulic hose are available in the new design which now allows more opportunities for hose routing even on a low-built machine. These and several other enhancements gives the machines a lower service needs with greater availability and an increased potential for development.

Förord

Som ett avslutande kapitel på mina studier gjorde jag mitt examensarbetet på JAMA Mining Machines, Skelleftehamn. JAMA har under ca 70 år tillverkat och utvecklat produkter för och i samarbete med främst den Norrländska gruvindustrin. Genom sin mångåriga erfarenhet är JAMA idag en världsledande leverantör för denna typ av produkter. Genom att ständigt förbättra och vidareutveckla sina produkter säkerställer JAMA sin ledande roll. Jag har utfört arbetet på plats hos JAMA vilket har vart väldigt kul och lärorikt. Jag fick även chansen att arbeta hos dem under en kortare period och jag hoppas kunna återvända till denna trevliga arbetsplats i framtiden. Med detta sagt tar jag nu klivet ut från studentlivet på LTU och in i arbetslivet och framtiden.

Slutligen vill jag tacka:

- All personal på JAMA Mining Machines för en bra, rolig och lärorik tid.
- Rickard Lindgren, VD JAMA, som trodde på mig och gav mig chansen att utföra mitt examensarbete hos dem.
- Anders Nilsson, konstruktör JAMA, som vart min handledare under arbetet och ett stort stöd.
- Mats Näsström, utbildningsledare /professor LTU, som vart min handledare under arbetet och ett stort stöd.



Skellefteå, juni 2015

Johan Marklund

Innehållsförteckning

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Inledning..... | 1 |
| 1.1 | Introduktion..... | 1 |
| 1.2 | Syfte & Problemformulering | 1 |
| 1.3 | Avgränsning..... | 2 |
| 2 | Teori..... | 5 |
| 2.1 | Kreativ produktutveckling | 5 |
| 2.2 | Litteraturstudier | 6 |
| 2.3 | Behovsanalys..... | 7 |
| 2.4 | Prestandajämförelse | 7 |
| 2.5 | Kravspecifikation | 7 |
| 2.6 | Konceptgenerering..... | 8 |
| 2.6.1 | Förtydliga problemet..... | 8 |
| 2.6.2 | Sök externt | 8 |
| 2.6.3 | Sök internt | 8 |
| 2.6.4 | Konceptutvärdering & konceptval | 9 |
| 2.6.5 | Reflektion | 9 |
| 2.7 | Brainstorm..... | 9 |
| 2.8 | DFx..... | 9 |
| 2.9 | Hydraulik | 10 |
| 2.10 | Finita elementmetoden - FEM..... | 10 |
| 2.11 | Gruvbrytning..... | 10 |
| 2.12 | Programvaror | 11 |
| 3 | Metod..... | 12 |
| 3.1 | Analys | 12 |
| 3.2 | Behovsanalys..... | 15 |
| 3.3 | Prestandajämförelse | 15 |
| 3.4 | Kravspecifikation | 15 |
| 3.5 | Konceptgenerering..... | 15 |
| 3.6 | Brainstorm..... | 16 |
| 3.7 | Koncept..... | 16 |
| 3.7.1 | Referensmodell | 17 |
| 3.7.2 | Koncept 1 – Grövre expandertappar..... | 17 |
| 3.7.3 | Koncept 2 – ökat avstånd mellan expandertappar | 18 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3.7.4 | Koncept 3 – Grövre expandertappar samt ökat avstånd | 20 |
| 3.7.5 | Koncept 4 – Grövre expandertappar samt ökat avstånd kombinerat med stödben | 21 |
| 3.8 | Konceptutvärdering..... | 22 |
| 3.9 | Konceptval..... | 24 |
| 3.10 | Slutgiltigt koncept..... | 25 |
| 3.11 | Systemkonstruktion..... | 25 |
| 3.11.1 | Hyttinfästning | 26 |
| 3.11.2 | Axeltappar och smörjning i midjeled..... | 28 |
| 3.12 | Detaljkonstruktion..... | 29 |
| 3.12.1 | Axeltappar | 30 |
| 3.12.2 | Förhöjd framram | 36 |
| 3.12.3 | Midjeled..... | 38 |
| 4 | Resultat..... | 39 |
| 4.1 | Expandertappar & smörjning | 39 |
| 4.2 | Förhöjd framram & midjeled..... | 39 |
| 4.3 | Slangdragning | 41 |
| 5 | Diskussion..... | 42 |
| 6 | Litteraturförteckning | 43 |

Bilagor

Bilaga A - Identifierade problemområden

Bilaga B - Kravspecifikation

Bilaga C – Intressenter

1 Inledning

I följande kapitel beskrivs examensarbetets omfattning. Arbetets syfte, problemuppställning samt avgränsningar redovisas.

1.1 Introduktion

JAMA Mining Machines (JAMA) är ett företag vars ursprung kan spåras närmare 70 år tillbaka i tiden. Ett nästan lika långt och nära samarbete med den norrländska gruvindustrin har gjort att JAMA idag är en världsledande tillverkare av specialutrustning för den internationella gruvindustrin.

Företaget har ett flertal produkter vars huvudsakliga uppgift är att med olika metoder säkra alla nya gruvgångar i den takt som gruvan växer. Maskinernas uppgift kan exempelvis vara att hacka loss sten från tak och väggar i gruvgången som annars skulle kunna rasa och orsaka stor skada på person och maskin. En annan maskins uppgift är att belägga de nya gruvtunnlarna med ett lager snabbhärdande armerad betong för att ytterligare öka säkerheten för personalen i gruvan.

De största maskinerna på företaget delar alla på samma produktplattform och har olika tillägg beroende på vilken arbetsuppgift maskinen har. Produktplattformen består av ett maskinchassi likt en hjullastare där motor, hjul, hytt och liknande också delas mellan modellerna. Maskinernas förmåga att styra baseras på den midjeled som detta maskinchassi är försett med, det är denna midja som examensarbetet baseras på.

1.2 Syfte & Problemformulering

Midjans design ska utredas för att undersöka möjligheten att hitta en än mer robust konstruktion som dessutom ska minska servicebehovet samt att konstruktionen är utförd så att den underlättar vid inspektion, service och reparation. Uppgiften blir således att konstruera och beräkna en ny midja med ett lägre servicebehov och som ökar maskinernas tillgänglighet och utvecklingspotential. Den nya leden ska designas för att motstå belastningarna vid såväl ökad belastning som användning samtidigt som den förlänger ledens livslängd. Utöver detta krävs att särskild hänsyn tas till funktion och utrymme för övriga komponenter i och runt midjan på maskinerna, se Figur 1. Dessa komponenter är bland annat hytt, svängcylindrar, drivaxel, el- och hydraulikledningar.

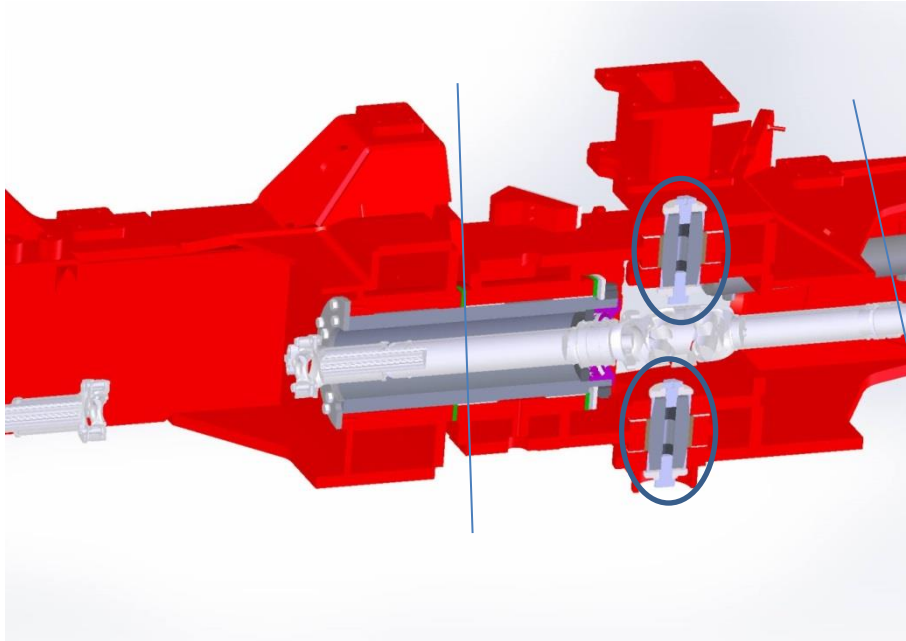


Figur 1. Maskinens midja med tillhörande hydraulik samt drivaxel.

1.3 Avgränsning

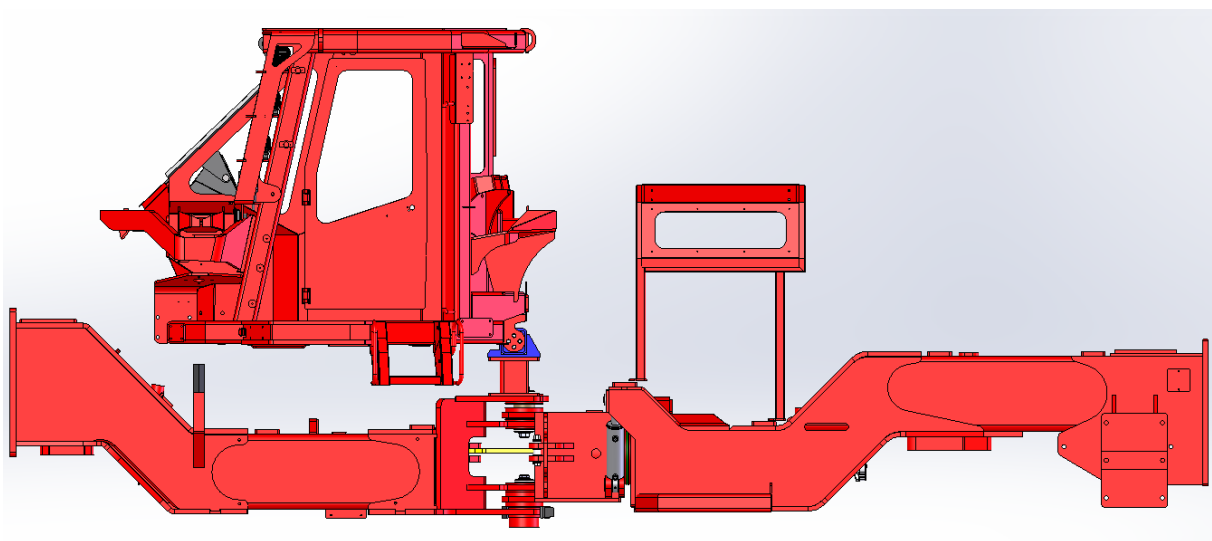
Projektets avgränsningar åskådliggörs i Figur 2. Cirklarna visar midjan, strecken är avgränsningslinjer. Projektet avgränsas från hydraulik som sköter maskinens styrning, drivaxlar, el- och hydraulikledningar, hytt och annan eventuell kringutrustning. Även om avgränsningar görs från dessa krävs, som tidigare nämnt, att särskild hänsyn tas till dessa under konstruktionsfasen av den nya midjan av bland annat utrymmesskäl.

Den FEM-analys som utförs i projektet är av statisk karaktär och avgränsas således från den dynamiska delen. Då arbetet baseras på en prestandajämförelse mellan två produkter är det fullt tillräckligt med ett statiskt belastningsfall där dessa vägs mot varandra med jämförbara belastningar.

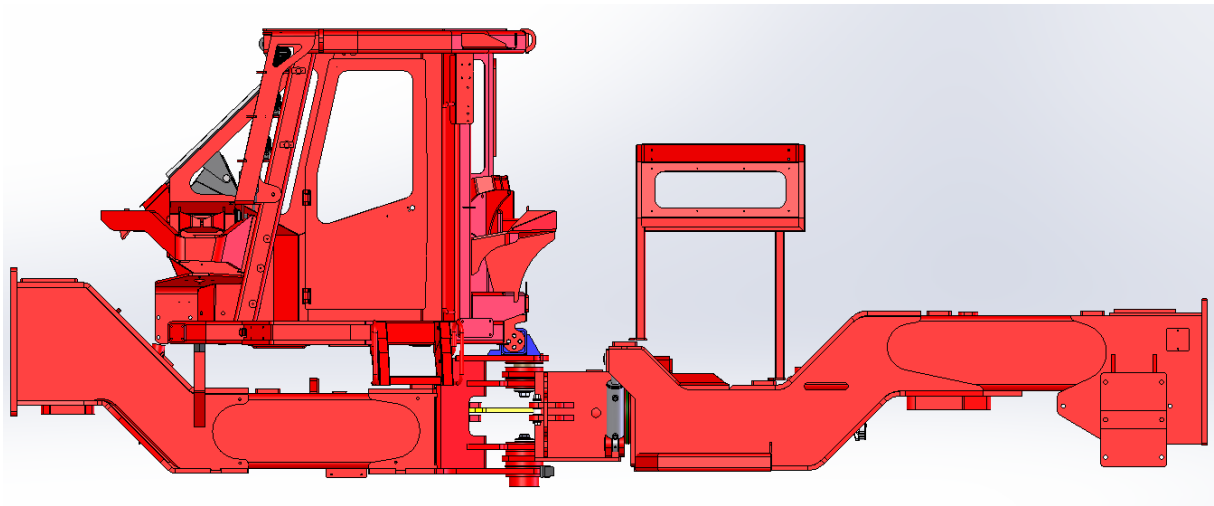


Figur 2. Cirkelarna visar midjan, strecken är avgränsningslinjer.

En annan viktig aspekt som kraftigt avgränsar och styr arbetet är den att midjeleden ska baseras på en lågbyggd maskin. Maskinen går i dagsläget bygga som låg- och högbyggd, se Figur 3 och Figur 4. Vad detta betyder är på vilken höjd hytten är monterad. De allra flesta maskiner säljs idag som högbyggda iochmed att de nyare moderna gruvorna ofta har högre gruvgångar och orter. Men optionen att kunna köpa en lågbyggd behöver finnas kvar. Detta delvis på grund av de äldre gruvorna med lägre gångar. Men främst med tanke på nya intressanta utländska marknader där standarder såsom höjd i olika gruvor varierar.



Figur 3. Högbyggd maskin.



Figur 4. Lågbyggd maskin. 208 mm lägre.

2 Teori

I en produktutvecklingsprocess krävs kunskap och teori från ett antal olika kunskapsområden. Vilka områden som behandlas i detta arbete presenteras nedan.

2.1 Kreativ produktutveckling

En produktutvecklingsprocess (Figur 5) är enligt Ulrich & Eppinger en sekvens av ett antal olika steg eller aktiviteter som alla på olika vis bidrar till att skapa, konstruera och tillgängliggöra en produkt. Flera av dessa steg består av strikt tankeverksamhet och organisatoriskt arbete, inte av fysiskt skapande. I ett produktutvecklingsprojekt där målet är att utveckla en ny produkt, eller vidareutveckla en gammal, finns alltid risken att oförutsedda hinder framträder och det finns också en risk att tid spenderas på detaljer som inte är av värde för projektet. Några av de utmaningar som lätt kan identifieras vid utveckling av nya produkter är tidspress, ekonomi, laganda och kvalitativa avvägningar. För att i slutändan nå ett bra resultat är det av betydande vikt att en välformulerad och tydlig metod för produktutveckling används. Grundläggande är en sådan metod viktig av följande anledningar: [1]

- Processen för beslut tydliggörs, vilket bidrar till att medlemmarna i projektgruppen till fullt förstår de beslut som tas under processen samt minskar risken för grundlösa beslut.
- Genom att använda en typ av checklista med nyckelsteg under processen minskar risken att viktiga frågor förbises samt att alla faser slutförs.
- Metoden för produktutvecklingsprocessen är i stort sett självdokumenterande. Gruppen skapar per automatik en handling som åskådliggör beslutsprocessen bakåt. Den kan även ligga till grund för framtida arbete.

I detta projekt har produktutvecklingsmetoden enligt Ulrich & Eppinger använts. Denna är en övergripande metod som ger bra riktlinjer för vad som bör ingå i ett lyckat projekt. Metoden anpassas efter de specifika behov och krav som råder för aktuellt projekt. Metoden är uppdelad i sex faser. Dessa är:

Planering

Planeringsfasen i processen refereras ofta till som "fas 0" därför att den föregår projektets godkännande och införandet av dess specifika produktutvecklingsprocess. Fasen inleds med att en marknadsmöjlighet identifieras som ligger inom företagets intresseområde och strategi. Den innefattar även bedömning om företagets tekniska utvecklingsmöjlighet samt marknadsförutsättningar. Resultatet från denna fas är ofta ett "mission statement" som specificerar målmarknad, affärsmål, viktiga antaganden och begränsningar.

Konceptutveckling

Här identifieras målmarknadens behov, alternativa produktkoncept genereras och utvärderas. Ett eller flera koncept väljs sedan ut för vidare utveckling och utprovning. Ett koncept är en beskrivning av form, funktion och andra egenskaper som produkten önskas bestå av, dessa är ofta förknippade med ett antal krav och/eller önskemål.

Systemkonstruktion

I fasen för systemkonstruktion definieras produktens arkitektur. Den bryts ner i ett antal subsystem och komponenter. Den övergripande designen för nyckelkomponenter fastställs här. Ofta skapas preliminära planer för hur produktion och montering skall utföras under denna fas. Resultatet från denna fas är ur produktutvecklingssynpunkt en geometrisk layout för produkten samt funktionsbeskrivning av produktens subsystem.

Detaljkonstruktion

Fasen för detaljkonstruktion innefattar den fullständiga och detaljerade specifikationen för all geometri, allt material och alla toleranser för de unika komponenterna i produkten. Vilka standardkomponenter som ska införskaffas från återförsäljare är nu också fastställt. Tre kritiska ämnen som behandlas under denna fas är materialval, produktionskostnad och prestanda. Dessa ligger sedan sammantaget som grund för beslut inom Design For x, DfX (Se kapitel 2.8). Resultatet från denna fas är produktens "kontrolldokumentation". Med detta menas CAD-filer, ritningar, specifikationer för komponenter som beställs och dylikt.

Utprovning & förbättring

Här används prototyper och modeller för att utvärdera produkten för att identifiera eventuella problem och exempelvis granska användarvänlighet. Detta kan leda till förbättringar i konstruktionen för den slutgiltiga produkten. Uppfyller produkten kundens krav, behov och eventuella önskemål kan den utvärderas med alfa- och betaversioner för att utreda om produkten fungerar tillfredsställande i de miljöer den är tänkt att operera i. Resultatet, eller målet med denna fas är att svara på frågorna om tillförlitlighet och prestanda.

Produktionsförberedelser

Målet med fasen för produktionsförberedelse är att förbereda och introducera arbetskraften för produktionssystemet. Under denna fas utvärderas produkten noggrant för att finna eventuella kvarvarande fel på produkten eller i produktionsprocessen. I vissa fall kan produkten skickas till slutkund för utvärdering. Efter denna fas inleds den fullskaliga produktionen.



Figur 5. Produktutvecklingsprocessen enligt Ulrich & Eppinger.

2.2 Litteraturstudier

Litteraturstudier användes under projektet i huvudsak för att samla kunskap och information för aktuellt område. Även litteraturstudier för att söka teori för beräkningar och liknande förekom. Detta genomfördes så långt det var möjligt genom att studera artiklar och annan litteratur gällande för men inte begränsad till entreprenadmaskiner, gruvindustrin och andra tunga maskiner. Vid bristfällig information vid klassisk litteraturstudie används alternativa metoder. Dessa metoder kan vara, men inte begränsade till, hemsidor inom ämnet samt bildstudier för att ytterligare samla information.

2.3 Behovsanalys

”Lyssna noga till dina kunder, så är sannolikheten större att de produkter du skapar möter eller till och med överträffar kundens behov”. Sådana uttalanden har på senaste tiden dominerat många företags innovationsstrategier. Men att involvera kunden i produktutvecklingsprocessen är inte alltid så okomplicerat som det initialt kan verka. Ett vanligt problem som uppstår är att kunden inte alltid kan uttrycka deras behov och önskemål på ett kvalitativt sätt. Speciellt när det handlar om nya innovativa produkter där startpunkten per definition saknar lösning. Av bland annat dessa anledningar är det klokt att utföra en grundlig need finding, behovsanalys. Undersökningar har visat att genom att involvera ingenjörer i ett tidig skede i produktutvecklingsprocessen ökar processens kvalitet där kundens behov undersöks. Genom detta kan två grundproblem undvikas där det första är att finna kundens specifika behov och där det andra uttraderar eventuella översättningssvårigheter mellan kund och konstruktör [2].

2.4 Prestandajämförelse

Benchmarking, eller prestandajämförelse utförs för att kvalitativt jämföra en egen produkt eller tjänst mot andra inom samma verksamhetsområde. Ofta utförs detta för att undersöka relevant teknologi och liknande lösningar för aktuell produkt. Där undersöks liknande lösningar som idag finns på marknaden, men även lösningar ”in-house” kan vara aktuella för undersökning. En benchmarking utförs ofta genom sökningar på internet, men även studiebesök kan vara aktuellt.

2.5 Kravspecifikation

Med beställarens krav och önskemål samt de problemområden som identifierats via behovsanalysen skapades den kravspecifikation som ligger till grund som för arbetet. Kravspecifikationen är ett dokument som bland annat reglerar vilka problem som ska lösas och vilka behov som ska uppfyllas i ett projekt. Dokumentet består av ett antal ämnespunkter som består av krav eller önskemål. Kraven är sådana som skall vara uppfyllda efter avslutat projekt och därför är formuleringen av dessa av stor vikt då de styr hela projektet. Önskemålen är formulerade på sådant sätt att utrymme finns för förbehåll och kravet om fullgörande är av en lägre grad. Varje krav och önskemål är förknippat med ett målvärde som skall uppnås vid avslutat arbete samt intern- och extern kontrollmetod för verifiering av dessa målvärden. Kravspecifikationen ligger även till grund för beslut under konceptgenereringsfasen samt vid konceptbeslut. Detta för att säkerställa att projektet fortlöper inom angivna ramar.

I ett utvecklingsprojekt är det av stor vikt att resultatet är av relevans för den av beställaren initialt uppställda problemformuleringen. Därför behövs en metod för att kunna verifiera att projektet levererar rätt leverabler gällande för men inte begränsat till funktion, prestanda eller design. En kravspecifikation skapas därför mellan beställaren och leverantören vilken fungerar som en kontrollmetod för att säkerställa att leverantören tillhandahåller rätt produkt/er och/eller tjänst/er samt att beställaren rekviderar varan eller tjänsten enligt aktuellt behov. För att skapa tydlig och relevant kravspecifikation krävs att en grundlig bakgrundsundersökning utförs. Där ska det bland annat identifieras vem användaren är, vad produkten/tjänsten skall användas till samt vad den ska ha för funktion/er. Specifikationen ställs upp i punktform med ett antal Skall- och börkrav. Ett skall-krav är ett kvalificeringssteg där endast anbud, koncept eller idéer som uppfyller kravet går vidare för utvärdering. Är inte kvalificeringskravet uppfyllt skall detta förkastas. Av den anledningen är det angeläget att inte ställa för höga krav då det eventuellt kan öka kostnader eller utesluta intressanta leverantörer. Samtidigt ska inte kraven vara för lågt ställda, helt enkelt därför att dessa utgör en

miniminivå för projektet. Bör-kraven är kriterier på utvärderingsnivå, något som inte måste vara uppfyllt för projektet men som skulle ge ett mervärde eller fördel för produkten/tjänsten. Kvalificerade avvägningar mellan exempelvis funktion-pris avgör vilken/vilka av dessa som skall användas i projektet. Exakt vilken utvärderingsmetod som används måste anpassas individuellt. De båda kravtyperna kan även kombineras för att uppnå en viss miniminivå och samtidigt ge utrymme för exempelvis högre krav och/eller fler funktioner [3].

2.6 Konceptgenerering

Ett produktkoncept är en approximativ beskrivning av den teknik, funktionsprincip och geometri som en tänkt produkt besitter. Hur lyckad en produkt blir och hur nöjd kunden är med den beror till stor del på kvalitén av det grundläggande konceptet.

En konceptgenereringsprocess börjar med ett antal kundbehov och målvärden som resulterar i ett antal produktkoncept, bland dessa får utvecklaren sedan göra ett slutgiltigt konceptval. I de flesta fall kan en effektiv utvecklingsprocess med rutinerade konstruktörer och produktutvecklare generera hundratals koncept där sedan ungefär 5 till 20 koncept får genomgå ett mer noggrant övervägande i den efterföljande konceptutvärderingsprocessen. Den konceptgenereringsmetod som Ulrich & Eppinger förespråkar i sin bok om produktutveckling består av fem steg. Vilka dessa är presenteras nedan.

2.6.1 Förtydliga problemet

Förstå och förtydliga problemet, bryt ner dem till mindre och enklare problem. Här skapas projektets mission statement, kundkrav identifieras och en preliminär produktspecifikation skapas. Dessa är sammantaget idealiska "indata" för en lyckad konceptgenereringsprocess. Viktigt att komma ihåg är att dessa ofta itereras och förfinas ett antal gånger under projektets gång. Många gånger är den största utmaningen produktens komplexitet, men genom att dela upp produkten i mindre subkomponenter kan komplexiteten minskas.

2.6.2 Sök externt

Genom att söka information och kunskap externt, det vill säga utanför företagets eller projektets gränser kan existerande lösningar på relaterat problem eller uppgift finnas. Lösningarna kan gälla hela uppgiften eller mindre dellösningar på problemet. Trots att detta steg är som nummer två i turordningen är detta något som löper genom hela projektet. Det är aldrig försent att samla mer kunskap. Ofta är det dessutom mer kostnadseffektivt att använda existerande lösningar än att komma på egna. Extern kunskapsinsamling sker oftast genom att intervjua konsumenter och vana användare av produkten, patentsök, litteraturstudier, undersöka konkurrenters produkter eller genom att konsultera experter inom området.

2.6.3 Sök internt

När kunskap söks internt används den egna personalstyrkan som individer och/eller som grupp för att generera förslag på lösningar till en aktuell problemuppställning. Detta sker oftast genom att idéer skapas av personerna i utvecklingsgruppen. En annan anledning till att metoden kallas "intern" är den att all kunskap som används vid idégenereringen finns redan hos de inblandade personerna. Denna del av utvecklingsprocessen anses inte ha någon riktig slutpunkt, utan den fortlöper tills dess att produkten är färdigkonstruerad. Detta anses även vara det mest kreativa momentet i processen.

Några riktlinjer som kan vara bra att använda för en bra idégenerering är: döm inte på förhand, skapa många idéer, välkomna alla typer av idéer, använd grafiska eller fysiska produkter för inspiration.

2.6.4 Konceptutvärdering & konceptval

Efter att ha samlat kunskap och idéer såväl externt som internt har nu utvecklingsgruppen ett stort antal del- och/eller helhetslösningar för den aktuella problemuppställningen. Genom att systematiskt gallra mellan dessa med sikte på att lösa uppgiften i fråga sorteras koncept efter koncept bort och andra kombineras med varandra för att skapa större helhetslösningar. Ett vanligt sätt att hantera ett stort antal dellösningar är med en konceptkombinationsmatris. Där kan ett flertal kvalitativa lösningar skapas utifrån de dellösningar som framkommit under de tidigare stegen.

2.6.5 Reflektion

Trots att denna punkt är den sista i processen skall de som arbetar med produktveckling hela tiden ägna sig åt kontinuerlig reflektion under de föregående stegen. Frågor som bör ställas under arbetets gång är bland annat:

- Finns det andra sätt att angripa problemet?
- Är relaterad teknik tillräckligt undersökt?
- Har allas idéer accepterats och integrerats i processen?

Att kontinuerligt ställa dessa och liknande frågor identifierar möjligheter till förbättring i efterföljande itereringsprocesser och/eller i framtida projekt.

2.7 Brainstorm

Att utföra en kvalitativ brainstorm anser sig många klara av med enkelhet. Ställer du frågan till personer inom affärsvärlden om de kan brainstorming svarar minst 70 % av dessa ja. Tyvärr behandlar många frågan om brainstorming som ett tröskelsteg, det kan liknas med att har man väl lärt sig cykla eller knyta en rosett så kan man det. Med den inställningen överser de flesta att det krävs en viss förmåga, eller att det är en konst, mer likt att spela piano istället än att knyta en rosett. En brainstormsession skall inte ha ett upplägg som ett ordinarie möte, deltagarna skall inte heller föra anteckningar på det vis de vanligtvis gör. I själva verket skall sessionen inte ens kännas som ordinarie arbete. Däremot är brainstorming en källa till idéer, en möjlighet att främja nya tankesätt och ett tillfälle att lösa eventuella problem som uppstått. Sessionen får gärna vara ett tillfälle fyllt av lekfullhet och munterhet, trots detta, eller kanske tack vare detta, anses metoden som utvecklingsverktyg otroligt kraftfullt. Ett tillfälle för idégenerering skall inte uppta en för- eller eftermiddag, under 60 minuter anses vara den optimala tiden för en session eftersom den kreativa förmågan kraftigt avtar därefter. [4]

2.8 DFx

Kundbehov och produktspecifikationer är ofta mycket användbara som riktlinjer vid konceptfasen i produktutvecklingsprocessen. Men under den senare delen i processen har produktutvecklarna ofta svårigheter att möta och angripa de specifika konstruktionsproblem de ställs inför gällande kundbehov och produktspecifikation. Av denna anledning använder ofta konstruktörerna en metod som sammantaget benämns DFx, Design For x (Utformning För x). Där x:et står för ett antal olika designkriterier som till exempel kan vara pålitlighet, serviceabilitet, miljö eller tillverkningsvänlighet.

Den överlägset mest använda metoden är DFM, Design For Manufacturing (Utformning För Tillverkning), vilken är av stor betydelse för produktens utvecklings- och tillverkningskostnad [1].

2.9 Hydraulik

Ordet hydraulik härstammar från Grekiskans "hydrauliko's" och "hy`draulos". Dessa tidiga hydrauliska system använde sig av vattentryck istället för mänsklig eller mekanisk pumpkraft. Hydraulik bygger följaktligen på att en vätska utsätts för tryck i någon form av ledning. Utsätts vätskan för tryckskillnader i ett slutet system kan mekanisk energi utvinnas. Med hydraulik kan mekanisk energi överföras, styras och lagras med hjälp av en vätska. Med rätt valda komponenter kan stora kraft- och momentöverföringar med hög verkningsgrad och precision erhållas. I de tidiga hydraulsystemen användes vatten som hydraulvätska, men eftersom vatten påskyndar korrosion har oljor med olika tillsatser i stort sett ersatt vattnet. Idag är dessa hydrauliska system en stor del av vardagen och tekniken används flitigt över hela världen såväl på land och hav som i luften [5].

2.10 Finita elementmetoden - FEM

Ingenjörer och konstruktörer utmanas dagligen i arbetet med att utveckla nya ofta komplexa och dyra produkter. Ofta är dessa nya avancerade produkter förknippade med flyg-, rymd- och fordonsindustrin. Där är kraven stora på att produkterna som tillverkas är tillförlitliga och att de bidrar till en hög säkerhet. För att säkerställa att produkterna uppfyller dessa krav och kriterier samt för att konstruktörer och designers ska få en bättre insyn i hur olika komponenter svarar vid olika laster behövs avancerade matematiska modeller. Dessa modeller används i Finita element metoden (FEM) och består av partiella differentialekvationer som beskriver fysiska systems beteende för olika lastfall. Idag är FEM den mest dominerande metoden för att beskriva hur olika fysiska system uppträder under statiska eller dynamiska belastningar i en, två eller tre dimensioner. Ett vanligt användningsområde för metoden är att undersöka spänningar och förskjutningar i mekaniska applikationer, hållfasthetsberäkningar. Ett annat exempel på användningsområde kan vara inom fluiddynamiken, strömningsberäkningar. [6]

2.11 Gruvbrytning

Det grundläggande ändamålet med gruvbrytning är att lösgöra den värdefulla malmen ur dess naturliga fasta läge i berget. Detta kan antingen ske i dagen, i ett så kallat dagbrott, eller under jord i en gruva. I äldre dagar där brytning med hackor inte kunde utföras bröts berget med hjälp av eld, så kallad tillmakning. Genom att kraftigt hetta upp berget blev det sprött och sprack sedan varvid malmen kunde brytas. Denna metod blev snabbt föråldrad i och med att svartkrutet introducerades i Sverige, men även denna metod fick så småningom ge vika för den metod som på sätt och vis används än idag nämligen sprängning med dynamit. Gruvbrytning sker vanligtvis genom "igensättningsbrytning" eller brytning med "öppna rum". Vid den förra metoden bryts berget på sådant vis att det som inte klassas som brytvärd malm lämnas till att återfylla de tomrum som skapas vid brytning. Denna malm som består av gråberg fyller igen tomrummen som uppstår ovanifrån allt efter att gruvan växer, räcker inte detta kan malm från äldre upplag användas. Ibland används även restprodukter från anrikning av malm [7]. Vid brytning med öppna rum bryts malmen så stora tomrum i berget skapas. Detta kräver stor kunskap om bergets hållfasthet och ofta måste det förstärkas ytterligare med bergfästen, pelare eller band till stöd för tak och väggar [8].

2.12 Programvaror

- Det huvudsakligt mest använda programmet under detta examensarbete är SolidWorks 2012 från Dassault Systèmes. Detta är ett av de mest använda CAD-systemen bland konstruktörer och programmet har idag över två miljoner användare världen över.
- För beräkningar har Matlab 2013a från MathWorks använts. Programmet används av miljontals forskare och ingenjörer över hela världen.
- För FEM-analyser användes Siemens NX 8.5. Siemens NX är ett integrerat CAD-system för design, konstruktion, tillverkning och analys.
- För rapportskrivning, tidsplanering och beslutmatriser användes produkter från Microsoft Office, eller tillägg till Office såsom Word, Visio och Excel.

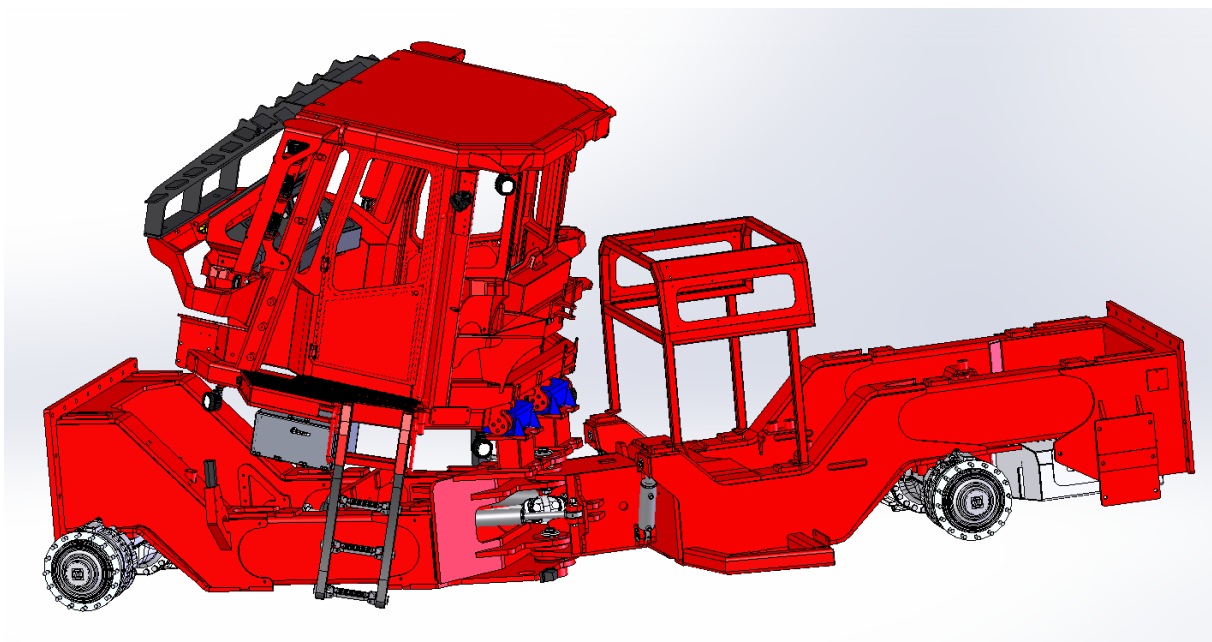
3 Metod

I följande kapitel behandlas arbetsförfarandet från det att den befintliga midjeleden analyseras till det att nya koncept introduceras och slutligen skapandet av nästa generations midjeled.

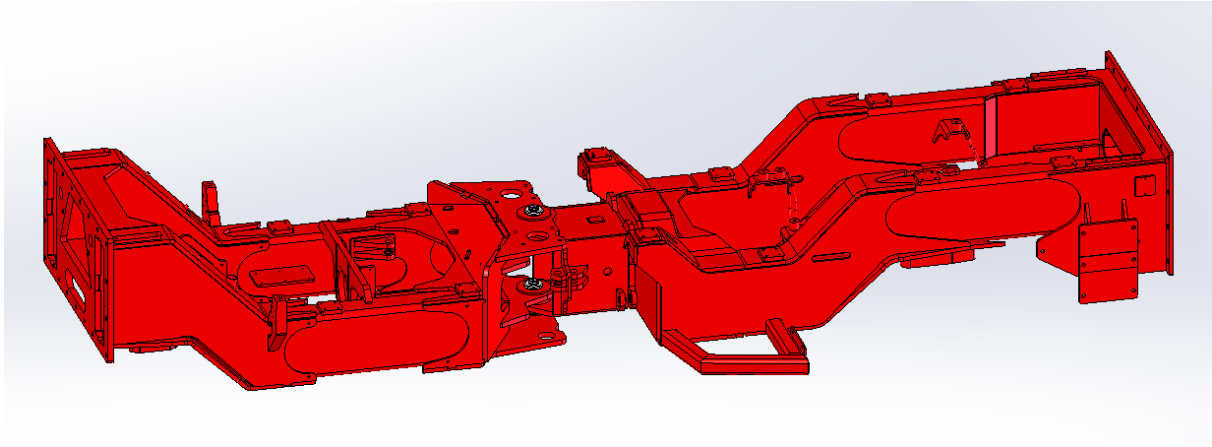
3.1 Analys

Den FEM-analys som genomförs skall påvisa vilka spänningskoncentrationer som expandertapparna i midjeleden utsätts för statiskt. Detta eftersom en ökad livslängd vid större belastningar på bussningarna i midjeleden efterfrågas av JAMA. De spänningar som tapparna upplever antas även gälla för bussningen då de sitter tätt integrerade i midjeleden. Modellen skapas på sådant vis att resultatet på storleken av denna belastning uppskattas då det exakta resultatet ej efterfrågas i projektet. Detta eftersom arbetet baseras på ett jämförandevärde mellan den befintliga midjeleden och de modeller den jämförs mot. Om de nyutvecklade modellerna skapas och analyseras på motsvarande vis som referensmodellen anses resultaten jämförbara. Dessa resultat kan då kvalitativt och relativt varandra påvisa vilka skillnader som specifika förändringar i designen ger mellan modellerna, då i huvudsak vilka spänningskoncentrationer som uppstår på expandertapparna. Om dessa spänningar minskat i enlighet med uppsatt mål i kravspecifikationen anses resultatet uppfylla kravet om ökad livslängd.

Modellen som FEM-analysen baseras på kan ses i Figur 6. Denna modell är alltför komplicerad för att kunna användas till en kvalitativ FEM-analys. Därför förenklas den till en mer hanterbar modell, både för uppsättning av låsningar och laster, men även för datakapaciteten. En mängd komponenter raderas, även många hål och avrundningar tas bort. Ett avskalat chassi kan ses i Figur 7, detta förenklas sedan till en betydligt enklare modell.

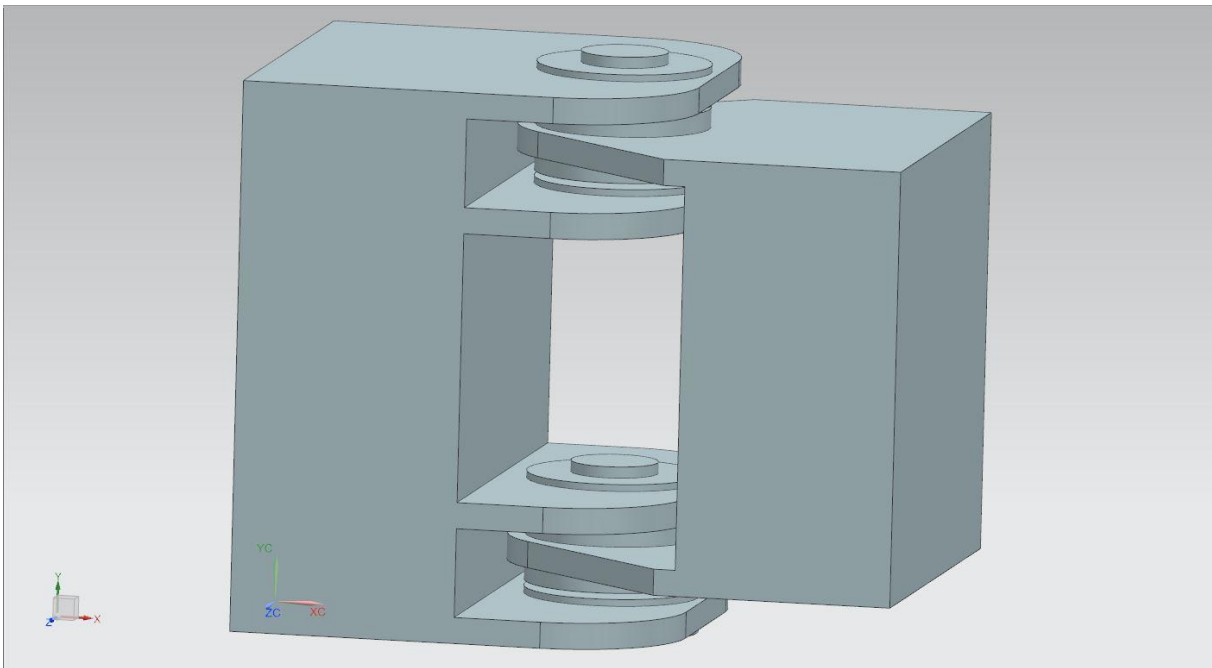


Figur 6. Basmodell för examensarbete och analys.



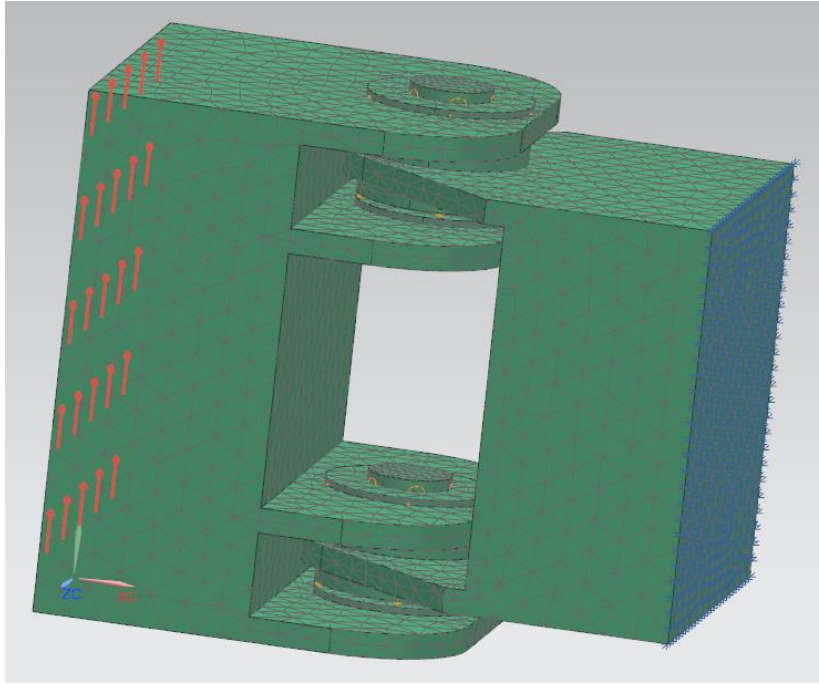
Figur 7. Avskalat chassi.

I Figur 8 ses den slutgiltiga förenklade modellen. Denna modell är tänkt att användas som referensmodell för jämförande av analyser senare i arbetet samt för att kunna påvisa vilket utfall en viss konstruktionsändring får. I referensmodellen har expandertapparna en diameter på 100mm.



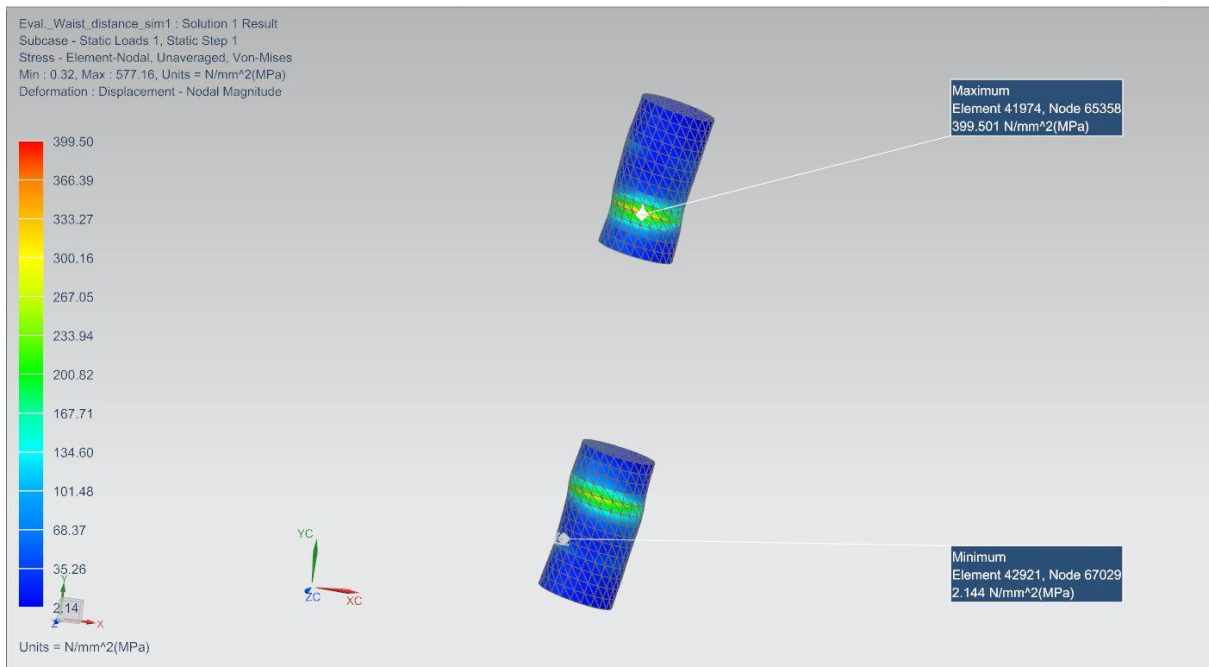
Figur 8. Chassiet ytterligare förenklat till enbart midjeled.

I modellens bakre del (till höger i Figur 9) läses samtliga frihetsgrader (translation i x, y, z samt rotation runt x, y, z). I modellens främre del appliceras en kraft på 80 kN som genererar ett moment runt den bakre delen av modellen där låsningarna är placerade likt det som skapas då maskinens stödben används. Detta anses motsvara det fall som ger den största statiska belastningen för midjeleden.



Figur 9. Modell med krafter och låsningar utsatt.

Då endast resultat på midjeledens expandertappar är av intresse skalas övriga komponenter bort, se Figur 10. På tapparna uppstår stora spänningskoncentrationer i förbanden mellan den främre och bakre ramen. Det är i huvudsak dessa påkänningar som arbetet ämnar minska på för att öka maskinens tillgänglighet vid ökad användning samt dess utvecklingspotential.



Figur 10. Spänningskoncentrationer på expandertapparna.

3.2 Behovsanalys

Arbetet med behovsanalys utfördes som ett komplement till den framtagna problemupställningen. Analysen är ett bra verktyg för att identifiera problem och behov som annars kan vara svåra att framhäva och som kan vara mål till förbättring. Denna genomfördes genom intervju med personal som dagligen arbetar med aktuell produktplattform inom såväl montering och service som eftermarknad och konstruktion. Resultatet från analysen sammanställdes i ett dokument där de identifierade problemområdena åskådliggörs, se Bilaga A. Dessa problemområden ligger sedan delvis till grund för den kravspecifikation som upprättades under projektet.

3.3 Prestandajämförelse

Då aktuellt undersökningsområde ej är något stort forskningsområde baserades arbetets prestandajämförelse nästintill uteslutande på bildstudier. Då främst av lastmaskiner då dessa ofta är försedda med en midjestyrring likt JAMAs maskinchassi, men även andra gruvmaskiner studerades här. Förutom bildstudierna kunde med fördel tre stycken hjullastare som fanns inom JAMAs lokaler studeras under arbetet, dessa var antingen JAMAs egna eller sådana som fick utrustning för arbete i gruva monterat. I stort sett gav denna studie ett och samma resultat oberoende av vilken maskin som studerades. Detta var att samtliga tillverkare verkar försöka ha så stort vertikalt avstånd mellan tapparna som det gick. Varför det var så visade sig senare under konceptanalysen.

3.4 Kravspecifikation

I detta projekt skapades kravspecifikationen (Bilaga B) med den av JAMA framställda problemformuleringen samt den under arbetet utförda behovsanalysen som grund. Specifikationen delades in i ett antal olika kategorier för ökad översikt där var och en av kraven delades in i nivåerna skall och bör. För vardera krav angavs vilket värde som önskas uppnå. För vissa krav kan ett siffervärde ej anges, till exempel om maskinen skall ha en funktion anges endast ja/nej. Därtill anges förslag på interna och externa kontrollmetoder som skall kunna användas efter projektets slut eller efter en tids användande för att verifiera resultatet. Kravspecifikationen itererades ett antal gånger med de båda handledarna på JAMA och LTU där de får bidra med sina synpunkter för ändring. Att specifikationen upprepade gånger uppdateras och resoneras kring av inblandade parter och att framställningen får ta tid är av stor vikt. Detta eftersom det säkerställer en hög kvalitet på specifikationen samt att beställaren i det närmaste garanteras att leverantören överlämnar den produkt/tjänst som de önskat.

3.5 Konceptgenerering

En konceptgenereringsprocess genomfördes i projektet för att få fram idéer på nya lösningar på ett gammalt problem. Detta skulle i sin tur bidra till att skapa ett antal koncept som på olika sätt löser de problem som tidigare fanns med midjeleden och dess kringliggande komponenter och funktioner. För att göra processen mer kvalitativ och få en större kunskapsbredd och därmed bättre "in-data" drogs fördel av att det på företaget den planerade dagen för konceptgenereringssessionen var gott om personal på plats med varierat kunskapsområde. Just på grund av denna samlade kunskapsbredd anses processen för konceptgenerering som lyckad då samtliga avdelningar inom företaget fanns representerade. Som konceptgenereringsverktyg användes en alternativ metod av den klassiska brainstorm-modellen, mer om denna nedan. Därutöver kommer mindre del-koncept att kräva viss konceptgenerering. Då det inte är hållbart att konstant kalla till möten för dessa mindre koncept

användes andra metoder. I huvudsak diskuteras lösningsförslag med handledare på JAMA och LTU, i övrigt tas mindre beslut på eget bevåg.

3.6 Brainstorm

Den metod som användes i projektet för att skapa idéer på nya lösningar som i slutändan levererade ett slutgiltigt koncept och som sedan bidrog till den slutgiltiga konstruktionen av den nya midjeleden med tillhörande komponenter var en version av den klassiska "brainstorm-metoden". Metoden gick ut på att problemet delades upp i ett antal olika identifierade problemområden, i detta fall fyra stycken. Dessa var: vridning, svängkraft, ändlägesdämpning, och slanghantering. För var och en av dessa problemområden fick deltagarna under fem minuter per område skapa ett så stort antal lösningar de kunde. De lösningar som de hade ritades, skrevs och förklarades en och en på post-it lappar. Dessa fick deltagarna sedan kort förklara samtidigt som de sattes upp på en vägg under respektive kategori. När samtliga kategorier var avklarade fick deltagarna gå fram till väggen med alla problemkategorier och allas lösningsförslag. Där fick de då ytterligare en chans att samla inspiration och diskutera öppet kring midjans problemuppställning och spåna på eventuella lösningsförslag. Därefter fick de individuellt under tio minuter skapa så många sammansatta lösningsförslag som de kunde. Dessa presenterades sedan på samma sätt som de individuella lösningsförslagen. Lösningsförslagen gallrades först grovt via ingenjörsmässiga bedömningar. På vissa utfördes små förändringar, andra gjordes om helt i samråd med handledaren på JAMA. I slutändan kvarstod fyra stycken helhetskoncept.

3.7 Koncept

De fyra koncept som efter den första grova gallringen kvarstod definierades tydligare inför konceptutvärderingen och konceptvalet. Hur de ser ut och vilka egenskaper de har presenteras nedan. Samtliga koncept kommer att ha vissa egenskaper och funktioner gemensamt och som är svåra att definiera i detta stadiet. Dessa är:

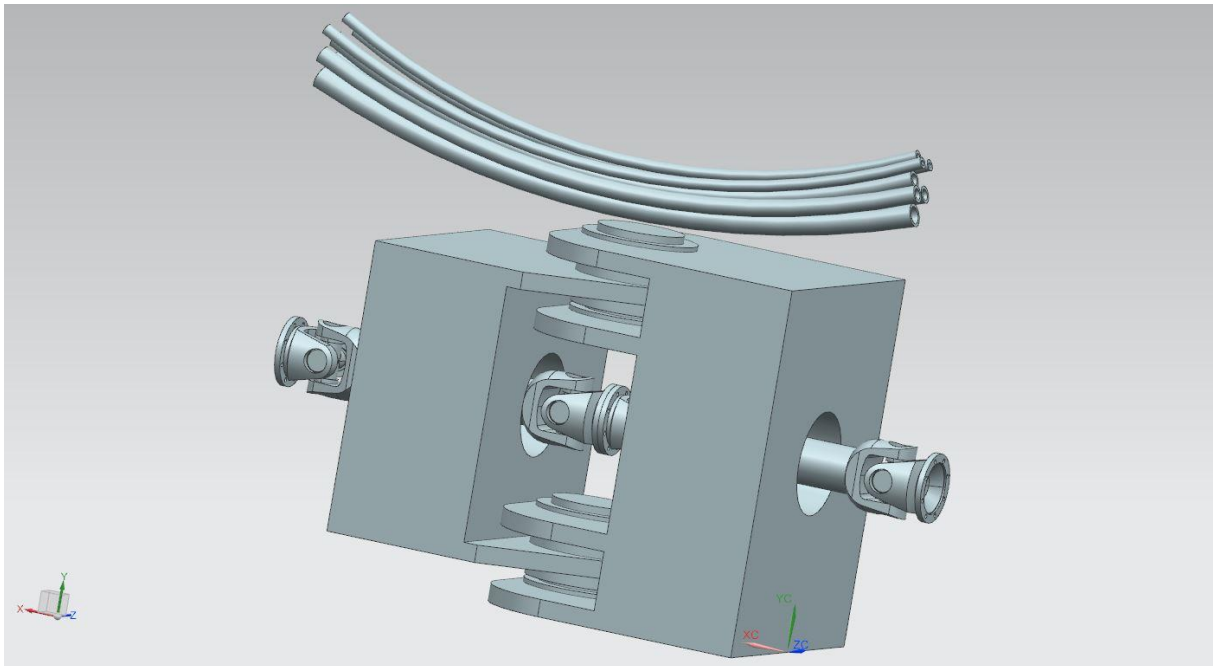
- Hydraulisk styrning – annan lösning ej realistisk samt att examensarbetets avgränsningar hindrar annat.
 - Styrning optimeras dock med hänsyn till svängkraft, då främst cylinderstorlek och placering.
- Dämpningen i maskinens ytterlägen kommer att ske med hjälp av bussningar och eventuell mekanisk stopp. Det finns andra lösningar såsom vinkelgivare i kombination med ett elektroiskt styrsystem av hydrauliken. Även detta går utanför examensarbetets avgränsningar.
 - Speciell hänsyn tas till exempelvis placering för att undvika oönskade brytkrafter i leden eller ökad klämrisk av slangar.
- Exakt hur hydraul och vattenslangar hanteras genom midjeleden går ej att definiera tydligt i detta skede.
 - Speciell hänsyn tas till hur slangarna hanteras genom midjeleden för att möta upp för de tidigare problemen med slangar som nöts etc.

3.7.1 Referensmodell

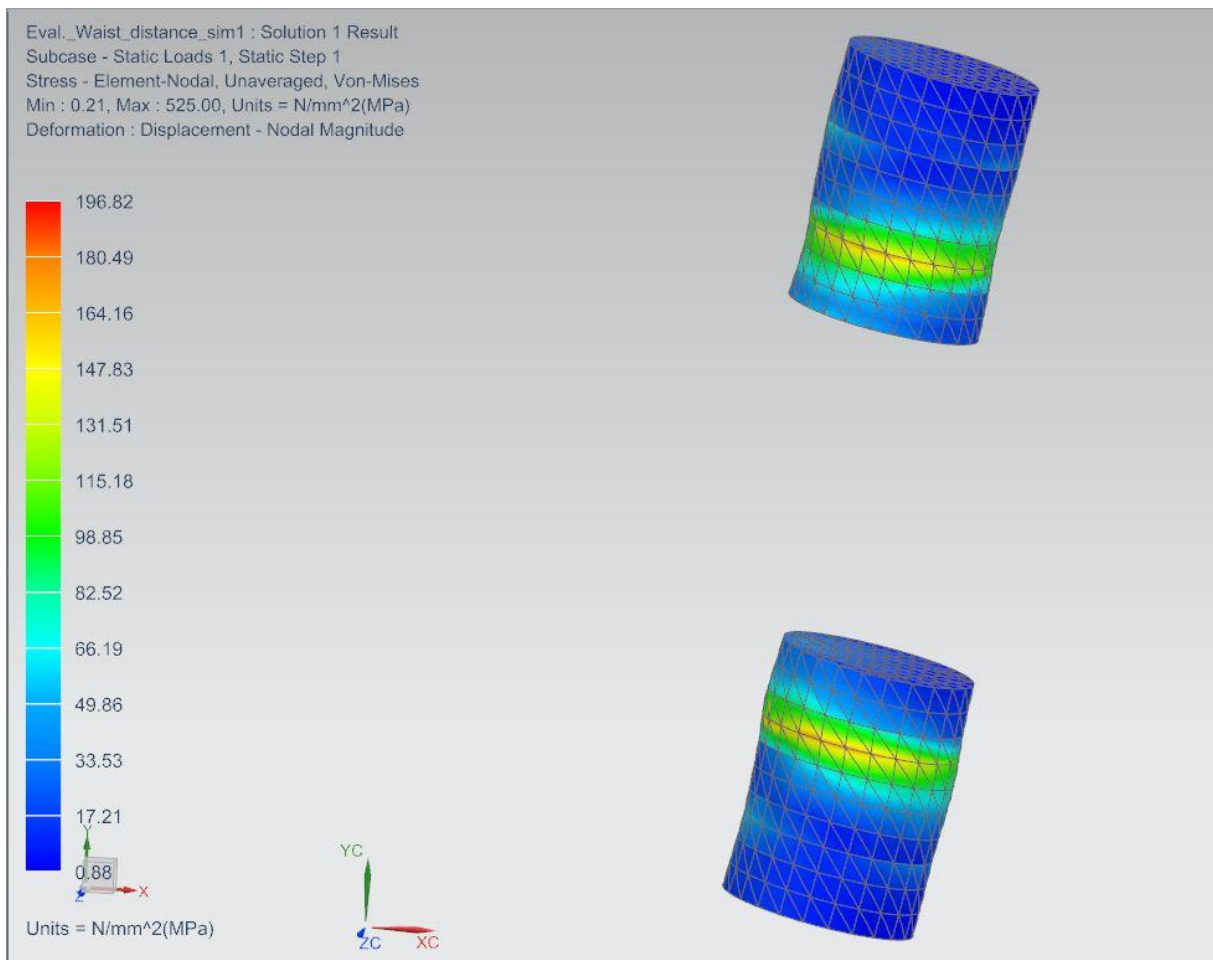
Samtliga koncept jämförs mot den referensmodell som skapades tidigare och som är en förenklad representation av midjeleden där en FEM-analys också utförts. Modellen är densamma som i avsnitt 3.1. Denna gör att ett förhållandevärde kan fås på hur mycket bättre eller sämre en viss lösning är jämfört med den befintliga midjeleden. Detta skall då ge en fingervisning om just det konceptet anses gångbart. Resultatet från FEM-analysen av referensmodellen visar att expandertapparna i midjeleden utsätts för spänningskoncentrationer på ca 399.5 Mpa för aktuellt lastfall.

3.7.2 Koncept 1 – Grövre expandertappar

Koncept 1 (Figur 11) baseras till stora delar på den befintliga midjeleden. FEM-analyser påvisar att stora minskningar i spänningskoncentrationer finns att hämta i och med att midjeledens expandertappar får en större diameter, i detta fall 150 mm, se Figur 12. Jämfört med referensmodellen minskar spänningen på tapparna med 50.75 %. Slangarnas dragning sker för detta koncept på samma sätt som för referensleden, ovan den övre expandertappen.



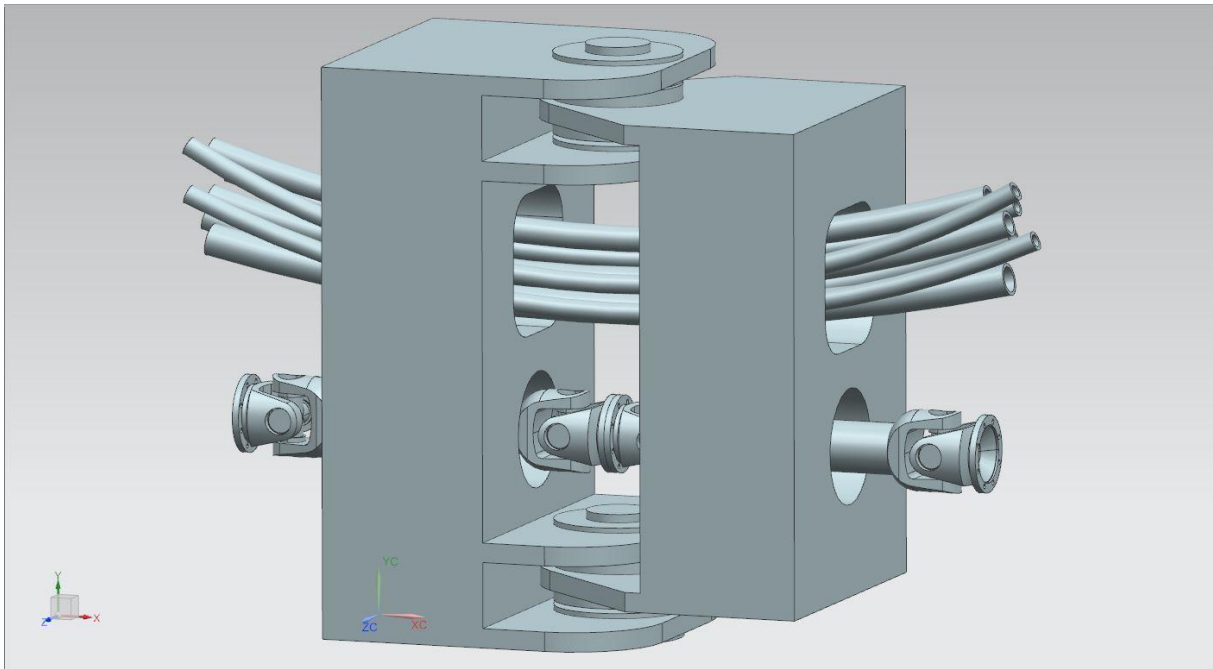
Figur 11. Modell för koncept 1 med 150mm axeltappar.



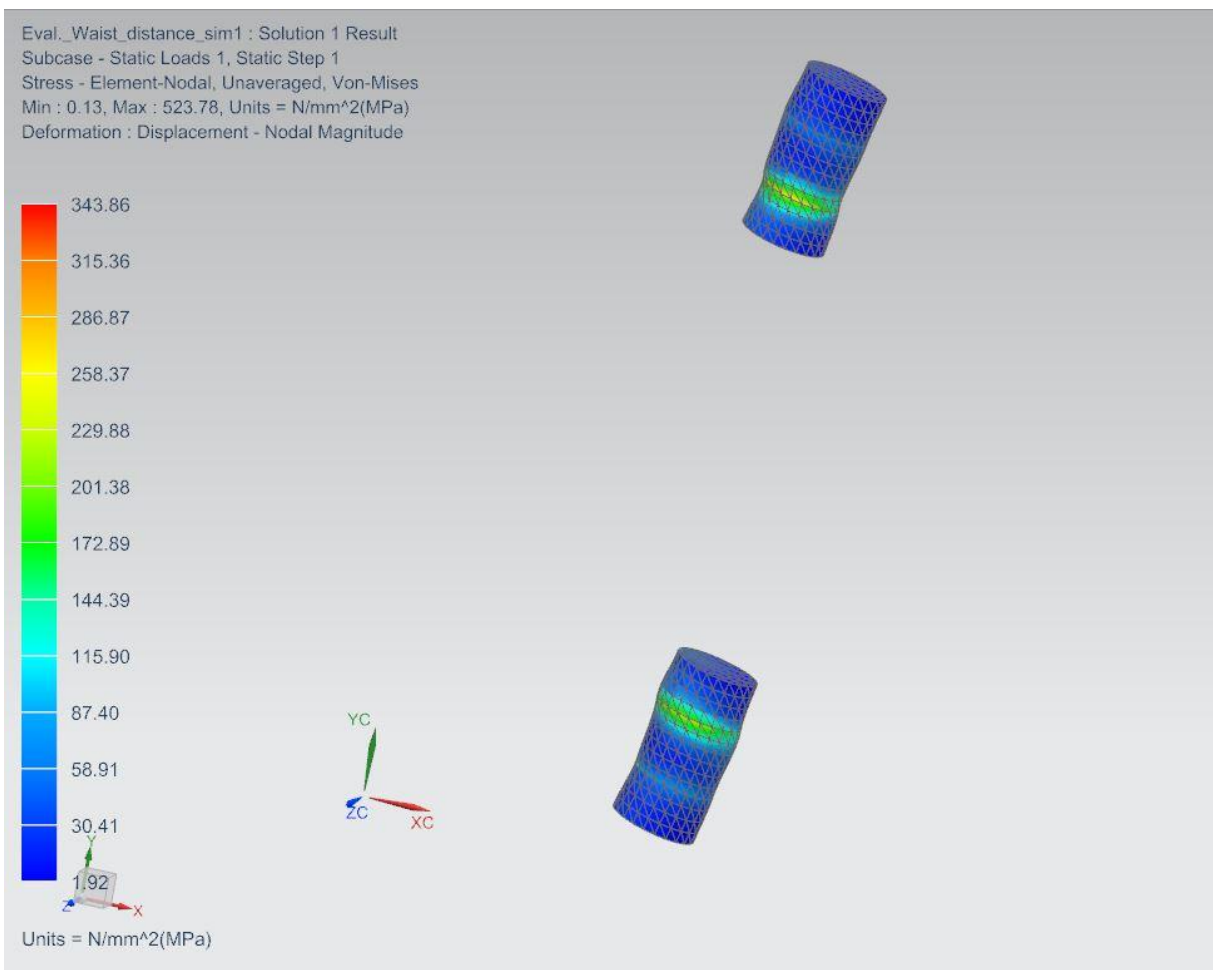
Figur 12. FEM-analys på 150mm expandertappar, spänningen uppgår till 197Mpa.

3.7.3 Koncept 2 – ökat avstånd mellan expandertappar

Koncept 2, se Figur 13, har ett större avstånd mellan axeltapparna i höjdlid. För konceptet har avståndet ökat med 150 mm. Detta ger främst två viktiga fördelar. Den första är att spänningarna på axeltapparna minskar utan att behöva grövre axeltappar vilket innebär fördelar för JAMAs lagerhantering och eftermarknadsavdelning. Den andra fördelen med denna lösning på midjeleden är att problemet med slanghantering går att lösa på ett bättre sätt än på den befintliga midjeleden. Spänningarna på axeltapparna uppgår enligt FEM-analysen i Figur 14 till 344 Mpa, vilket motsvarar en minskning på 14 %. Eftersom slang här dras genom midjeleden skyddas de från exempelvis sprängsten vilket minskar risken för nötning.



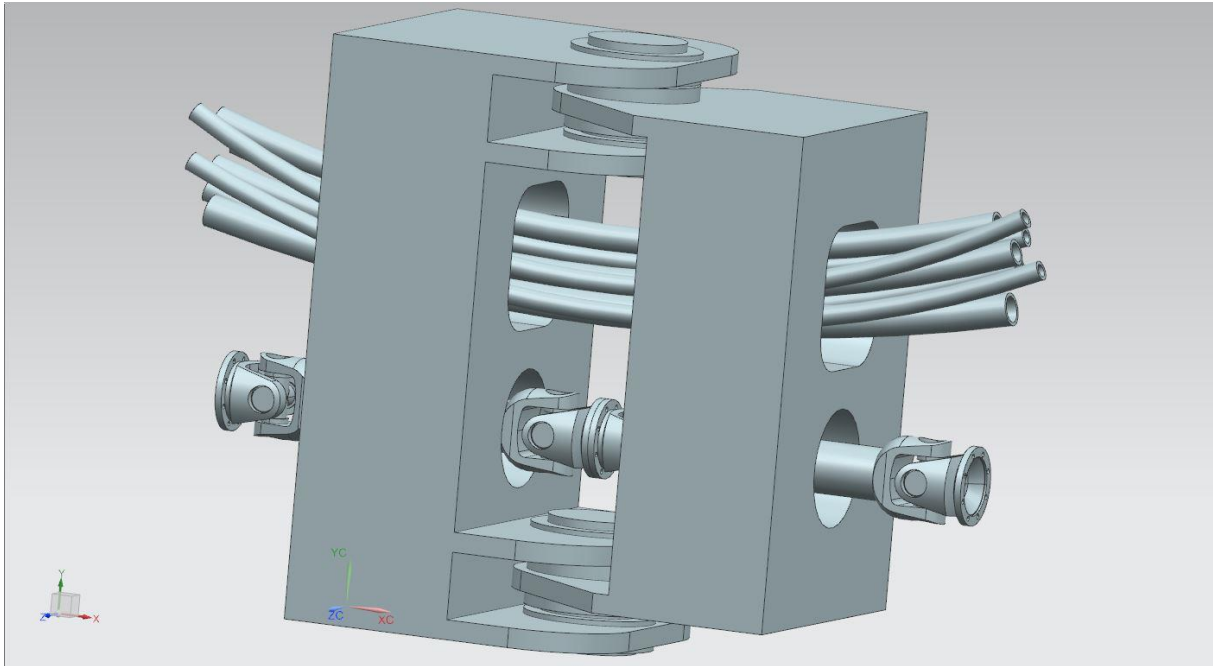
Figur 13. Modell för koncept 2 med större avstånd mellan axeltappar och bättre slanghantering.



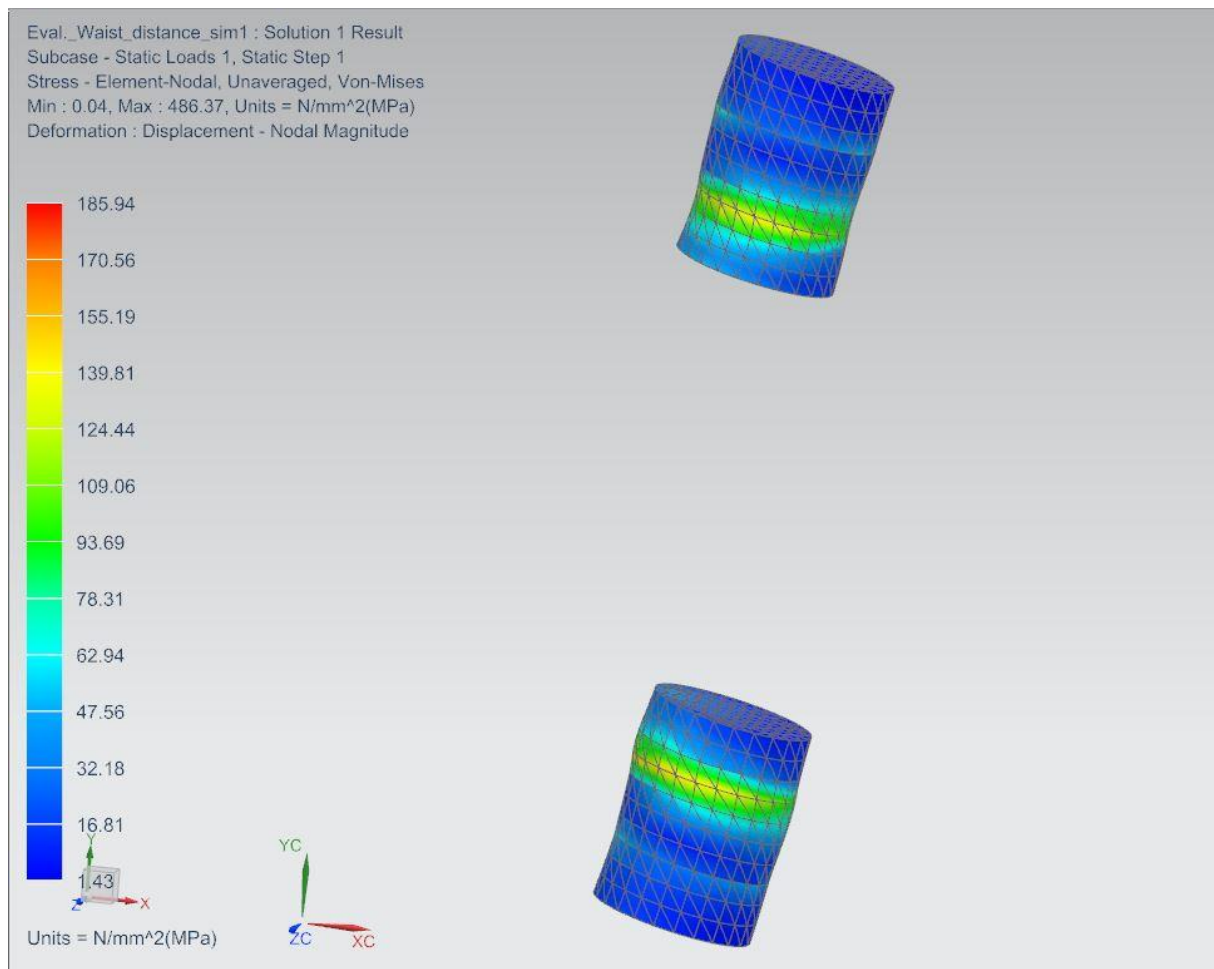
Figur 14. FEM-analys på midjeled med större avstånd och 100mm expandertappar, spänningen uppgår till 344MPa.

3.7.4 Koncept 3 – Grövre expandertappar samt ökat avstånd

Koncept 3, Figur 15 har ett större avstånd mellan midjeledens axeltappar. Diametern på tapparna är också större, för detta koncept 150 mm. Dessa ändringar ger tillsammans en spänningskoncentration på 186 Mpa för aktuellt lastfall vilket motsvarar en minskning på hela 53.5 %, Figur 16. Eftersom slang även här dras genom midjeleden skyddas de från exempelvis sprängsten vilket minskar risken för nötning.



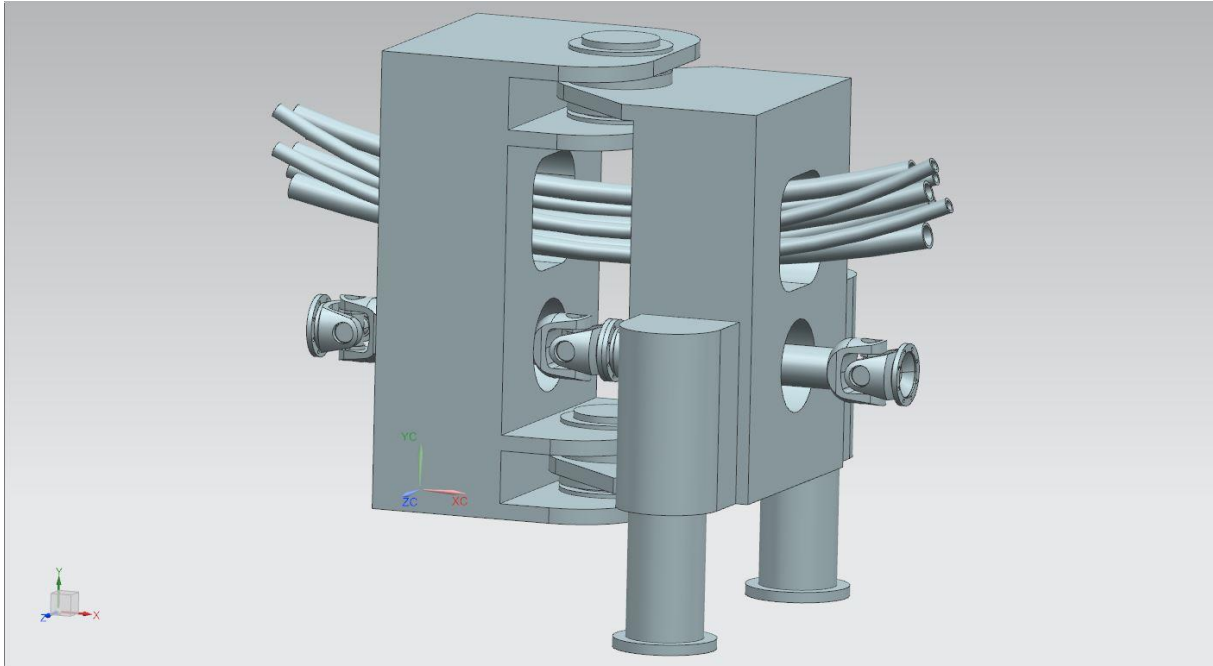
Figur 15. Modell för koncept 3 med grövre axeltappar, större avstånd och förbättrad slanghantering.



Figur 16. FEM-analys på koncept 3, grövre axeltappar och större avstånd mellan dem, spänningen uppgår till 186Mpa.

3.7.5 Koncept 4 – Grövre expandertappar samt ökat avstånd kombinerat med stödben

Koncept 4, Figur 17 ser till stora delar ut som föregående koncept 3 med grövre axeltappar, större avstånd mellan dem, fördelaktig slanghantering. Skillnaden är att leden försetts med stödben för att förhindra att midjan utsätts för onödiga påfrestningar. Exakt hur stödbenen påverkar midjeleden under drift är oklart och utreds ej vidare, men att den avlastar vid ett statiskt läge anses trivialt. En nackdel som kan finnas med att använda stödben är vid försäljning av maskinen eftersom en sådan lösning kan bli svårmotiverad för kund.



Figur 17. Modell för koncept 4, grövre axeltappar, ökat avstånd, förbättrad slanghantering och med stödben.

3.8 Konzeptutvärdering

För att på ett kvalitativt sätt utvärdera vilket av de fyra slutkoncepten som var bäst användes en urvalsmetod som baseras på två stycken viktningsmatriser. Den senare av dessa två används för att avgöra om de nya koncepten är bättre, likvärdiga eller sämre än aktuell midjeled gällande ett antal kriterier. För att dessa kriterier inte skall få samma betydelse för beslut gjordes en viktning av dem i en såkallad O12-matris, Tabell 1. Kriterierna som användes i matriserna för beslut är framtagna i samråd med handledare på JAMA. I O12-matrisen viktas horisontella kriterierna mot de vertikala. När kriteriet jämförs mot sig själv får det horisontella kriteriet en etta (1). Anses ett horisontellt kriterium vara viktigare än ett av de övriga får det en tvåa (2) och om det anses mindre betydelsefullt får det en nolla (0). Den "poäng" som sammanlagt erhålls för de horisontella kriterierna divideras med kriteriernas totala poängsumma. Detta gör då att kriteriernas betydelse för beslut varierar. Som exempel kan ses i Tabell 1 att kriteriet för hållfasthet är viktigare än det för design/utseende.

Tabell 1. För bedömning av beslutskriterier till konceptvalsmatris.

| Bedömning av beslutskriterier | Hållfasthet | Implementerbarhet | Kostnad | Design/Utseende | Tillverkning | Montering | Miljö | Vikt | Uppfyller syftet | Poäng | Vikt |
|-------------------------------|-------------|-------------------|---------|-----------------|--------------|-----------|-------|------|------------------|-------|-------|
| Hållfasthet | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 15 | 18,5% |
| Implementerbarhet | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 13 | 16,0% |
| Kostnad | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 7 | 8,6% |
| Design/Utseende | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 3,7% |
| Tillverkning | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 7 | 8,6% |
| Montering | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 9 | 11,1% |
| Miljö | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1,2% |
| Vikt | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 | 9 | 11,1% |
| Uppfyller syftet | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 17 | 21,0% |
| | | | | | | | | | Summa | 81 | 1 |

Tabell 2 visar den matris i vilken de fyra olika koncepten viktas enligt graderingspoängen i Tabell 3. Anses lösningen för ett visst kriterium och koncept likvärdigt med den befintliga midjeleden blir poängen en trea (3), anses den mycket bättre får den en femma (5) och så vidare. Den poäng som anges för vardera kriterium multipliceras sedan med den viktingspoäng som beräknades fram tidigare. Den totala poängen för vardera koncept summeras därefter och i slutändan kvarstår då ett vinnande koncept, i idealfallet.

Tabell 2. Konceptvalsmatris för slutgiltigt konceptval.

| Beslutskriterie | Vikt | Koncept 1 | | Koncept 2 | | Koncept 3 | | Koncept 4 | |
|--------------------------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| | | Gradering | Poäng | Gradering | Poäng | Gradering | Poäng | Gradering | Poäng |
| Hållfasthet | 0,185 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 |
| Implementerbarhet | 0,16 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 |
| Kostnad | 0,086 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 |
| Design/Utseende | 0,037 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 |
| Tillverkning | 0,086 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 |
| Montering | 0,111 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 |
| Miljö | 0,012 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 |
| Vikt | 0,111 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 |
| Uppfyller syftet | 0,21 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 |
| Summa poäng | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| Rangordning | | | | | | | | | |
| Fortsatt handling | | | | | | | | | |

Tabell 3. Graderingspoäng för bedömning av koncept.

| Graderingspoäng | Betydelse |
|-----------------|--------------|
| 1 | Klart sämre |
| 2 | Sämre |
| 3 | Likvärdig |
| 4 | Bättre |
| 5 | Klart bättre |

3.9 Konceptval

Resultatet från konceptvalsmatrisen kan ses i Tabell 4. Studeras matrisen framgår det att poängen för koncept ett och tre är näst intill identiska. Detta är något som ibland kan vara ett problem med denna urvalsmetod, att två eller fler koncept får samma poäng. Då detta är ett examensarbete som kräver viss vidd anses inte koncept 1 uppfylla de krav som ställs på arbetets omfattning. Konceptet som går vidare för utveckling blir således koncept 3.

Tabell 4. Ifylld konceptvalsmatris med det vinnande konceptet.

| | | Koncept 1 | | Koncept 2 | | Koncept 3 | | Koncept 4 | |
|--------------------------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| Beslutskriterie | Vikt | Gradering | Poäng | Gradering | Poäng | Gradering | Poäng | Gradering | Poäng |
| Hållfasthet | 0,185 | 4 | 0,74 | 4 | 0,74 | 5 | 0,925 | 5 | 0,925 |
| Implementerbarhet | 0,16 | 4 | 0,64 | 2 | 0,32 | 2 | 0,32 | 1 | 0,16 |
| Kostnad | 0,086 | 2 | 0,172 | 2 | 0,172 | 2 | 0,172 | 1 | 0,086 |
| Design/Utseende | 0,037 | 3 | 0,111 | 4 | 0,148 | 4 | 0,148 | 2 | 0,074 |
| Tillverkning | 0,086 | 3 | 0,258 | 3 | 0,258 | 3 | 0,258 | 2 | 0,172 |
| Montering | 0,111 | 3 | 0,333 | 2 | 0,222 | 2 | 0,222 | 1 | 0,111 |
| Miljö | 0,012 | 3 | 0,036 | 3 | 0,036 | 3 | 0,036 | 2 | 0,024 |
| Vikt | 0,111 | 2 | 0,222 | 2 | 0,222 | 2 | 0,222 | 1 | 0,111 |
| Uppfyller syftet | 0,21 | 4 | 0,84 | 4 | 0,84 | 5 | 1,05 | 5 | 1,05 |
| Summa poäng | | 3,352 | | 2,958 | | 3,353 | | 2,713 | |
| Rangordning | | 2 | | 3 | | 1 | | 4 | |
| Fortsatt handling | | Avveckla | | Avveckla | | Utveckla | | Avveckla | |

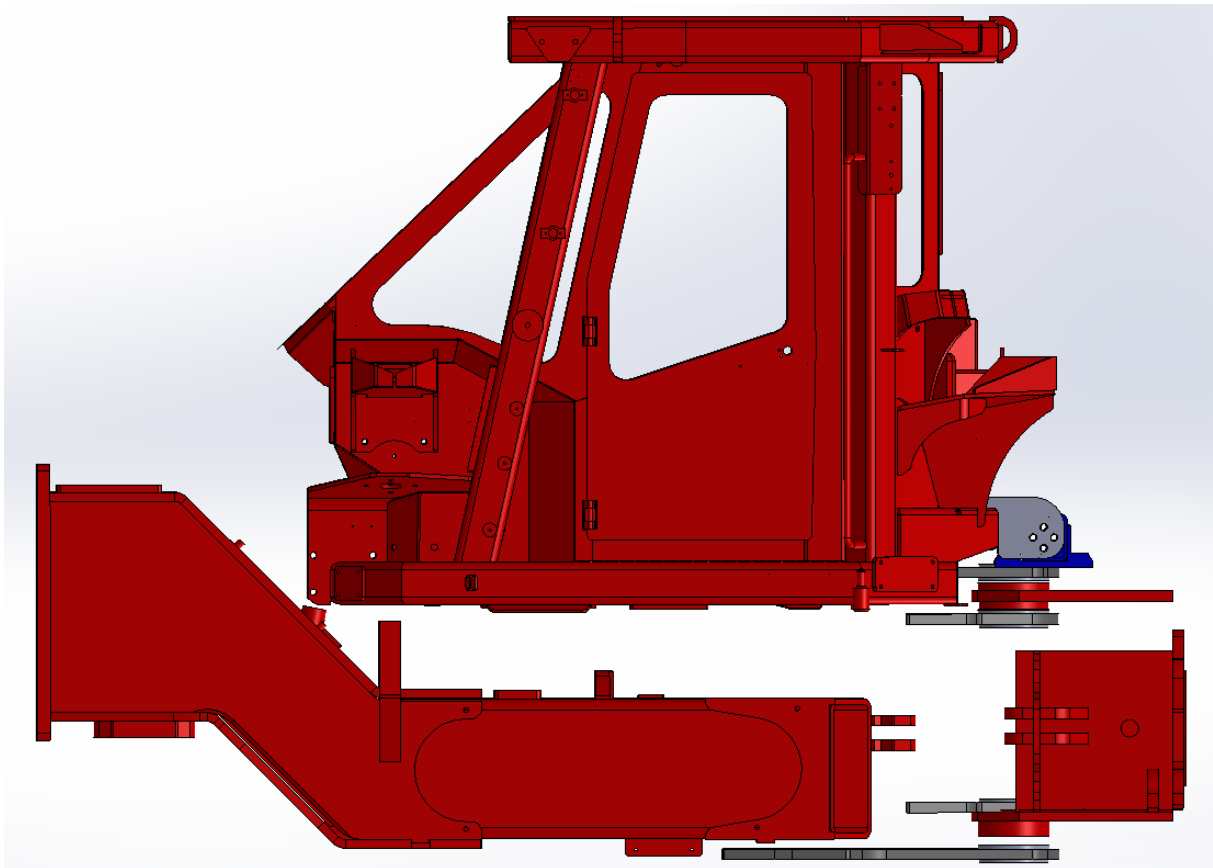
3.10 Slutgiltigt koncept

Som det framgår i Tabell 4 är koncept 3 det som får högst poäng, om än att det är marginellt mer än koncept 1. Sett enbart till poängen skulle alltså koncept 1 kunnat vara det som gick vidare för att vidareutvecklas. Men sett till den kravspecifikation som upprättats för projektet och som reglerar vilka förbättringar som ska utföras på midjeleden så är den lösningen ej gångbar, sett till exempelvis slanghantering.

Det vinnande konceptet består i huvudsak av två stycken separerade ledpunkter med ett ökat vertikalt avstånd jämfört med befintlig midjeled. Dessa ledade punkter består av koncentriskå i maskinens chassi som är försedda med bussningar som säkerställer att godset i chassit inte slits samt möjliggör för en gynnsam smörjning av leden. Chassikomponenterna sätts sedan samman med expandertappar som på den nya midjeleden har en större diameter än de gamla. Detta i kombination med att avståndet ökas kommer spänningskoncentrationerna på expandertapparna kraftigt minska. Detta förväntas öka midjeledens livslängd vid ökad användning och belastning samt att den nya konstruktionen ökar maskinens utvecklingspotential.

3.11 Systemkonstruktion

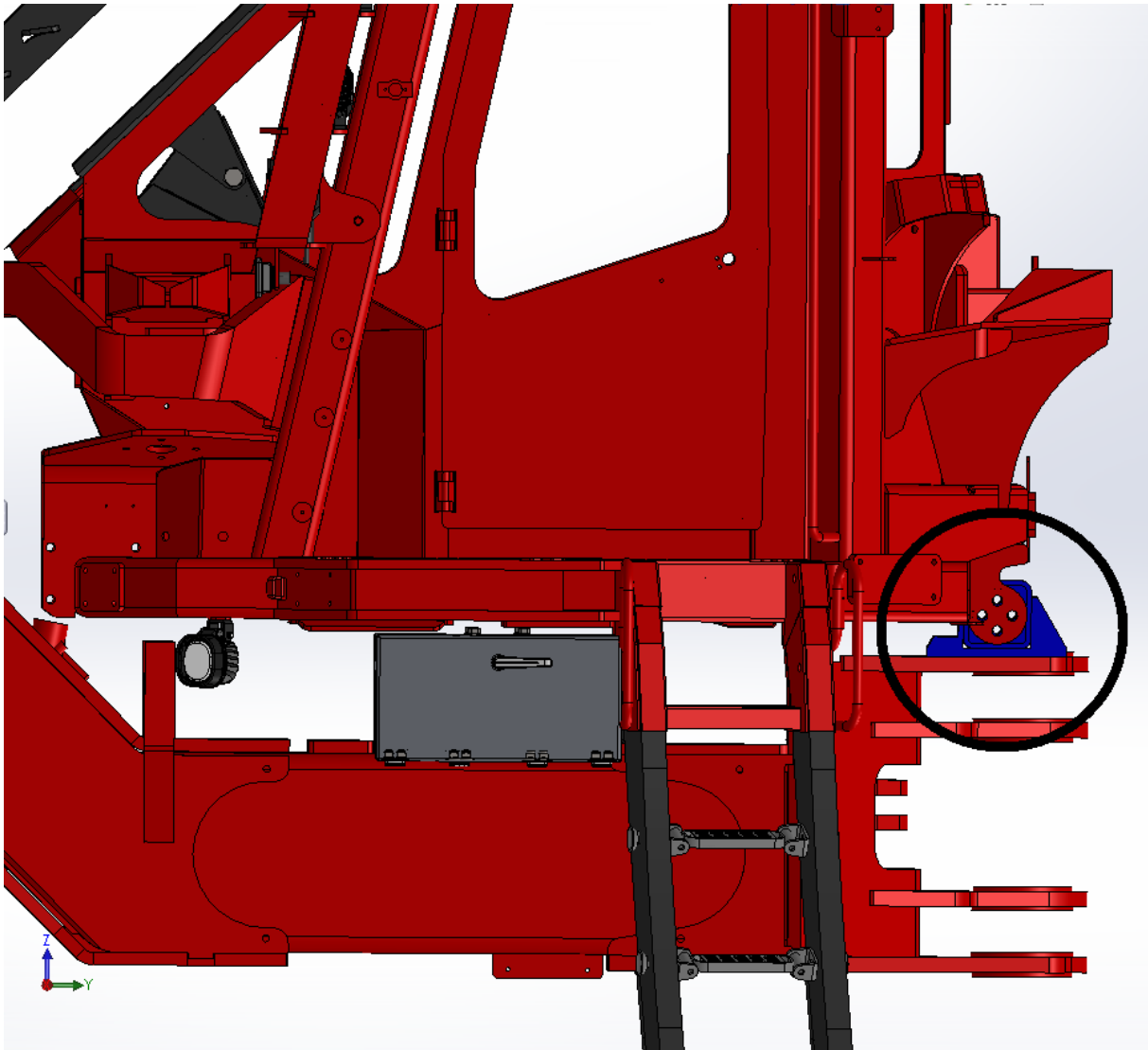
Som ett första steg i konstruktionsprocessen utfördes en inledande övergripande design av den nya midjeleden. Detta arbete inleddes med att de komponenter med randvillkor som maskinen har såsom längd, höjd, bredd hytt- och drivaxelplacering etc. fixerades på rätt position i CAD-programmet. Därefter kunde den nya midjeleden börja växa fram. Här ges en uppfattning om utrymme för slangar, drivaxel samt om svängvinklar och liknande väntas överensstämma med upprättad kravspecifikation. Exempel på layout för systemkonstruktion kan ses i Figur 18. Många av de konstruktionsbeslut som tas här skall sammantaget ge möjlighet till större avstånd mellan midjeledens axeltappar samt tillåta att exempelvis slang ges utrymme för sammanlänkning av ramens främre- och bakre del. Det större avståndet ger även möjlighet för enklare åtkomst vid service och reparationer.



Figur 18. Exempel på layout för systemkonstruktion.

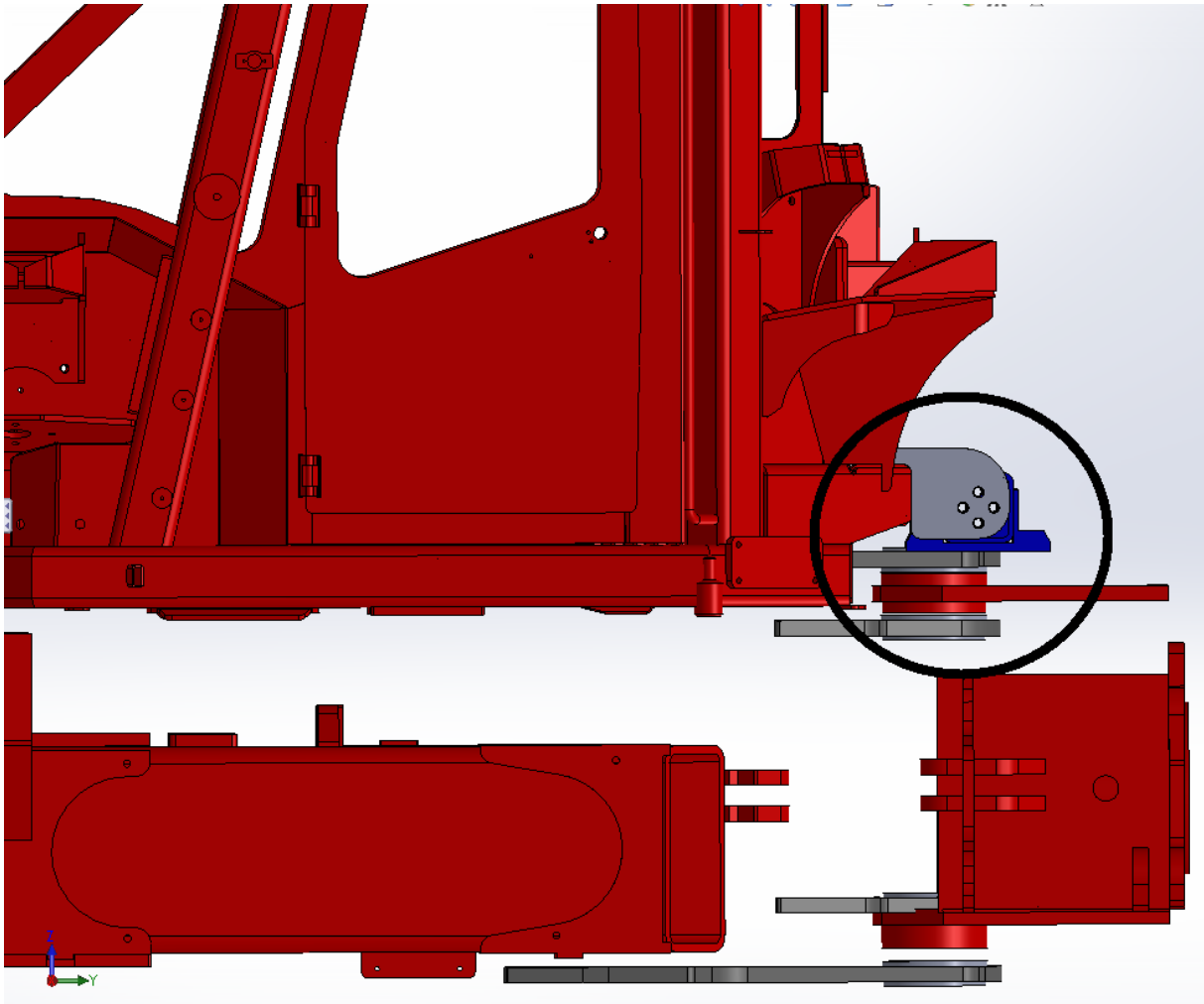
3.11.1 Hyttinfästning

Något som tidigt under konstruktionsfasen stod klart var att de torsionselement som utgör infästning samt gångjärn och vibrationsdämpare till hytten behövde flyttas för att möjliggöra för en midjeled med större avstånd mellan expandertapparna. Detta var av stor vikt eftersom möjligheten att bygga en lågbyggd maskin fortfarande skulle finnas och med den tidigare infästningen skulle detta försvåras avsevärt. Den tidigare infästningen var placerad rakt under en av de bakre balkarna till hyttens skyddsbur vilket gör att viktigt utrymme i höjdled går förlorat, se Figur 19.



Figur 19. Visar torsionselementens tidigare infästning.

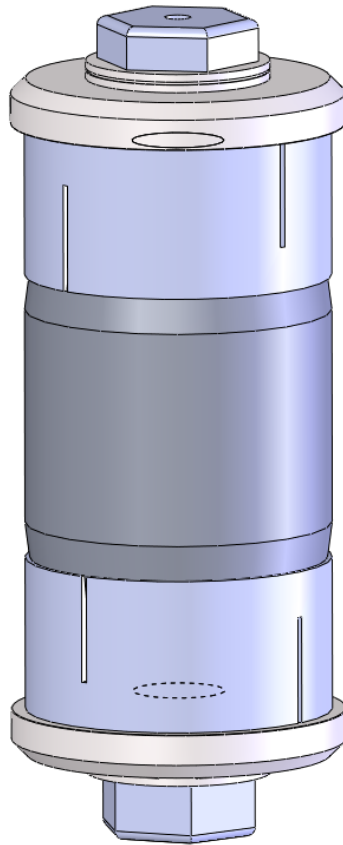
Därför flyttas torsionselementen rakt bakom den tidigare nämnda skyddsbalken som då frigör viktigt utrymme i höjdlid för den nya midjeleden, se Figur 20. Detta ger möjlighet till ett ökat avstånd i höjdlid med 175mm.



Figur 20. Ny infästning av torsionselement för ökat avstånd mellan axeltappar.

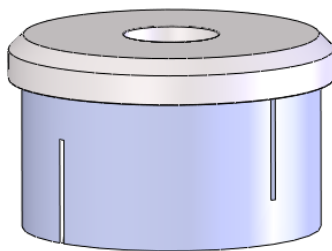
3.11.2 Axeltappar och smörjning i midjeled

För att ytterligare frigöra utrymme i höjdlid undersöktes möjligheten att vidareutveckla de expandertappar som utgör midjeleden axlar. Dessa (se Figur 21) har i dagsläget skruvar från både under och ovansidan samt att anslutningsnippeln från centralsmörjsystemet sitter fastskruvad i centrum på en av dessa skruvar.



Figur 21. Expandertapp från befintlig midjeled. Anslutningshål för centralsmörjning i övre skruv.

Om det gick att eliminera den ena skruvskallen samt hitta en annan placering till anslutningsnippeln skulle utrymmet i höjdlid kunna ökas med 28mm per expandertapp. Förhoppningen här är att kunna modifiera den ena av de två expanderkonerna (se Figur 22) för att kunna använda den även som mutter.



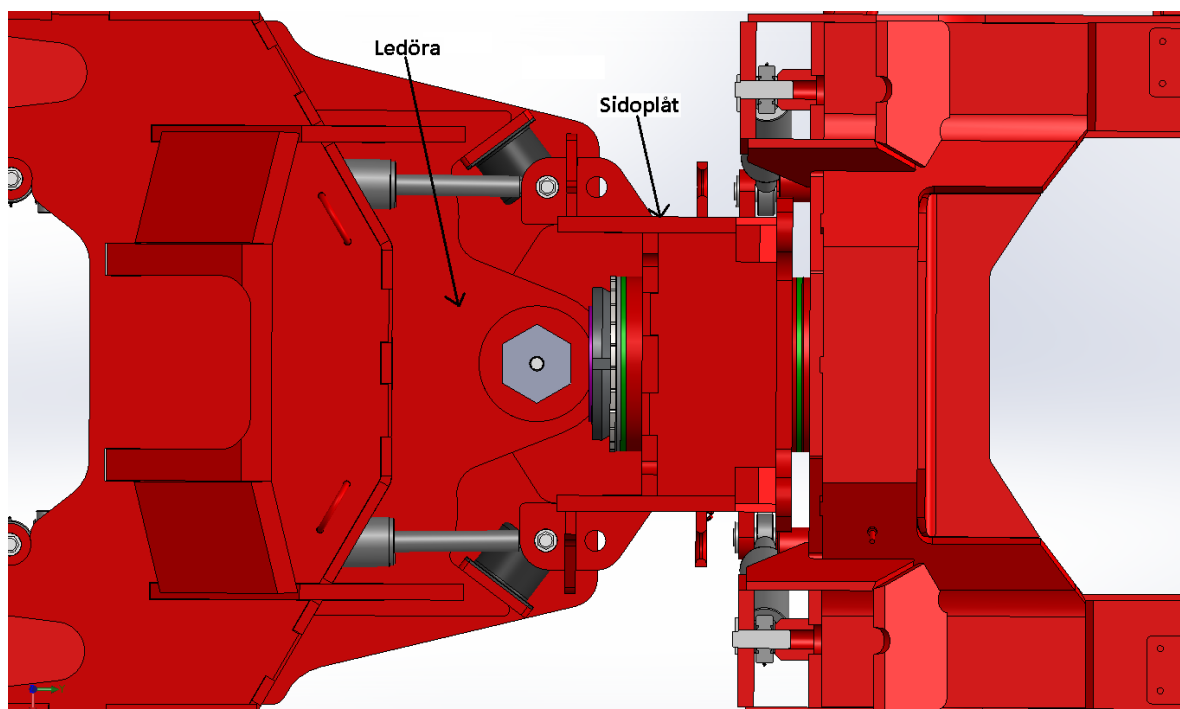
Figur 22. Expanderkona från befintlig midjeled.

3.12 Detaljkonstruktion

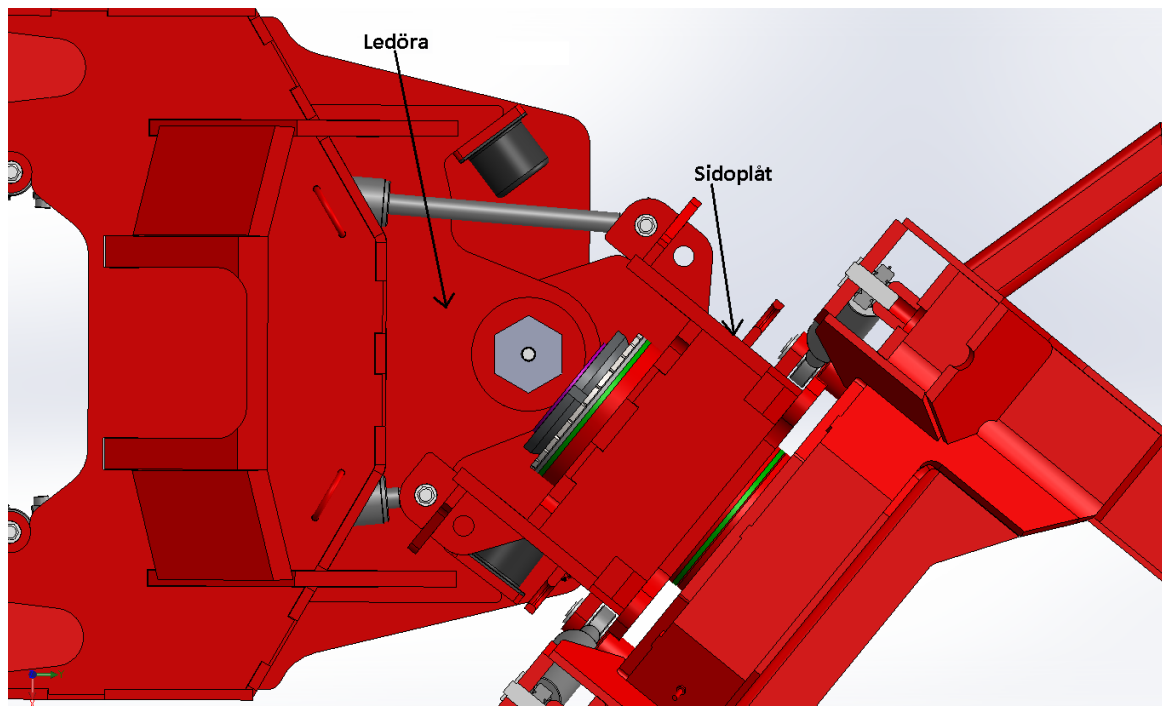
Efter avslutad systemkonstruktion skall samtliga komponenter genomgå detaljkonstruktion. I denna fas definieras geometrin för alla ingående komponenter, CAD-filer samt monteringsordning skapas. Nedan beskrivs tillvägagångssättet i utvecklingen av den nya midjeleden på nästa generations JAMA 8000-chassi.

3.12.1 Axeltappar

Då det under systemkonstruktionsfasen fastslogs vilket mått midjeleden maximalt kunde ha i höjded återstod nu att bestämma axeltapparnas dimensioner. Dess dimensioner är av stor vikt eftersom de påtagligt styr utfallet av belastningarna på bussningarna från axeltapparna. De FEM-analyser som utfördes under konceptfasen påvisar olika yttryck på expandertapparnas yta beroende på hur midjans utformning såg ut. Detta yttryck är även det kontaktryck som midjeledens mässingsbussningar känner av. Det är därför av intresse att dessa yttryck hålls till ett minimum för att på så vis öka midjeledens livslängd. Något som analyserna påvisade var att såväl avståndet mellan tapparna samt dess omkrets kraftigt påverkade utfallet på dessa yttryck. Då det maximala avståndet sedan tidigare är fastställt ty möjlighet för lågbyggd maskin är ett krav kan detta ej påverkas ytterligare. Däremot kan axeltapparnas dimensioner fortfarande ändras för att få ner kontaktrycket mellan tapp och bussning. Eftersom utrymmet mellan tapparna nu utgör plats för såväl drivaxel som slangar och andra ledningar är det önskvärt att de nya tapparna inte blir nämnvärt längre än de gamla. Därför undersöktes vilken lämplig diameter tapparna kunde ha för att få så låga yttryck som möjligt och samtidigt rymmas i midjeleden med exempelvis bussningar och lagringsfästen etc. En viktig aspekt här var att dess diameter inte fick bli för stor då det skulle ha negativ påverkan på maskinens styrvinkel eftersom midjeledens sidoplåtar då skulle börja ta i ledöronen på den främre ramen, se Figur 23 och Figur 24.

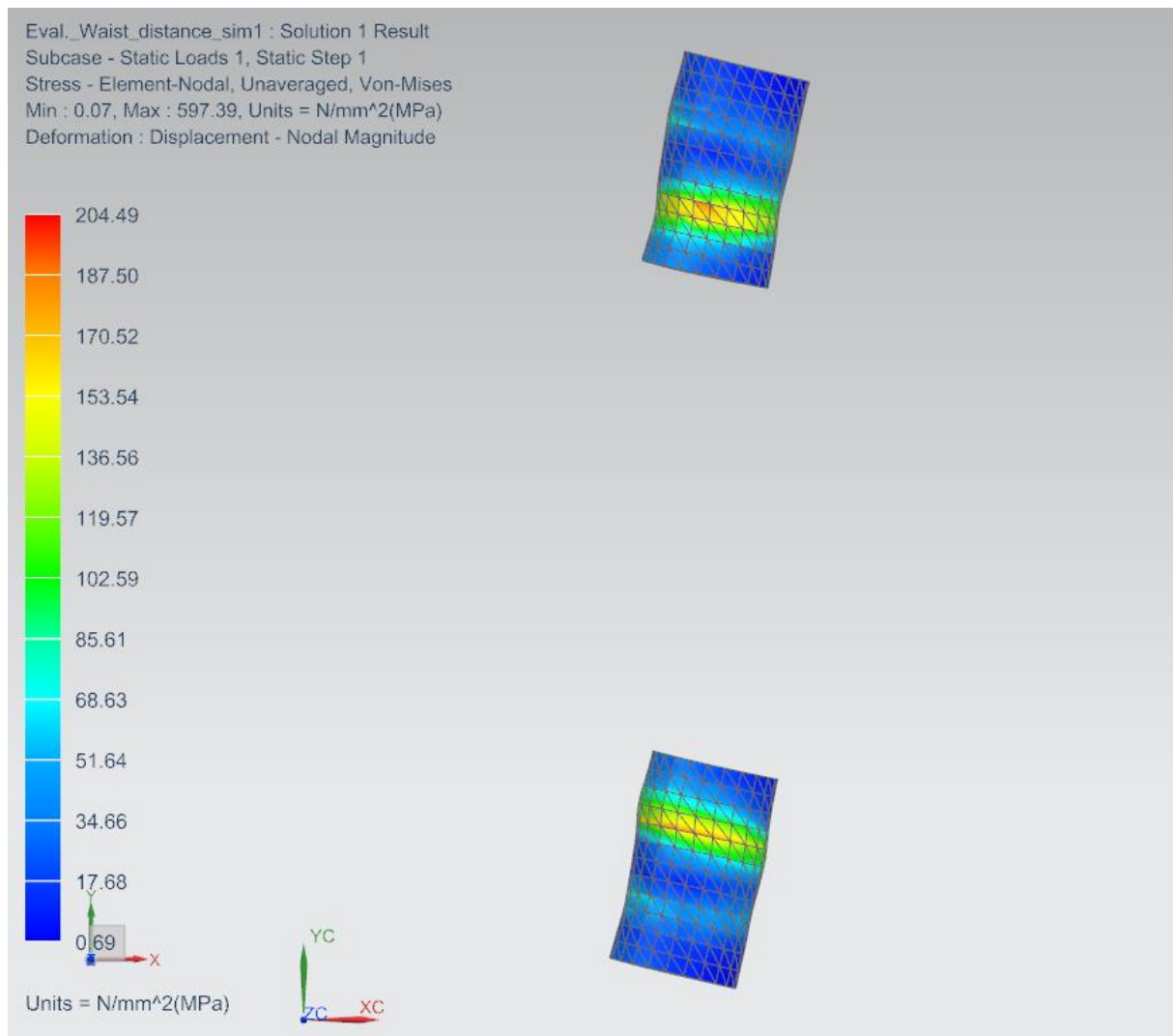


Figur 23. Visar placering av nedre mellanledöra och midjeledens sidoplåtar.



Figur 24. Visar placering av nedre mellanledöra och midjeledens sidoplåtar i maximalt svängläge.

Efter att ha resonerat med handledare på JAMA beslutades det att en analys skulle utföras på en 120 mm axeltapp. Resultatet från denna kan ses i Figur 25 där det framgår att denna konfiguration ger ett maximalt yttryck på 204.5 Mpa. Det motsvarar en minskning av yttrycket med 48.87 % jämfört med den referensmodell som motsvarar dagens midjeled. Enligt den kravspec som upprättats i samråd med JAMA skall påverkan av belastningen på aktuella komponenter minskas med 25 %. Det ökade avståndet samt de nya 120 mm axeltapparna ger således nästintill 100 % bättre resultat än kravspecifikationens minimivärde.



Figur 25. Resultat från FEM-analys med +200mm avstånd samt 120 mm axeltappar.

Den ena av axeltappens två skruvar ersätts med en T-mutter som delvis sitter på axeltappens utsida och delvis inskjuten i rörets centrum, detta för att få mycket gods för gäng utan att bygga för mycket på höjden. Dena andra skruven ersätts här av av en längre genomgående, se Figur 26. För att säkerställa att T-mutterns (Figur 27) draghållfasthet är tillräcklig jämförs dess tvärsnittsarea A_{mutter} med skruvens area A_{skruv} . Om $A_{mutter} > A_{skruv}$ anses draghållfastheten tillräcklig.

Tabell 5. Tydliggörande av indata för beräkning av tvärsnittsarea.

| | | |
|--------------|----------------------|--------|
| A_{skruv} | Skruvens area | mm^2 |
| A_{mutter} | T-mutterns area | mm^2 |
| r_1 | Skruvens radie | mm |
| r_2 | Inre radie T-mutter | mm |
| R | Yttre radie T-mutter | mm |

Skruvens area beräknas med ekvation 1.

$$A_{skruv} = \pi \times r_1^2 \quad (1)$$

Med insatta värden erhålles skruvens area i ekvation 2.

$$A_{skruv} = \pi \times 15^2 = 706.86 \text{ mm}^2 \quad (2)$$

Mutterns area beräknas med ekvation 3.

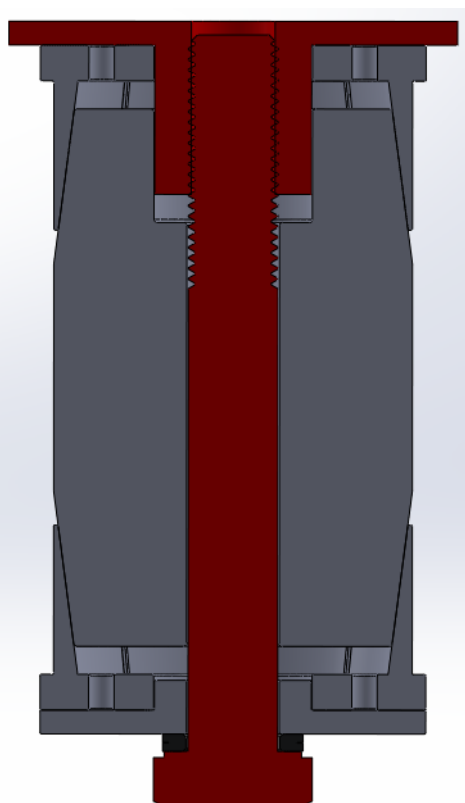
$$A_{mutter} = \pi(R^2 - r_2^2) \quad (3)$$

Med insatta värden erhålles skruvens area i ekvation 4.

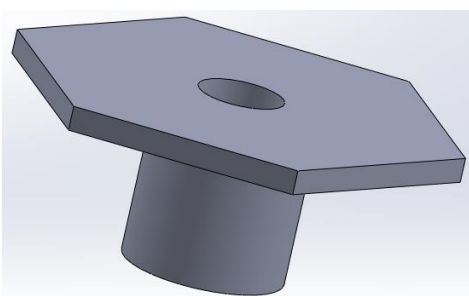
$$A = \pi(26.25^2 - 14^2) = 1549.00 \text{ mm}^2 \quad (4)$$

Resultatet visar att mutterns area är över 100 % större. Därmed kan draghållfastheten i muttern anses tillräcklig.

$$1549.00 \text{ mm}^2 > 706.86 \text{ mm}^2$$



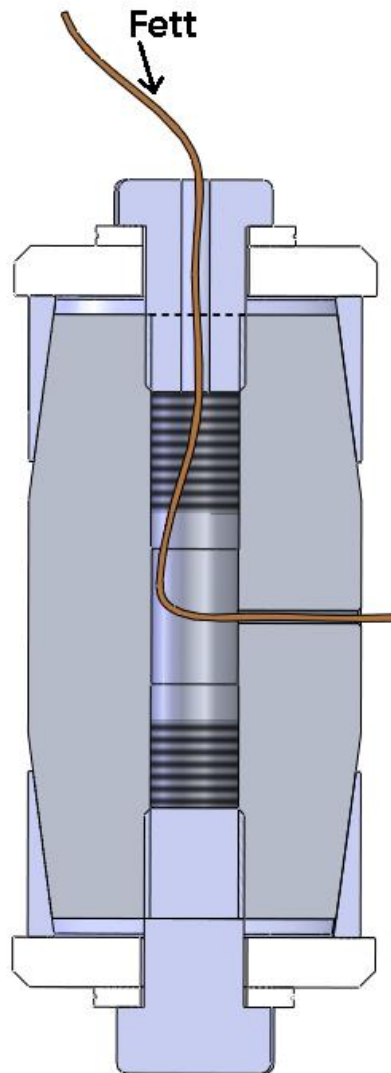
Figur 26. Ny expandertapp i genomskärning med T-mutter, passbit och genomgående skruv.



Figur 27. T-mutter

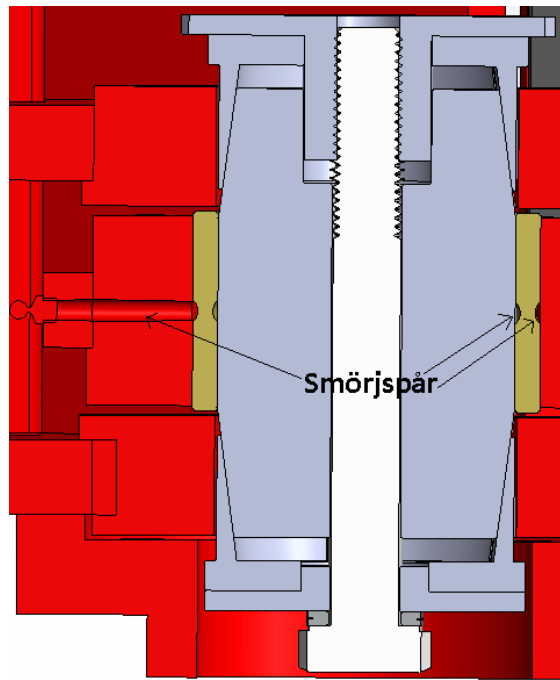
För att inte behöva tillverka två olika expanderhylsor, en där T-muttern passar i dess centrum och en där skruvens diameter passar så används samma hylsa på expandertappens båda sidor. Därför tillverkas en passbit som motsvarar storleken av T-muttern, denna används på den sida där skruvskaften sitter. Passbiten kan ses i nederkant av Figur 26.

På den befintliga midjeleden smörjs mässingsbussningarna via centralsmörjsystemet av fett. Detta leds i dagsläget genom en anslutningsnippel på ovansidan till en av axeltappens montageskruvar. Fettet leds därefter in i axeltappens centrum där det via radiellt borrarade hål pressas ut mellan tapp och bussning, se Figur 28.

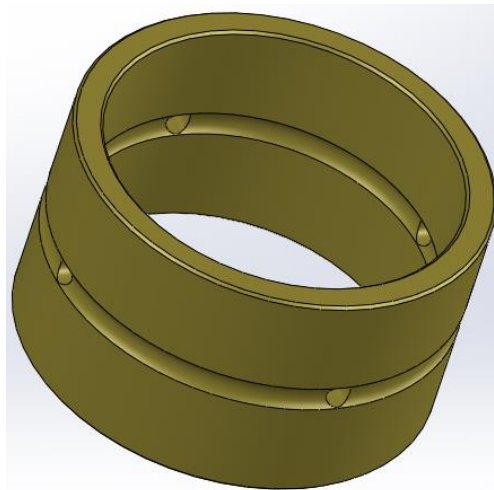


Figur 28. Äldre expandertapp i genomskärning med smörjkanaler.

Detta tillvägagångssätt var tidigare möjligt då tappens centrum ej var upptaget av en genomgående skruv. Dessutom önskas nu så stort frigående mått i vertikalled som möjligt. På den nya midjeleden leds fett nu in via liknande anslutningsnipplar, men dessa är nu monterade på periferin av bussningarnas lagringsfästen. Där leds fett in genom en borrarad kanal till ett smörjspår på mässingbussningens utsida, se Figur 29. I det smörjspåret är fyra stycken hål borrarade 90° från varandra. Dessa mynnar i sin tur ut i ett motsvarande smörjspår på bussningens insida som då gör att fett kommer in mellan bussning och tapp. De smörjspår som är infrästa på bussningens in- och utsida ser till att fett får en jämn fördelning, se Figur 30.



Figur 29. Nya axeltappen med bronsbussning. Bilden visar kanalerna som leder fett in mellan tapp och bussning.

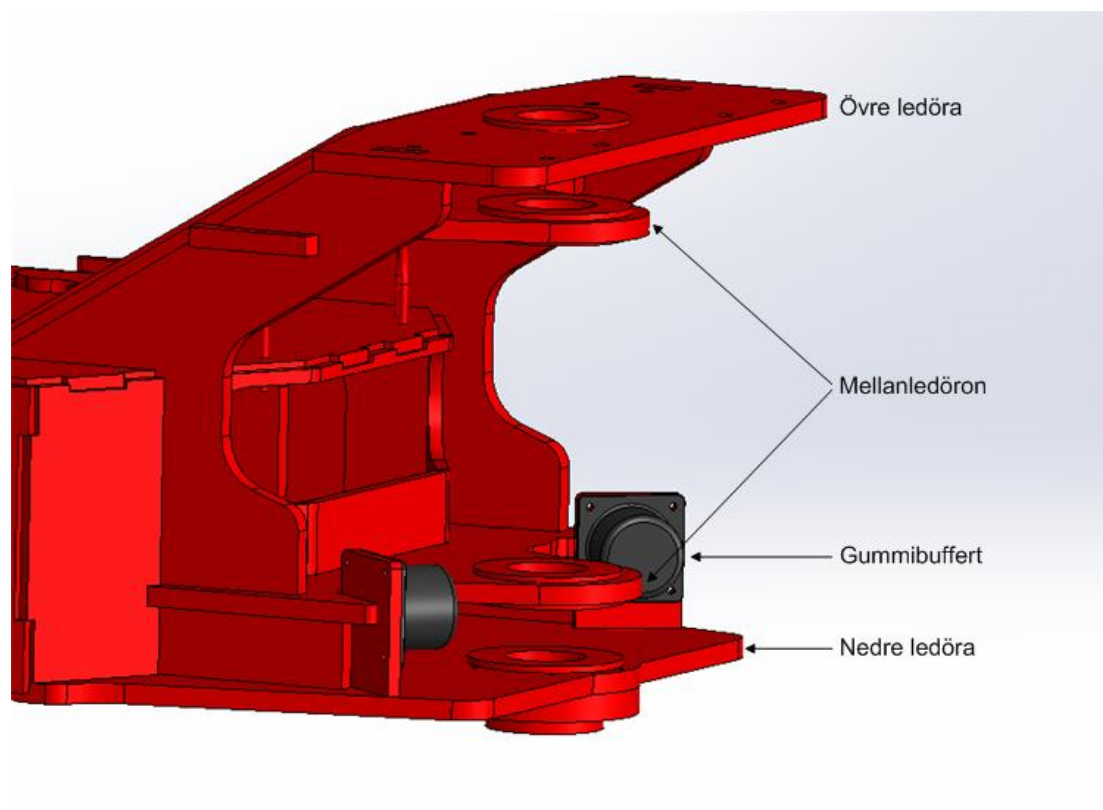


Figur 30. Bronsbussning med smörjspår och kanaler.

3.12.2 Förhöjd framram

Den nya högre midjeleden kräver en ny infästning i den främre ramen på chassit. Utformningen av ledöronen till denna liknar till stor del de till den befintliga midjeleden. Däremot har infästningen och placeringen av dessa ändrats mycket. Det nedersta ledörat består nu av en 30mm bockad plåt som svetsas fast på de främre rambalkarna. Denna är utformad på så vis att den ökar avståndet mellan axeltappen och den dubbelkardanknut som sitter placerad mitt i midjeleden. Detta avstånd har tidigare varit ett kritiskt mått och vissa delar på den befintliga expandertappen har varit tvugna att modifieras för att rymmas där mellan. Detta bidrar samtidigt till att midjeledens totala avstånd i vartikalled ökas ytterligare. Det nedre av de två mellanledöronen är det som är mest likt det befintliga. Detta svetsas likt tidigare mot det som kallas det bakre svepet, men med en skillnad att det nu ges extra stöd av de två sidoplåtarna som utgör basen av det nya chassits upphöjning. Denna plåt fungerar även som mekanisk stopp vid maximalt svängutslag. Förutom en mekanisk stopp sitter

det gummibuffertar monterade på vardera sida om midjeleden mot denna plåt. Dessa är monterade på så vis att midjeleden går mot buffert vid 35° svängvinkel. Detta gör att vid 37° är, idéalt sett, buffertens och midjeledens ytor parallella vilket då bidrar till ökad livslängd hos bufferten då den ej utsätts för skjuvning. Dessa går att montera med shimsbrickor för att få tidigare ändlägesdämpning. Mellan dessa sidoplåtar är också det övre mellanledörat monterat, det sitter även i bakkant mot den bockade plåt som utgör det övre ledörat. Klackar skärs ut i plåtarnas ändar på strategiskt utvalda platser som vid montering passas in i utskurna hål i de plåtar de ska monteras mot, se Figur 31. Detta underlättar monteringsförfarandet samt ger fler svetspunkter. Infästningen för bussningarna flyttas bak 20 mm på den främre ramen. Detta tillsammans med åtgärder på midjeleden säkerställer att service och reparation går att utföra även på en lågbyggd maskin då den övre axeltappen som annars skulle sitta nära under hyttens golv går att lösgöra utan att demontera kringliggande komponenter. Denna åtgärd gör maskinen totalt 20 mm längre mellan hjulaxlarna, men det är inget som påverkar maskinens prestanda nämnvärt.



Figur 31. Nya förhöjda delen på framramen.

3.12.3 Midjeled

Den nya midjeledens uppbyggnad påminner till stor del om den tidigare versionen till utseendet. Men där finns stora skillnader. Den nya har ett högre vertikalt avstånd mellan axeltapparna och har breddats för att rymma de nya större axeltapparna med tillhörande bussningsinfästningar samt för att klara svängvinkeln på 39°. Som ett resultat av att maskinen skulle kunna levereras som lågbyggd behövde det vertikala svängcentrumet på den nya midjeleden flyttas 50 mm bak. Detta i kombination med att svängcentrumet flyttas 20 mm på den främre ramen underlättar vid service och reparation. Den nya midjeledens ökade bredd ger ett större slag vid pendling än tidigare vilket medför att "stabbarna", de hydraulcylindrar som kontrollerar maskinens pendelrörelse runt dess horisontalaxel, behövde göras längre än tidigare. En hydraulcylinders minsta längd är dess "dödlängd", det vill säga fästörön, avstånd till slanginfästning och liknande plus dess slaglängd. Önskvärt är också att ha en liten buffertzona vid såväl max- som minslag på minst 10mm. Då ingrepp på bakramen ville undvikas kunde således cylinderinfästningen på den ej modifieras. Därför flyttades infästningsöröronen för cylindern på midjelden utåt till ledens nya bredd samt neråt till önskad position där önskvärd slaglängd blev uppnådd med lämplig buffertzona. Även vridstopparna för denna rörelse fick andra positioner. Detta är det enda på bakramen som är förändrade för den nya midjeleden.

4 Resultat

De delar av chassit som utgör den nya midjeleden bidrar sammantaget till att höja utvecklingspotentialen för de maskiner som baseras på detta chassi. Ökad möjlighet att leda slang och andra ledningar mellan fram- och bakram är en av anledningarna, den förlängda livslängden en annan. I följande avsnitt förklaras mer om resultatet från utvecklingen av den nya midjeleden.

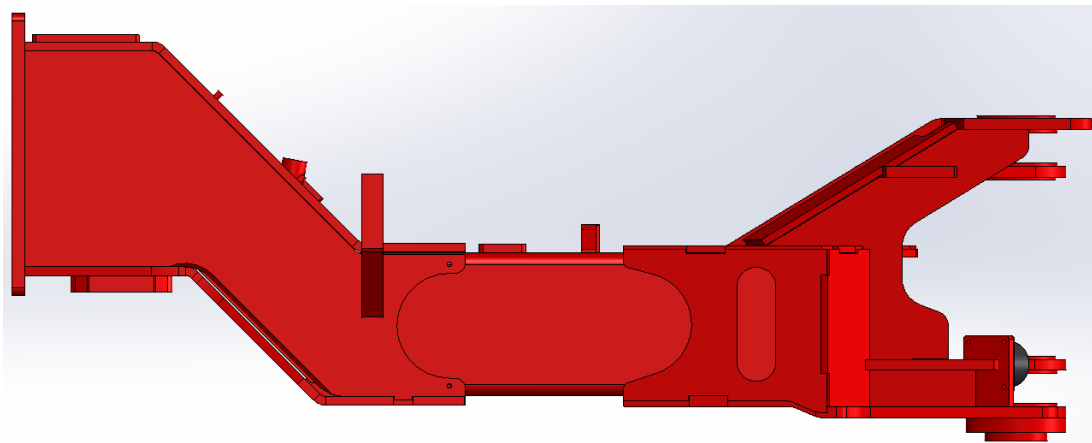
4.1 Expandertappar & smörjning

De nya expandertapparna som utgör midjeledens axlar bidrar mycket till att förbättra den nya konstruktionen. Dess utformning minskar risken för nötning på slangar vilket tidigare var ett stort problem. Därtill är behovet att modifiera komponenter för att de ska få plats intill dubbelkardanknuten numera obefintligt tack vare ökad frigång i vertikalled. De förbättringar som den nya designen för med sig är möjlig tack vare två stora skillnader jämfört med den gamla designen. Den första är T-muttern som minskar tappens totalhöjd och som dessutom möjliggör montering "från ett håll". Det vill säga att för till exempel den övre tappen kan delarna monteras från ovansidan utan att behöva demontera komponenter inuti midjeleden. Det som krävs på undersidan är att montören skall kunna komma åt med en haknyckel för T-muttern. Den andra förändringen är hur tapparna smörjs via centralsmörjsystemet. På den tidigare satt anslutningsnippeln monterad på toppen av expandertappen vilket på den övre tappen ledde till ökad slangnötning då slangarna låg på denna vid övergången mellan fram- och bakramen. På den nedre tappen var avståndet mellan denna anslutning och dubbelkardanknuten mycket litet vilket gjorde att skruven med smörjkanalen tidigare fick svarvas ner för att ge frigång. Den nya utformningen med anslutningsnippeln från sidan ger större frigång i höjddled och är mindre benägen att nöta på de slangar som passerar såväl över som under den. Den största och kanske mest vitala skillnaden mellan den gamla och nya tappen är skillnaden i diameter. Den har ökat från 100 mm till 120 mm vilket ger en areaökning på den del som är i kontakt med bronsbussningen på 67.3 %. Detta gör att de krafter som tappen utsätts för fördelas över en betydligt större yta vilket ger ett lägre yttryck. Yttrycket fortplantas till bronsbussningen via kontaktryck som nu är lägre än tidigare vilket ger midjeleden en längre livslängd.

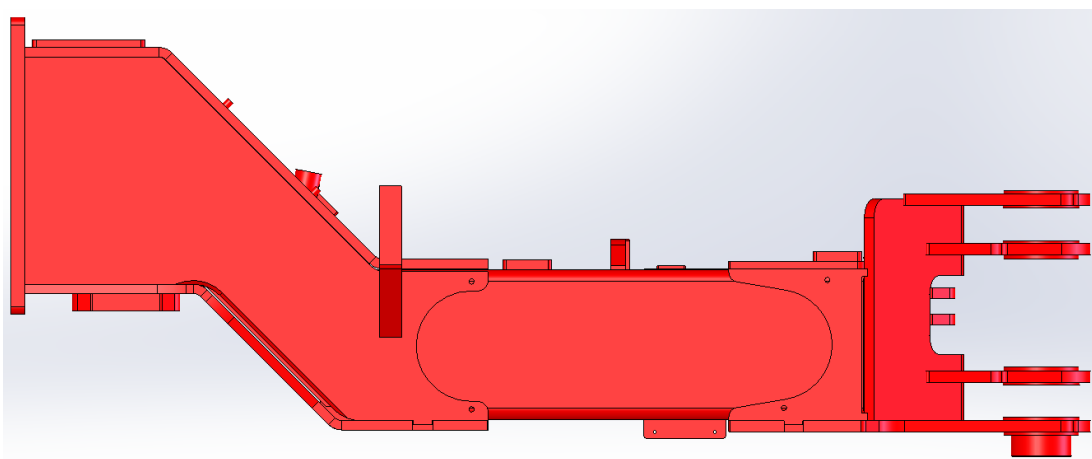
4.2 Förhöjd framram & midjeled

Den klart största skillnaden mellan den gamla och nya midjeleden är det ökade avståndet mellan infästningen av expandertapparna. Det ökade avståndet på 203 mm ger midjeleden en större motståndskraft för lastpåkänningar vilket i kombination med de nya 120 mm tapparna sänker ytspänningarna från det tidigare värdet på 399.5 Mpa till det nuvarande på 204.5 Mpa (enligt uppskattad belastning), en minskning på 48.8 %. I och med att midjeledens bredd ökat från 480 mm till 560 mm har svängcyldrarnas infästningspunkter breddats 40 mm vardera sett från maskinens mittlinje. Detta ger med samma hydraulcylindrar ett ökat svängmoment på ca 16.7 %. En annan klar fördel med den nyutvecklade midjeleden är att den försetts med dedikerat utrymme för slangdragning mellan fram- och bakramen. På en lågbyggd maskin finns möjligheten att dra slang genom och på sidorna om midjeleden. På en högbyggd finns även möjligheten att dra dem på ovansidan likt dagens lösning. Midjeleden har försetts med en justerbar gummibuffert på vardera sida för ändligesdämning i svängrörelsens ytterlägen, det vill säga 39°. Sättet dessa monteras på gör att midjeleden går mot buffert vid 35°, parallell vid 37° och sedan går leden mot mekaniskt stopp vid 39°. Tanken är att detta ska minska skjuvningen av gummibufferten och därmed förlänga dess livslängd. Denna typen av ändligesdämning minimerar även klämrisken för slangar. I Figur 32 och

Figur 33 jämförs den befintliga och den nya framramen sida vid sida där stora skillnader kan ses. Även den befintliga och den nya midjeleden kan ses i Figur 34 och Figur 35.



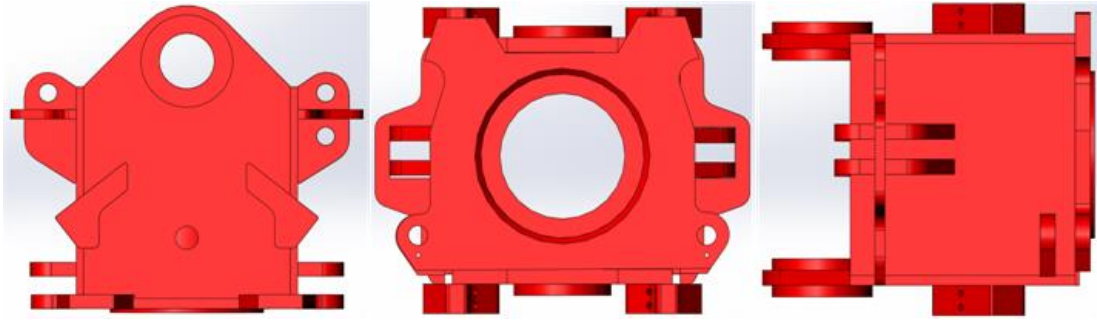
Figur 32. Ny framram med förhöjd infästning.



Figur 33. Den befintliga framramen.



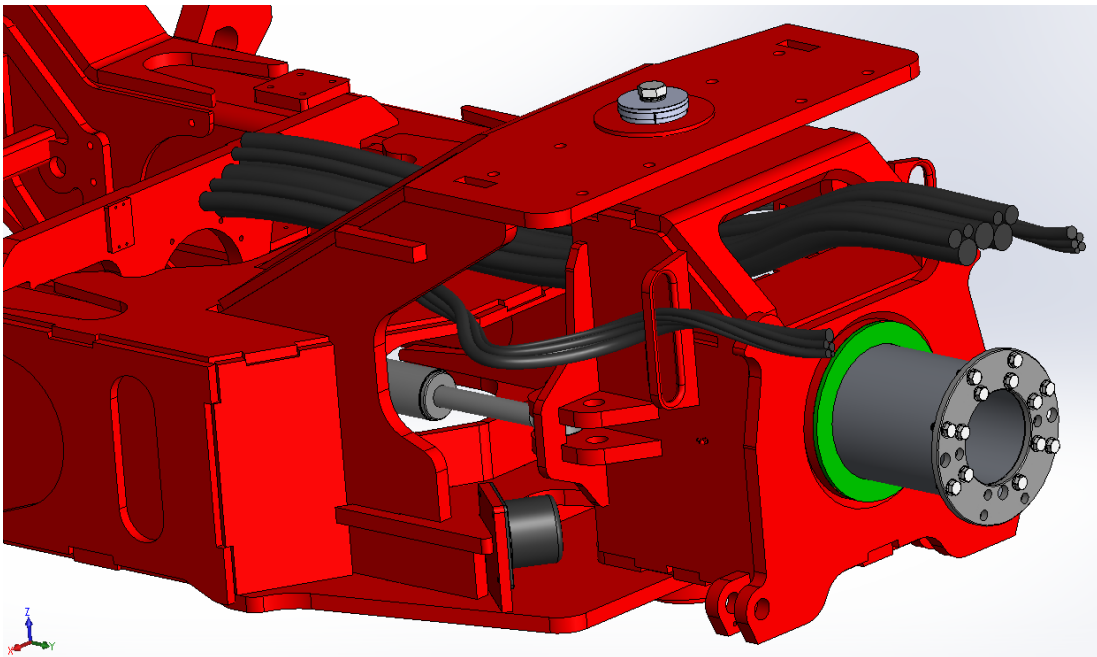
Figur 34. Nya förhöjda midjeleden med dedikerat utrymme för slanggenomföring.



Figur 35. Den befintliga midjeleden.

4.3 Slangdragnig

En klar fördel med den nytvecklade midjeleden är att den har fått dedikerat utrymme för slangdragnig. Något som tidigare inte vart fallet, iallafall inte på en lågbyggd maskin. Nu tillåts dragnig av slang och andra ledningar såväl genom som på sidorna om midjeleden på en lågbyggd maskin. På en högbyggd finns därtill möjligheten att dra slangarna över den översta expandertappen och mellan de båda förhöjningsbalkarna till hytten. För illustration av hur slangdragnig kan se ut se Figur 36.



Figur 36. Exempel på slangdragnig

5 Diskussion

Resultatet rent konstruktionsmässigt anser jag mig vara nöjd med. Den nya konstruktionen möter upp de krav som sattes upp för arbetet av mig tillsammans med examinator och handledare på JAMA. Jag anser därtill att förutom att möta kraven väl ger denna konstruktion maskinen ökad utvecklingspotential. Detta då den klarar större laster samt tillåter mer och/eller större utrustning med tanke på utrymmet i och omkring midjeleden. FEM-analysen är som tidigare nämnt endast av statisk karaktär vilket gör att vissa fenomen som kan uppstå vid dynamiska belastningar ej är undersökt ty det skulle vara ett eget examensarbete i sig. Analysen är även baserad på ett "kvalitativt uppskattat" belastningsfall som anses motsvara verklig statisk belastning. Eftersom analysarbetet mellan referensmodellen och konceptmodellerna samt den slutgiltiga modellen baserades på jämförandevärden är detta tillvägagångssätt accepterat. Dessutom ges en fullgod uppfattning om vilket utfall olika konstruktionsförändringar ger.

Något som jag känt av under hela examensarbete är avsaknaden att kunna sitta ner och kontinuerligt diskutera arbetet med en kamrat i samma arbetssituation. Detta är något som jag, och troligtvis alla som studerat vant sig vid, men som behöver tränas bort nu när arbetslivet står runt knuten. Tur är väl att min handledare hade kontoret nära mitt så jag ändå hade någon att diskutera större frågor med.

Ett problem, eller en svårighet som jag även i tidigare arbeten märkt av är svårigheten att finna tillräckligt bra metoder för konceptval. Ofta favoriseras de mest triviala lösningarna som inte alltid är de bästa och då missgynnas mer tekniskt utmanande och utvecklande lösningar. Därför är det viktigt att ta god tid på sig för att skapa fullgoda metoder med exempelvis viktade matriser för att försöka stävja dessa utvecklingshämmande metoder.

För ytterligare utveckling av midjeleden anser jag att placeringen av stabiliseringscylindrarna vid chassits horisontalaxel bör ändras. Detta för att säkerställa att absolut inga slangar eller ledningar kan komma i klämm. I dagsläget finns viss risk för klämning i det som utgör mekaniskt stopp för bakramens rotation runt midjeledens horisontalaxel. Om stabiliseringscylindrarna vänds "upp-och-ner" kommer stopparna således att hamna vid midjeledens undersida och på så vis elimineras risken helt att slangarna skulle kunna klämmas där. Men används fullgod upphängning av slangarna dragna på midjeledens yttersidor skall risken för klämning vara liten. Därtill är det i mycket sällsynta fall som midjan pendlar så pass att risk för klämning uppstår.

En annan intressant detalj som kan vara värd att undersöka ytterligare är vilken typ av bussning som används i midjeleden. Tanken då skulle vara att använda en som har mindre förmåga att deformeras vid cykliska belastningar, till exempel ett stålfoder, för att på så vis ytterligare förlänga midjeledens livslängd. Frågan som uppstår då är dock vad som händer med materialet runt bussningen om den ej deformeras. Det är trots allt tänkt att den ska offras istället för att chassikomponenter ska ta skada.

6 Litteraturförteckning

- [1] K. T. Ulrich och S. D. Eppinger, *Product Design and Development*, New York: McGraw-Hill Education, 2012.
- [2] Å. Ericson, L. Tobias och L. Andreas, "In search of what is missing - needfinding the Sirius way," i *IASTED International Conference on Knowledge Sharing and Collaborative Engineering*, St. Thomas, 2006.
- [3] "www.kth.se," [Online]. Available: <https://intra.kth.se/administration/upphandling/om-du-ska-kopa-nagot/handledning/ffu/att-skriva-kravspecifikation-1.30182>. [Använd 26 02 2015].
- [4] T. Kelley, J. Littman och T. Peters, *The art of innovation*, Bantham Doubleday Dell Publishing Group, 2001.
- [5] Stacke Hydraulik, [Online]. Available: <http://www.stackehydraulik.com/>. [Använd 16 02 2015].
- [6] G. Dhatt, G. Touzot och E. Lefrancois, *Finite Element Method*, London, Hoboken: ISTE, Ltd; John Wiley & Sons, Inc., 2012.
- [7] "www.boliden.com," [Online]. Available: <http://www.boliden.com/sv/Verksamheter/Gruvor/Boliden-Area/Kvarnar/>. [Använd 26 02 2015].
- [8] i *Nordisk familjebok, uggleupplagan, 2nd edition*, Project Runeberg, pp. 388-390.

Bilaga A – Identifierade problemområden

Som ett tillägg till den problemuppställning som JAMA Mining Machines har framställt utförs en behovsanalys. Denna har skett genom intervju med personer som dagligen arbetar med aktuell maskin. Dessa personer arbetar med konstruktion, eftermarknad, montering och service. Behovsanalysen identifierar problem och behov som annars kan vara svåra att framhäva och som kan vara mål till förbättring.

Identifierade problemområden:

- De hydraulcylindrar som kontrollerar styrningen av midjeleden tenderar att gå sönder vid glappande leder.
- De mekaniska svängstopparna i midjans ändlägen klämmer sönder hydraul- och vattenslangar.
- Shims i och kring midjeleden är svåra att placera vid montering och reparation. (Chassiekomponenter slår sig vid svetsning, problem trots efterbearbetning)
- Om en mässingsbussning börjar glappa kan denna "äta" på stålet runt bussningen. Detta kan bidra till att godset behöver arborras vid renovering och en stålbusning monteras.
- Slangbrott vanligaste orsaken till reparation, beror i huvudsak på klämning och nötning.
- Sten samlas på och kring slangarna vilket minskar livslängden.
- Om expandertappen går sönder riskerar denna att orsaka skada på kardanknuten.
- Maskinen slår i hårt i mekaniska ändlägen.
- Maskinen är mycket "tungstyrd" vid stillastående och låga farter.
- Midjeleden kräver reparation i genomsnitt var 6e år. (Tar två personer 24 timmar).
- Expandertapparna riskeras att vändas fel vid montering ty smörjkanalen ej är genomgående.

Problemområden översatt till behov.

- Minimera risken att hydraulcylindrar går sönder genom att minimera glapp i relaterade leder.
- Formge midjeleden så hydraul- och vattenslangar inte kläms eller nöts sönder innan förväntad livslängd alternativt signifikant minimerar risken.
- Underlätta för montering av shims vid montering och renovering, alternativt undvik shims.
- Minimera risken för att glappande bussningar tär på omgivande material.
- Eliminera risken att trasig expandertapp orsakar skada på kardanknut/ar.
- Maskinen skall i sina yttre svänglägen ej gå med full kraft mot mekaniskt stopp.
- Om möjligt öka maskinen svängkraft vid stillastående samt låga hastigheter.
- Öka tiden mellan reparationer av midjeleden med 50%.
- Minimera risken att komponenter monteras fel.

Bilaga B – Kravspecifikation

Kravspecifikation - vidareutveckling midjeled

| Prioritet | Specifikation | Önskat värde | Enhet | Kontrollmetod (företag) | Kontrollmetod (egen) |
|------------------------------|---|--------------|--------|-----------------------------|---------------------------------|
| Geometri | | | | | |
| K | Anpassad för lågbyggd maskin | Ja | Ja/nej | Visuell inspektion | Visuell inspektion, CAD |
| K | Svängvinkel bibehållen | ±39 | ° | Funktionstest, mätning | CAD-mätverktyg |
| K | Svängradie bibehållen (Inre radie angivet värde) | 5.2 | m | Funktionstest, mätning | CAD-mätverktyg |
| K | Drivaxelns placering i höjd- och sidled består | Ja | Ja/nej | Visuell inspektion | Visuell inspektion, CAD |
| Ö | Markfrigång bibehållen | 370 | mm | Funktionstest, mätning | CAD-mätverktyg |
| Kostnad | | | | | |
| Ö | Bibehållen eller sänkt kostnad mot aktuell midjeled | 0 | Kr | Jämförelse mot generation 1 | Kostnadberäkning (uppskattat) |
| Prestanda | | | | | |
| K | Högre tolerans mot belastning mot aktuell midjeled | 25 | % | Funktionstest | FEM-analys |
| Ö | Ändlägesdämpning för svängrörelsen | Ja | Ja/nej | Funktionstest | Komponentanalys, CAD |
| Ö | Öka styrkraften vid stillastående samt låga hastigheter | Ja | Ja/nej | Funktionstest | Komponentanalys, beräkning, CAD |
| Montering och service | | | | | |
| K | Minskat antal reparationer av midjeled | 50 | % | Livslängdstest | - |
| K | Service och reparation möjlig utan att demontera större komponenter | Ja | Ja/nej | Visuell inspektion | Visuell inspektion, CAD |
| Ö | Komponenter i midjeleden skall ej gå montera fel | Ja | Ja/nej | Funktionstest | Visuell inspektion, CAD |
| Ö | Förenklad placering av shims i midjeled vid montering | Ja | Ja/nej | Funktionstest | Visuell inspektion, CAD |
| Driftsäkerhet | | | | | |
| K | Minska risken för slangbrott | Ja | Ja/nej | Funktionstest | Visuell inspektion, CAD |
| Ö | Trasigbussning påverkar ej material på dess yttre omgivande komponenter | Ja | Ja/nej | Funktionstest | Funktionstest, materialanalys |
| Ö | Eliminera risken för skada på kardanknut om expandertapp går sönder | Ja | Ja/nej | Visuell inspektion | Visuell inspektion, CAD |

Bilaga C - Intressenter

