

Konceptframtagning av monteringsjigg för stora lager

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet maskinteknik

Rasmus Andersson

Anton Gustafsson

Intuitionen för industri- och materialvetenskap

Förord

Detta projekt har varit en del av examinationen för högskoleingenjörsprogrammet i maskinteknik på Chalmers Tekniska Högskola och har motsvarat 15 HP. Examensarbetet utfördes på våren 2021 under 20 veckor på halvfart. Arbetet har utförts tillsammans med SKF och vi skulle vilja rikta ett tack mot vår handledare på företaget, Mofid Zaia för visat engagemang och ledning. Vi skulle även vilja tacka de anställda Jonny Åberg, Claes Palm och Klas Valfridsson som har agerat fokusgrupp och varit till stor hjälp under projektets arbetsgång. Sist men inte minst vill vi tacka Gert Persson och vår handledare och examinator Peter Hammersberg.

Sammandrag

En rullagertillverkare har med hjälp av en RAMP-analys utvärderat en monteringskanals arbetsmoment. Analysen resulterade i att flera av de arbetsmoment som utfördes var högt belastade. De vill på grund av denna analys utveckla en ny monteringsjigg. Examensarbetets mål är därför att ta fram ett koncept på en ny monteringsjigg som förbättrar ergonomin och minskar den kraft som montörer applicerar.

För att förstå den komplicerade monteringsprocessen som krävs för att montera stora lager gjordes flera observationer av olika lagerstorlekar. Det insågs att monteringsprinciper skiljer sig mellan olika familjer, där en familj av lager identifierades som svårmonterade. Det är denna familj av lager (problemlager) som arbetet riktats in på.

Efter observationer av monteringsprocessen ställdes en kravspecifikation upp. Detta gjordes för att sammanställa de funktioner som jiggen utför eller önskas utföra. Med hjälp av kravspecifikation, patentsökning och ytterligare observationer av redan existerande lösningar internt på företaget genererades olika koncept.

De koncept som genererades utvärderades och successivt eliminerades. Detta utfördes tills endast ett koncept kvarstod. Detta genomfördes med hjälp av en fokusgrupp som projektets handledare Mofid Zaia hade satt ihop.

Det resulterande konceptet är en jigg som kan justera arbetshöjd likt ett teleskopsben. Jiggen placeras på skenor och kan därför justera avståndet mellan dem. Detta möjliggör montering av de olika storlekarna av lager som lagerkanalen monterar. För att utföra rotation mellan innerring och hållare så används två olika typer av metoder. Vid montering av den första rullraden sker rotationen med hjälp av en roterande kedja. När den andra rullraden monterar görs detta med hjälp av en plattform som greppar tag i lagrets ytterring och via den redan monterade rullraden överför rotationen. Konceptet utför alla funktioner mekaniskt, vilket innebär en minskad kraft från montörer samt ett steg mot automatisering.

Abstract

A roller bearing manufacturer has, with the help of a RAMP analysis, evaluated the working steps of a mounting line in their factory. The analysis resulted in several of the work steps executed being heavily loaded. Considering this analysis, they want to develop a new mounting jig. The aim of the degree project is therefore to develop a concept for a new mounting jig that improves ergonomics and reduces the force that fitters apply.

To understand the complicated assembly process required to assemble large bearings, several observations of different bearing sizes were made. It was realized that assembly principles differ between different families, where a specific family of bearings was identified as difficult to assemble. It is this family of bearings (problem bearings) that the work is focused on.

After observations of the assembly process, a requirements specification was drawn up. This was done to compile the functions that the jig performs or wishes to perform. With the help of requirements specification, patent application and further observations of already existing solutions internally at the company, various concepts were generated.

The concepts generated were evaluated and gradually eliminated. This was done until only one concept remained. This was carried out with the help of a focus group set up by the project's manager Mofid Zaia.

The resulting concept is a jig that can adjust working height like a telescopic leg. The jig is placed on rails and can therefore adjust the distance between them. This enables mounting of the different sizes of bearings that the bearing line mounts. To perform rotation between inner ring and holder, two different types of methods are used. When mounting the first row of rollers, the rotation is executed by using a rotating chain. When the second roller row is to be mounted, the rotation is done with the help of a platform that grips the outer ring of the bearing and transmits the rotation via the already mounted roller row. The concept performs all functions mechanically, which means a reduced force from fitters and a step towards automation

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	1
1.3	Precisering av frågeställning	2
1.4	Avgränsningar	2
2	Teoretisk referensram.....	3
2.1	Sfäriska rullager	3
2.2	Montering av rullager.....	4
2.3	Tidigare studier	4
2.4	Automatisering och mekanisering.....	4
2.5	Ergonomi.....	5
2.6	CAD-mjukvara (Creo).....	6
3	Metod	7
3.1	Förstudie.....	7
3.2	Konceptgenerering	8
3.3	Utvärdering och val av koncept	10
3.4	Modellering	11
3.5	Val av metod	11
4	Resultat.....	12
4.1	Förstudie och inhämtning av information	12
4.2	Funktionsanalys & Funktionsträd	13
4.3	Idégenerering.....	14
4.4	Konceptkatalog.....	17
5	Analys och utvärdering av alternativa koncept	33
5.1	Elimineringsmatris	33
5.2	Pughmatris.....	33
5.3	Kesselringmatris.....	35
5.4	Beskrivning av det resulterande konceptet.....	37
6	Vidareutveckling av det resulterande konceptet	38
6.1	Beräkning och dimensionering av kritiska maskinelement.....	38
6.2	Slutkonstruktion	43
6.3	Kravuppfyllelse	54
7	Slutsatser och rekommendationer	55
7.1	Framtagning av koncept	55
7.2	Mekanisering och vidare automatisering	55
7.3	Komponenter.....	55
7.4	Vidareutveckling	56
8	Referenser.....	58

- Bilaga 1** Figur av Sfäriskt rullager
- Bilaga 2** Beskrivning av nuvarande handverktyg
- Bilaga 3** Figur av funktionsträd
- Bilaga 4** Figur av mindmap
- Bilaga 5** Figur av morfologisk matris
- Bilaga 6** Monteringsprocess av rullager
- Bilaga 7** RAMP-analys
- Bilaga 8** Interna monteringslösningar
- Bilaga 9** Patent

1 Inledning

Inledningen innehåller information om varför projektet utförs och vad projektet begränsas av.

1.1 Bakgrund

Företaget utvecklar och tillverkar olika typer av lager. De har försett andra företag med kunskap och hjälp med hur de kan konstruera roterande produkter och välja rätt storlek/typ av lager. Allt eftersom lagren har utvecklats så tillkommer ett större krav på ergonomi och ökad försiktighet vid belastning under montering av lagren. Företaget har därför utvecklat och förbättrat de handverktyg som montörerna länge har använt sig av men de finns fortfarande möjlighet till förbättring av ergonomi genom utveckling av monteringsjigg.

1.2 Syfte

Med en RAMP-analys till grund visar studien att en ergonomisk belastning finns i en lagerkanal på företaget. Ergonomiska problem kan resultera i sjukfrånvaro på grund av kroppsliga förslitningar hos operatörerna. För att erbjuda en säkrare och bättre anpassad miljö för montörer att arbeta i, vill företaget att en förbättrad monteringsjigg utvecklas. Avsikten med projektet är därför att utveckla en monteringsjigg anpassad för de stora lagertyperna. Ändamålet är att ta fram ett koncept på en monteringsjigg och att undersöka möjligheterna till att underlätta monteringsarbetet med hjälp av införande av mekanik och automation.

1.3 Precisering av frågeställning

För att specificera det verkliga problemet ställs frågor upp som i slutet av arbetet kommer ha besvarats. Dessa frågor är:

- Hur kan monteringsjiggen konstrueras så att kraften från montörer minskar avsevärt/försvinner helt?
- Hur kan monteringsjiggen utformas så att den passar de rullager som kanalen monterar med avseende på vikt, höjd, bredd och tjocklek?
- Hur kan monteringsjiggen konstrueras så att färre/inga externa handverktyg behövs?
- Hur kan monteringsjiggen utformas så att den underlättar framtida automatisering?
- Behövs det konstrueras en helt ny jigg eller kan man vidareutveckla och lägga till funktioner till nuvarande jigg?

1.4 Avgränsningar

På grund av att projektet är ett examensarbete som sker under vårterminen och således är tidsbegränsat, avgränsas projektet.

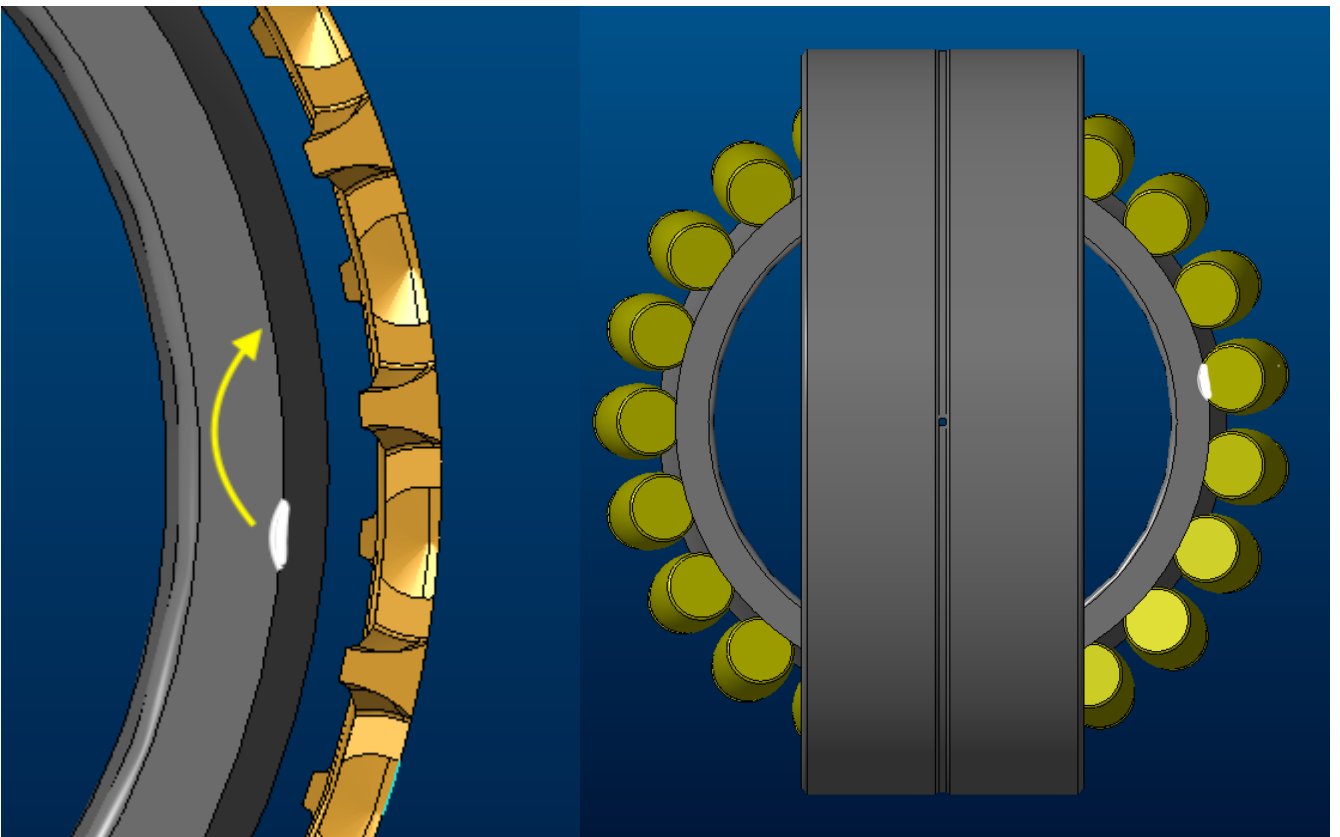
Arbetet avser vara ett konstruktionsarbete och alternativa arbetssätt/arbetsmetoder kommer inte att undersökas. Fokus kommer istället läggas på att minska den kraft som montörer behöver applicera. Projektet kommer att ta fram ett koncept ritat i CAD, ingen fysisk modell kommer att konstrueras. Detta innebär att test av prototyper lämnas åt framtida utveckling. Endast montering av sfäriska rullager kommer att beaktas.

2 Teoretisk referensram

I teoretisk referensram redovisas den teoretiska kunskap och begrepp som kommer användas under rapporten.

2.1 Sfäriska rullager

Ett sfäriskt rullager består av en innerring, en ytterring, en hållare som fylls med rullar och en styrning som fixerar hållaren mot innerringen. Innerringens kontaktytor är utformade som en skuldra (se bilaga 1). På innerringen finns en fläns som förhindrar rullarna från att glida ur lagret vid snedställning och vid denna fläns finns även en rullöppning. Hållarens funktion är att hålla rullarna på plats genom att rullarna placeras mellan hållarens "stolpar". Denna öppning mellan stolparna refereras till som rullplats eller rullficka (se figur 1). Antalet rullar i lagret skiljer sig från typ till typ men samtliga rullager har en rad med rullar på vardera sida om "skuldran" på innerringen (rullrad 1 och rullrad 2). Sfäriska rullagers ytterring har en radie som tillsammans med utformningen av rullar och innerring tillåter snedställning av lagret. Sfäriska rullager används ofta i tung industri, såsom i stålverk, pappersmassabruk och som huvudlagring i vindkraftverk.



Figur 1. Bild som beskriver rullager och rullöppning (egen bild)

2.2 Montering av rullager

För att få en inblick i hur monteringsprocessen för ett rullager idag ser fungerar se bilaga 6. Under monteringsprocessen används ett antal verktyg som beskrivs i bilaga 2.

2.3 Tidigare studier

Företaget har utfört en RAMP-analys innehållandes en kraftmätning vid olika moment. RAMP-analysen visade att det finns förbättringsmöjligheter kopplade till skjut- och dra-arbete (se bilaga 7).

Kraftmätningarna gjordes dels på ett volymlager och på ett större problemlager. Kraftmätningen visade att vid montering av första rulle för ett specifikt problemlager krävdes en viss kraft för att rotera hållaren en rullplats med verktyget. För att rotera hållaren när första rullrad är fylld krävdes en större kraft (sista rullen). I båda fallen kanar hållaren med friktion mot monteringsjiggen. Det är rimligt att anta att den största delen av kraften i rullrad 1, går till att övervinna friktionen mellan hållarstolpe och jiggens ytterdel.

Vid det andra rullmonteringsmomentet av ett specifikt problemlager (rullrad 2) visar kraftmätningen en kraft för första rullen och en större kraft för sista rullen. Värt att notera är att vid det här steget används ett annat verktyg än i rullrad 1. I detta fall är det rimligt att anta att merparten av kraften går till att övervinna masströghetsmomentet då ytterring + hållare + rullar på monterande sida lyfts. Den enda friktionen som uppstår är mellan rullarna som monterats i föregående steg som delvis rullar mot innerringens fläns.

2.4 Automatisering och mekanisering

Att mekanisera en tillverkningsprocess innebär att använda sig av maskiners kraft i syfte att underlätta för operatören i sitt arbete och samtidigt öka produktiviteten. Mekaniseringen av arbetsuppgifter kan lätt blandas ihop med automation och som A.K Gupta skriver i boken *Industrial Automation and Robotics* är skillnaden mellan de båda att mekanisering ersätter fysiskt arbete medan automation ersätter mentalt arbete (A.K Gupta, 2017). Varpå slutsatsen att fysiskt tungt arbete bör ersättas med mekanisering och monotont arbete med automatisering kan dras.

2.5 Ergonomi

Enligt Arbetsmiljöverket innebär ergonomi att anpassa arbete till människan för att förebygga risker för ohälsa och olycksfall. Enligt en rapport från arbetsmiljöverket 2014 orsakas 40% av alla arbetssjukdomar till följd av belastningsfaktorer som i sin tur beror på bristande ergonomi. Belastningssjukdomar orsakas av tunga lyft, förflyttning av bördor, ensidigt och monotont arbete samt olämpliga arbetsställningar. (Arbetsmiljöverket, 2021)

För att motverka belastningssjukdomar och förslitningsskador har Arbetsmiljöverket tagit fram ett antal föreskrifter som behandlar detta.

I föreskriften Belastningsergonomi (AFS 2012:2) beskrivs arbetshöjd för stående arbete som ca 95 centimeter för kvinnor och ca 125 centimeter för män som lämplig.

I modeller för lyft- och dra-arbete (se tabell 1) och för att identifiera och bedöma repetitivt arbete använder sig Arbetsmiljöverket av en tre gradig skala. Rött område innebär olämplig ergonomi och att belastningarna i arbetet är av sådan karaktär att det riskerar att drabba de flesta arbetstagarna. Gult område innebär att ergonomin bör värderas närmare vilket medför att noggrannare undersökningar behövs där framför allt tid, tempo och varaktighet är en avgörande faktor.

Grönt område betyder att ergonomin är acceptabel och att inga eller enstaka arbetstagare riskerar att drabbas av belastningsbesvär.

Modellen för skjuta- och dra-arbete ämnar goda ergonomiska förhållanden vilket innebär symmetriskt tvåhandsgrepp, väl utformade handtag placerade i lämplighöjd och under goda omgivningsbetingelser.

Tabell 1. Modell för att bedöma skjuta- och dra-arbete

Kraft (N)	Rött	Gult	Grönt
Igångsättning	>300	300-150	<150
Kontinuerligt	>200	200-100	<100

Några av de faktorer som kan förvärra och öka risken för förslitningsskador enligt modellen för att identifiera och bedöma repetitivt arbete är

- om arbetet ställer höga krav på kraftutveckling, precision eller hastighet i rörelserna,
- om arbetsobjekten har hög vikt och dålig greppbarhet,
- om belöningssystem som främst premierar kvantitet tillämpas,
- om det ofta förekommer oväntade störningar i produktionen som arbetstagaren inte kan kontrollera och
- om de sociala relationerna och det sociala stödet på arbetsplatsen är svaga.

Tabell 2. Modell för att identifiera och bedöma repetitivt arbete

	Rött	Gult	Grönt
Arbetscykel	Arbetscykeln upprepas flera gånger i minuten under minst halva arbetsskiftet.	Arbetscykeln upprepas flera gånger i minuten under minst en timme av arbetsskiftet eller många gånger i timmen under minst halva arbetsskiftet.	Arbetscykeln upprepas några gånger i timmen.
Arbetsställningar och rörelser	Låsta eller obekväma arbetsställningar och arbetsrörelser.	Begränsade möjligheter att ändra arbetsställningar och arbetsrörelser.	Väl utformad arbetsplats. Goda möjligheter att variera arbetsställningar och arbetsrörelser.
Handlingsutrymme	Arbetet är helt styrt av annat eller andra.	Arbetet är delvis styrt av annat eller andra. Begränsade möjligheter att påverka hur arbetsuppgiften utförs.	Goda möjligheter att anpassa arbetet efter sin egen förmåga. Inflytande över planering och upplägget av arbetet.
Arbetsinnehåll Upplärning/ Kompetenskrav	Arbetstagaren utför en isolerad arbetsuppgift i en produktionsprocess. Kort upplärning.	Arbetstagaren utför flera uppgifter i en produktionsprocess. Arbetsväxling kan förekomma. Upplärning för flera områden.	Arbetstagaren deltar i flera uppgifter eller i hela produktionsprocessen inklusive planering och kontroll. Kontinuerlig kompetensutveckling.

2.6 CAD-mjukvara (Creo)

Creo är en mjukvara för datorstödd maskinkonstruktion utvecklad av PTC. Creo erbjuder såväl 2D-ritningar som 3D-modellering av produkter. Med hjälp av Creos paket ”design mechanics” kan man simulera och illustrera växlar och transmissioner, lager, fjädrar med mera. I Creo finns även ett paket kallat Simulate som innehåller finit element analys (FEA) av problem inom termisk, statisk och dynamisk belastning. Creo 4.0 som använts innehåller endast Automesh. Automesh är ett verktyg för FEA som automatiskt skapar ett nät av element. Automesh utgår ifrån datorns prestanda som i sin tur sätter grunden för hur stor noggrannhet beräkningen har. Ett problem med automesh är att det inte tillåter användaren att bestämma noggrannheten kring kritisk geometri och att den dessutom inte presenterar vilken noggrannhet eller hur många element som används vid beräkningen. En fördel är att det går snabbt att göra beräkningarna och blir således ett smidigt verktyg att använda vid 3D-modellering. (PTC, 2021)

3 Metod

I detta kapitel beskrivs den projektmetodik som använts för att genomföra projektet, vilka faser projektet genomgått samt vilka metoder som använts inom respektive utvecklingsfas.

3.1 Förstudie

En förstudie genomförs i syfte av att inhämta information om den nuvarande monteringsprocessen. I en förstudie tas förutsättningarna för ett projekt fram genom att nuläget analyseras och innehållet av projektet struktureras.

3.1.1 Undersökning av problem och inhämtning av information

Intervjuer med kund (Företaget) och användare (montör) görs för att skapa en förståelse för monteringsprocessen och hur den påverkar arbetet. Då detta utvecklingsarbete ämnar tillverkning är det viktigt att kunna vara på plats för att observera och skapa en helhetsbild för tillverkningsprocessen. Intervjuer sker både strukturerat med förbestämda frågor men även ostrukturerat i samband med observation. Fördelen med att ha ostrukturerade intervjuer i samband med montering är att montören kan både svara muntligt men även visa vid frågor med anknytning till monteringsprocessen. Nackdelen är att det är svårt att anteckna svar och lätt att missa detaljer och därför är det bra att komplettera med en strukturerad intervju. För att få ut så mycket information som möjligt från strukturerade intervjuer används Joshua Kuadas riktlinjer för kvalitativa intervjuer (Kuada, 2008).

1. Fokus på beskrivning istället för tolkning.
Under intervjun ska intervjuaren fokusera på den tillfrågades beskrivningar och hur den svarar, och inte på varför den svara som den gör.
2. Fokusera på detaljer istället för allmänna.
Försök att sätta frågorna i ett sammanhang och i situationer. Undvik frågeformuleringar som ”Hur tänker du med ...” och andra generella frågor.
3. Fördomsfritt.
Undvik att ha förutfattade meningar om hur den tillfrågade kommer svara.
4. Tillåt tveksamheter.
Det är möjligt att den tillfrågade upplever blandade känslor inför en fråga. Det är viktigt att motsägelser som uppstår inte är på grund utav missförstånd utan baseras på den tillfrågandes tveksamheter i svaret.
5. Tillåt förändringar i uppfattning.
Att intervjua samma person flera gånger kommer aldrig resultera i exakt samma svar då den tillfrågade kan ha getts tid för reflektion och ändrat åsikt.
6. Uppfattning.
Det är viktigt att intervjuaren har en viss förståelse och förkunskaper inom ämnet som denne ska intervjua om.

3.1.2 Utformning av kravspecifikation

En kravspecifikation utformas med hänsyn till användare (operatör) och kund (företaget) och de önskemål och behov samt krav som uppkommit i samband med informationsinhämtning. I kravspecifikationen formuleras kriterier så som funktion och prestanda kopplade till produktens duglighet. I kravspecifikationen viktas varje kriterium efter hur väsentlig kriteriet bedöms vara för produktens funktionalitet. Viktningen rangordnas från;

Krav – kriteriet är helt essentiellt för produktens funktionalitet.

Önskemål 5–1; Ö5 – Kriteriet är starkt kopplat till produktens funktionalitet. Ö1 - Kriteriet är mindre viktigt för produktens funktionalitet. (Johannesson, Persson, & Petterson, 2013)

3.2 Konceptgenerering

Konceptgenerering är den fas av projektet där lösningar börjar formuleras, kombineras och formges.

3.2.1 Patentsökning

Patentsökning görs i syfte av att söka inspiration och lösningar till de delfunktioner och krav som satts upp i kravspecifikationen. De ord och fraser som använts vid patentsökningen är; “rotating”, “rotation”, “radial”, “device”, “heavy equipment”, “adjustable”, “grip”, “gripping”, “diameter”, “cylinder”, “adjustment”, “heavy mass”, “Lift”, “bench”, “mounting”.

Dessa ord bildade fraser för att tydliggöra sökningen. Dessa fraser är t.ex:

“Rotating device”, “Rotating device of heavy equipment”, “rotationg bench”, “adjustable diameter”, “hight adjustment”, “gripping device”, “gripping device for cylinder”, “gripping device of cylinder”, “rotation of cylinder”, “cylinder rotation”, “radial grip”, “radial gripping device”.

3.2.2 *Brainstorming & Brainwriting*

Det finns flera typer av brainstorming som är bra på olika sätt. Huvudmålet är alltid att få fram så många olika typer av lösningar som möjligt och inte vem som kommer på den bästa lösningen. Ny teknik menar på att det inte bara går att sätta en grupp i ett rum och be dem komma på nya idéer, det krävs verktyg för att få ut något värdefullt av en brainstorming. Dessa verktyg går i generella steg ut på att en individ har en idé som sedan tas upp i grupp och arbetas vidare på. Dr Markman menar även på att det är viktigt att ha papper och penna framme under brainstormingen. Detta på grund av att en brainstorming ofta är verbal och det finns då risk att endast de idéer som är lätta att förklara leder till lösningar. (Nyteknik, 2017)

Alex Osborn, skaparen av klassisk brainstorming menar att för att lyckas med en överläggning måste följande grundregler tillämpas;

Undvik kritik och förutfattade meningar. Försök att komma på så många idéer som möjligt och begränsa inte antalet. Fritt tänkande och nyskapande idéer uppmuntras. Lyssna på andras idéer och försök utveckla och kombinera olika idéer. (Osborn, 1963)

Brainwriting eller tyst brainstorming är en form av strukturerad brainstorming som går ut på att deltagarna börjar formulera lösningar enskilt på ett papper i tystnad. Efter en förutbestämd tid, vanligtvis 3–5 minuter, skickas pappret vidare till deltagaren bredvid som fortsätter formulera lösningar. (Mycoted, u.d.)

Brainstorming och brainwriting är kreativa lösningsmetoder som går att tillämpa på systemnivå (hela koncept) men även detaljnivå (enstaka funktioner).

3.2.3 *Alternativa lösningar*

3.2.3.1 Internas lösningar

Då företaget monterar flera olika storlekar på lager finns det existerande lösningar som används. Dessa lösningar användes som inspiration och beskrivs i bilaga 8.

3.2.3.2 Low Cost Automation (LCA)

Low cost Automation (LCA) är en teknologi som till viss del möjliggör automatisering av redan existerande processer och metoder. Syftet är att med hjälp av billiga standardkomponenter kunna automatisera delar av en produktion utan en allt för stor ombyggnation av flödet och investeringskostnad. Ett vanligt exempel på LCA är införandet av kollaborativa robotar (cobot), vilket vanligtvis är en robotarm med något typ av verktyg monterat som utför enklare, monotona uppgifter. Cobotar hittar man vanligtvis i monterings- och packningssammanhang, där exempelvis coboten skruvar fast två höljen, eller staplar produkter i en pall. De största fördelarna med cobotar är att de är lätta att programmera och tar mindre plats då det ej finns ett behov av robotbur.

(Universal Robots, 2021). Exempel på leverantörer av Cobotar är Omron, Dobot och Universal Robots.

Ett problem med att använda sig av cobotar är eftersom de små och kan operera utan robotbur har de en begränsad lyftkapacitet. De cobotar som finns på marknaden idag har en högsta lyftkapacitet på endast 35 kg.

3.2.4 Funktionsträd & morfologisk matris (systematiska)

Ett funktionsträd med delfunktioner och dellösningar skapas utefter de önskemål och krav som formulerats i kravspecifikationen. Delfunktionerna beskriver produktens huvudfunktion och formuleras lämpligen med ett verb + substantiv exempelvis; medge rotation. Fördelen med funktionsträd är att det är ett enkelt sätt att resumera och samtidigt visualisera och ge en översikt av flera lösningar. Funktionsträd är ett resultat av en funktionsanalys där en produkts funktion beskrivs och bryts ner till enklare delfunktioner.

Efter att ett funktionsträd satts samman används en morfologisk matris för att generera ett stort antal koncept genom att kombinera de olika dellösningarna. En morfologisk matris består av en kolumn till vänster för delfunktionerna från funktionsträdet åtföljt av dess dellösningar till höger. Därefter markeras en lösning per delfunktion och summeras till ett koncept. Genom att göra detta för varje möjlig kombination erhålls ett mycket stort antal olika koncept, och detta kan reduceras med att endast välja de kombinationer som är praktiskt kompatibla. Morfologisk matris används för att ta vara på hela lösningsrymden och för att inte förbise möjliga kombinationer av lösningar. (Johannesson, Persson, & Petterson, 2013)

3.3 Utvärdering och val av koncept

För att kunna påbörja produktutvecklingen och konstruera en produkt behöver de olika koncepten utvärderas och rangordnas. Det finns olika sätt som passar vid olika tillfällen, vanligtvis används först en elimineringsmatris som sedan kombineras med Pugh- och Kesselringmatris.

3.3.1 Elimineringsmatris

Elimineringsmatris används till fördel som första metod för att på ett effektivt sätt, börja sortera bort koncept som inte lämpar sig. I en elimineringsmatris listar man endast de krav som formulerats i kravspecifikationen och koncepten utvärderas endast efter dessa krav. Koncepten bedöms enbart om det uppfyller kravet och inte till vilken grad. För att ett koncept ska kvalificera sig till nästa del av utvärderingen måste det uppfylla alla krav. (Johannesson, Persson, & Petterson, 2013)

3.3.2 Pughmatris – Relativ beslutsmatris

Pughmatris är ett verktyg för att på ett så objektiva sätt som möjligt, utvärdera och jämföra olika lösningar.

I en Pughmatris utses ett koncept med tillhörande lösningar som referens. Därefter utvärderas resterande koncept utefter de kriterier och viktade önskemål som formulerats i kravspecifikationen. Om ett koncept uppfyller ett kriterium bättre än referenskonceptet markeras detta med ett plustecken. Uppfyller konceptet kriteriet sämre än referenskonceptet markeras detta med ett minustecken. Slutligen multipliceras varje kriteriums vikt med tillhörande tecken för varje koncept. Därefter summeras tecknen och koncepten kan då rangordnas utefter summan. Denna process upprepas med olika koncept som referens för att säkerställa resultatet. (Johannesson, Persson, & Petterson, 2013)

3.3.3 Kesselringmatris

Kesselringmatris är en beslutsmatris som påminner om Pughmatris. I Kesselring radas de kriterium och viktade önskemål från kravspecifikationen upp. Tillskilland från Pughmatris, används i Kesselring, ett idealkoncept som referens och varje koncept tilldelas ett värde som motsvarar uppfyllnadsgraden för varje kriterium. Detta värde multipliceras med kriteriets viktning och summeras. Det koncept som får högst totala meritvärde är därför det mest lämpliga koncept att gå vidare med. (Johannesson, Persson, & Petterson, 2013)

3.4 Modellering

Då det inte finns möjlighet till att bygga prototyper kommer alla koncept med tillhörande funktioner testas i CAD. Under projektet har Creo Parametric använts. Under konceptgenereringsfasen kommer en förenklad modell av varje koncept att ritas upp i Creo, syftet med detta är endast att beskriva funktionerna som konceptet ska innehålla snarare än hur konceptet löser dessa funktioner. Maskinelement så som kugghjul och lager kommer alltså inte att konstrueras i konceptfasen utan detta avvaktas med till vidareutveckling/konstruktionsfasen. Väl i vidareutveckling och detaljering används Creo Mechanism för att illustrera och simulera kugghjul, växlar och andra transmissioner.

3.5 Val av metod

Inhämtning av information sker främst med hjälp av intervjuer och möten med en fokusgrupp. Fokusgruppen består av montör, ingenjör, säkerhetsombud och chef för att ge ett holistiskt perspektiv med spetskunskap inom centrala områden för projektet. Observationer genomförs på plats i fabriken samtidigt som montörer förklarar de steg som utförs. Detta för att informationen ska ges direkt från montör och inte genomgå filtrering. Till exempel om observationer av monteringsprocess hade varit förinspelat så hade viktiga detaljer av processen riskerats att förloras. Ett annat exempel är om intervjuer angående monteringsprocessen endast skett med annan person än montör så riskeras processen att beskrivas på ett sätt som inte speglar verkligheten.

Konceptgenerering och utvärdering genomförs enligt produktutvecklingsmodellen i boken Produktutveckling – Effektiva metoder för konstruktion och design (Johannesson, Persson, & Petterson, 2013). Modellen går att anpassa efter situation och vilken typ av produkt som ska utvecklas och är således passande för projektet.

4 Resultat

I detta kapitel redovisas resultat av de tillvägagångsätt och handlingar som beskrivs i kapitel 3 Metod.

4.1 Förstudie och inhämtning av information

En förstudie innehållandes intervju med montörer, möte med underhållsingenjörer och projektledare samt studiebesök med observation av monteringsprocessen gjordes. Då allt arbete utfördes i företagets lokaler har besök i monteringskanalen och observation av processen gjorts löpande under hela arbetets gång. För att kunna identifiera geometriska behov och frekvens av lager sammanställdes ett dokument innehållandes alla de lager som monterats de senaste 2 åren tillsammans med dimensioner för respektive lager.

Undersökningen resulterade i en kundbehovslista som förklarar de egenskaper och behov som produkten behöver uppnå. Kundbehovslistan rationaliseras sedan till en kravspecifikation som sedan ligger till grund för hela produktutvecklingsprocessen.

4.1.1 Kundbehovslista

Då denna produkt är exklusiv för företaget kommer de både vara kunder och användare av produkten. Användarna kommer att vara de montörer som dagligen använder monteringsjigg och utför monteringsarbetet. Kunden kommer att vara företaget och kommer betrakta produkten ur ett tillverkningsperspektiv.

För montörerna är det viktigt att plattformen medger en ergonomisk arbetshöjd, detta då det är stora skillnader i diameter på de olika lagren. Det finns lager som är vanligare och tillverkas oftare, dessa lager ligger därför på jiggens oftare och arbetshöjden för dessa är därför prioriterad. På samma sätt som dimensionerna skiljer i bredd kan de även skilja i diameter, detta medför att jiggarna måste kunna variera avståndet mellan varandra. Det är därför en önskad funktion att jiggens inte är för tung och således jobbig att flytta, men inte heller väger för lite så det finns en risk för att jiggens skjuts ifrån oavsiktligt.

För att få hållare på rätt position behöver jiggens även kunna positionera hållaren gentemot innerringen. Jiggens behöver även kunna medge rotation mellan innerring och hållaren för att kunna montera rullar. Denna rotation görs idag med verktyg 1 och 2 (se bilaga 2). Dessa verktyg underlättar förvisso rotationen men då det är tunga rullpaket blir kraften de behöver applicera mellan varje monterad rulle tungt.

Montörerna vill även ha arbetsgången uppdelad. De vill kunna rigga alla lager med en gång för att sedan kunna städa upp arbetsplatsen innan montering. De vill alltså inte rigga ett lager som sedan monteras för att sedan gå tillbaka och rigga nästa lager.

På grund av den stigande trenden med automatisering anses det som högst lämpligt att förbereda för automatisering av funktionerna hos monteringsjiggens.

4.1.2 Kravspecifikation

I kravspecifikationen delades krav och önskemål upp i olika kategorier beroende på av vilken karaktär som kriteriet hade. De olika kategorierna var funktioner, prestanda, miljö(omgivning), livslängd, storlek, massa, ergonomi, säkerhet samt övrigt. I gruppen prestanda grundas bärighet och justerbarhet utefter den produktrange som monteringskanalen innehar. Genom att sätta ett specifikt avstånd i diameterjusterbarhet täcker produkten ca 90% av kanalens behov. Sett till de lager som företaget identifierat som problemlager (extra tunga lager) täcker det 99%. Genom att öka justerbarheten upp ytterligare tillåter plattform/produkten att montera alla de lager som monteringskanalen för tillfället erbjuder. I nuläget används det fasta lyftverktyg i monteringskanalen som begränsar monteringsytan. Därför är det satt som krav att monteringsplattformen ska rymmas på den ytan som finns tillgänglig samt ett högt viktad önskemål att rymmas på den ytan som nuvarande lyftverktyg täcker.

4.2 Funktionsanalys & Funktionsträd

Utifrån både förstudie och kravspecifikation kunde en funktionsanalys göras. Funktionsanalysen resulterade i form av ett funktionsträd enligt bilaga 3.

Överst i funktionsträdet är huvudfunktionen. Huvudfunktionen är att montera ett rullningslager. Montering av ett rullningslager kan ske på flertalet sätt, men alla innebär att ytterrigen och innerringen förskjuts. Men då en avgränsning sattes upp som innebär att arbetsmetoder inte ska ändras.

För att kunna montera ett lager på ett liknande sätt som idag så sker först en riggning av lager. Riggningen är inget fokus i projektet och har därför inte brutits ner ytterligare. Rotationen som sker mellan monteringen av de båda rullraderna och sfärning av lagret sker på ett rullverk. Då dessa delar av monteringen inte sker på jiggen har inte heller dessa brutits ner ytterligare.

De delarna som projektet fokuserar på är monteringen av rullar. Monteringen av rullar på rullrad 1 skiljer sig mot monteringen av rullar på rullrad 2, men detta innebär inte att delfunktionerna är annorlunda. De delfunktioner som jiggen behöver tillåta är att både innerringen och hållaren måste positioneras. Jiggen behöver även tillåta en rotation av hållaren gentemot innerringen.

Att positionera innerringen är i nuläget simpelt. Detta beror på att innerringen har en geometri med stora kontaktytor. Dessa kontaktytor varierar i storlek men är alltid angreppsbära. De angreppssätt som finns på innerringen är ovanifrån, radiellt inifrån och underifrån. Det kommer alltid vara onödigt svårt att angripa innerringen radiellt utifrån på grund av att det är den känsligaste ytan på ett lager och hållare och rullar kommer alltid att vara i vägen.

Att positionera hållaren är mer komplicerat på grund av dess geometri. Det försvåras ytterligare då geometrin ändras mellan rullrad 1 och 2. Vid montering av rullrad 1 är hållarstolparnas övre och undre geometri angreppsbära tillsammans med den radiella ytan utifrån. Vid montering av rullrad 2 påverkas geometrin av rullarna från rullrad 1 och således är möjligheten att angripa hållaren underifrån påverkad. För att angripa hållaren underifrån vid rullrad 2 måste det ske via rullarna från rullrad 1.

Det är fortfarande möjligt att angripa den radiella ytan utifrån och angrips hållaren ovanifrån finns en risk för att rullarna åker ur.

Rotationen av hållaren förhållandevis innerringen går att utföra genom att antingen:

- Låsa innerringens rotation och rotera hållaren
- Låsa hållarens rotation och rotera innerringen.

Det första alternativets nackdel är att hållarens geometri är komplex och skiftar då rullar monteras.

Det andra alternativet resulterar i att rullöppningen kommer följa med rotationen. Detta blir problematiskt då ytterringen i vissa lägen kommer att blockera rullöppningen. För att kunna välja detta alternativ bör ytterringen kunna utföra en rotation. Innerringen har en simplare yta att angripa än hållaren.

4.3 Idégenerering

I detta kapitel redovisas resultaten från de idégenereringsmetoderna som presenterats i metodkapitlet.

4.3.1 Patentsökning

Patentsökningen utfördes i USPTO patent full-text and image database samt i Google Patents. De ord och fraser som redovisas i 3.2.1 har kombinerats på olika sätt för att få fram specifika patent. Då produkten som projektet beskriver är mycket utmärkande förväntades inga specifika patent uppkomma. Men de användes istället enskilt för att se om inspiration kan hittas från ett patent som löser någon av delfunktionerna hos jiggen.

4.3.1.1 Roterande vändare för stora rotor till turbiner/generatorer. (US9784136B2)

En verktygsenhet för säker rotation och riktning av tunga turbingenerator-rotor i underhållningssyfte. Verktygsenheten består av flertal segment monterade på en yttre yta av en koppling fäst vid en ände av en rotoraxel, där segmenten innefattar segmenttänder som sträcker sig utanför ytan av kopplingen stödenhet, en hydraulisk kolv och en spärrhake. Spärrhaken innefattar ett driv-stift som är placerat för att angripa segmenttänderna där förlängning av en kolvstång från den hydrauliska kolven som får kopplingen och rotorn att rotera.

4.3.1.2 Anordning och metod för att lyfta tunga objekt. (US2020/0223669A1)

En anordning för att lyfta och justera en tung last genom användning av minst en gripklo och hydraulcylinder. Den lastbärande anordningen kan konfigureras så att den innefattar en länkmekanisk bestående av två eller fler svängbara länkar. Lyftanordningen kan vidare ha en uppsättning tänger som inkluderar två tångarmar och en hydraulcylinder som kan manövreras kring en av länkarnas vridpunkter. Denna konfiguration medger att avståndet mellan de två tångarmarna(gripklon) justeras i enlighet med den relativa storleken på den last som belastar lyftanordningen. En styrenhet kan aktivera hydraulcilindern för att justera avståndet mellan tångarmarna.

4.3.1.3 Kompakt förvaringsbar, mobil lyftanordning (US6164625A)

En flyttbar motorlyft som fälls in i en kompakt lagringsposition. Lyftens bas är utrustad med två stödhjul. Två korta ben sträcker sig från basen och är anpassade för att ha längre ben instoppade i de korta benen. Även de förlängningsbara benen är försedda med hjul i ena änden. Den andra änden är instoppade i de korta benen. En upprättstående stolpe sträcker sig från basen och bär en svängbart monterad lyftbalk i dess övre ända. En mekanisk eller hydraulisk domkraft används för att höja och sänka lyftbalken som i sin tur höjer och sänker motorn.

4.3.2 Fri idégenerering

I den fria idégenereringen tillämpades kontrollerad brainwriting. Då uppgiften var komplext gjordes ett val om att inte generera lösningar på ett komplett koncept. Det som genererades var istället koncept på hur en delfunktion skulle kunna lösas. Detta val gjordes för att istället kunna generera flera och bättre koncept med hjälp av den morfologiska matrisen i ett senare skede.

I tabell 3 förtydligas de delösnings-koncepten som genererades med hjälp av brainwriting. En positiv/negativ kommentar tillgavs de olika koncepten för en ökad förståelse.

Tabell 33. Förtydligande av bilaga 4 (mindmap) HÅ=hållare, IR=innerring

Dellösning	Koncept 1	Koncept 2	Koncept 3
HÅ Radiellt (utsida)	“Kugghjul”	“Arm”	“Hjul”
Kommentar	Inte friktionsberoende	Simpel, behöver inte modifiera mycket	Konstant angreppsyta
Kommentar	Komplex geometri	Glapp kan hamna på fel sida	Kraft och friktionsberoende
HÅ Underifrån	Rullband	Använda YR	Ringar och hjul
Kommentar	Okej angreppsyta på båda RR	Tekniken används redan på RR2	Tekniken används redan
Kommentar	Svårkonstruerad	Svår teknik på RR1	Behövs olika storlekar på ringar
HÅ Ovanifrån	Vakuüm		
Kommentar			
Kommentar	Liten angreppsyta, kan även bli trångt		
IR Underifrån	Hjul mot fläns	Rullband	Roterande bord
Kommentar	Bra angreppsyta	Bra angreppsyta	
Kommentar	Behöver jaga rullöppning	Behöver jaga rullöppning	Blir en svår riggning av lagret
IR Radiellt (insida)	Hjul		
Kommentar	Bra angreppsyta, självcentrerade		
Kommentar	Jaga rullöppning, stor kraft		
IR Ovanifrån	Vakuüm	Platta med armar	
Kommentar	Bra lyftkraft		
Kommentar	Svår angreppsyta	Platsbrist pga YR	

4.3.3 Morfologisk matris

Den morfologiska matrisen ställdes upp med hjälp av den fria idégenereringen av dellösningar enligt bilaga 5. Tabell 4 förtydligar den morfologiska matrisen. Med hjälp av den morfologiska matrisen genererades 11 koncept. Endast de koncept som särskiljer sig till en viss del och som går att kombinera har ritats och beskrivits.

Tabell 44. Förtydligande av morfologisk matris

Funktion / koncept	Pos IR	Justerbar D	Pos HÅ	Pos YR	Rotation RR1	Rotation RR2
Koncept 1	Jigg	Justerbar linjärt	Använda YR	Plattform m/radie	YR nyper HÅ	YR nyper rullar
Koncept 4	Kran	Unisize	Lyfta under	Gummi-klack	Lyft-verktyg roterar	Lyft-verktyg roterar
Koncept 7	Jigg	Lager-specifikt	Lyfta under	Travers	Halv-månar	Halv-månar
Koncept 9, IR rull	Pelare	Justerbar linjärt	Lyfta under	Gummi-klack	IR med rullband	IR med rullband
Koncept 2	Jigg	Justerbar linjär	Lyfta under	Travers	Rad-hjul på HÅ	Rad-hjul på HÅ
Koncept 14	Jigg	Justerbar linjärt	Lyfta under	Travers	Rad-hjul IR	Rad-hjul IR
Koncept 8	Pelare	Unisize	Använda YR	Plattform	YR nyper HÅ	YR nyper HÅ
Koncept 13	Jigg	Justerbar linjärt	Lyfta under	Travers	HÅ på rullband	Rullar på rullband
Koncept 12	Jigg	Flyttbar för hand	Lyfta under	Travers	HÅ med kugghjul	HÅ med kugghjul
Koncept 9 Rullverk	Pelare	Justerbar linjärt	Lyfta under	Rullverk	HÅ med rullband	IR mot rullband
Koncept 10	Pelare	Justerbar linjärt	Använda YR	Plattform m/ radie	HÅ med kugghjul	IR mot rullband

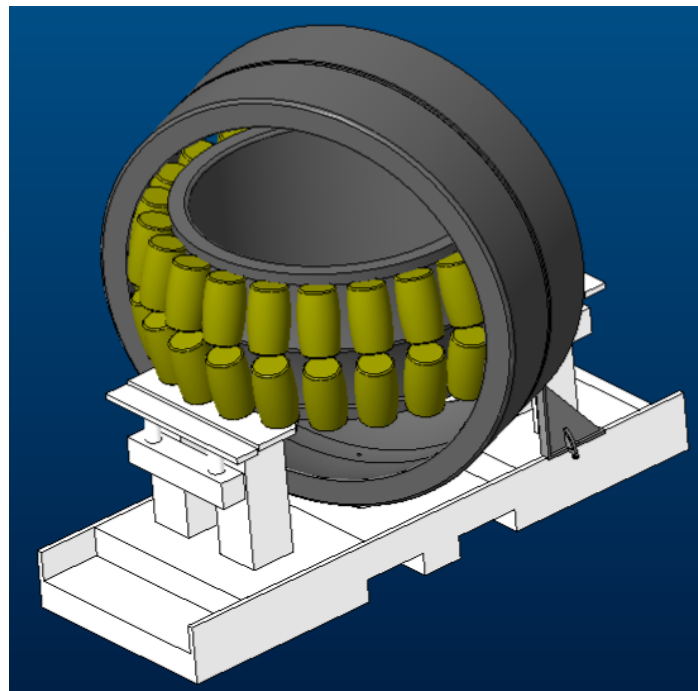
4.4 Konceptkatalog

I konceptkatalogen beskrivs de koncept som var intressanta nog och en enklare CAD-modell för respektive koncept ritades. I konceptkatalogen finns även en del tankar kring varje koncept som uppstod under utvecklingen.

4.4.1 YR-Plattform

Konceptet är inspirerat av en lösning för montering av mindre lager. Genom att placera jiggarna på en plattform tillåts justering av jiggarnas avstånd från varandra. Detta kan möjliggöras genom exempelvis fjäderlastade hjul under jiggarna som är dimensionerade så att fjädern deformeras tillräckligt för att hjulet ska försvinna “upp” i plattformen när jiggarna bär ett lager.

YR är placerad på en plattform/hölje som är justerbart i höjd och kan rotera runt sin egen axel. Genom att justera höjden på YR kan man få YR att “ta tag” i hå. Efter hå-YR fått grepp roterar YR genom yttre krafter (exempelvis de trianglar som visas i figur 2.) som medför en rotation av hållare.

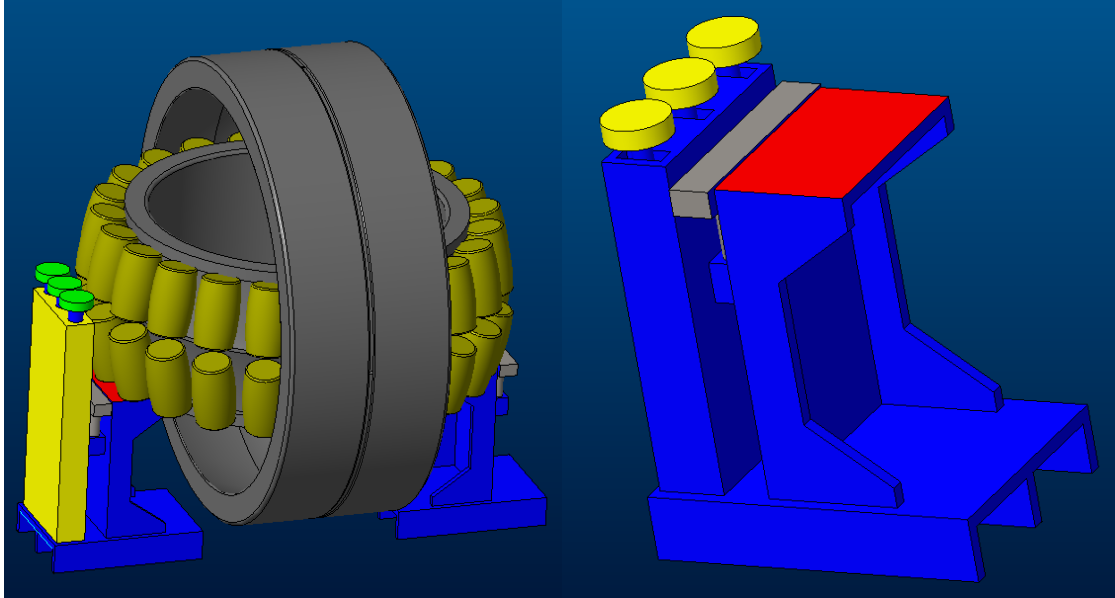


Figur 2. Koncept 1 (egen bild)

Detta koncept har en tvivelaktig lösning på monteringen av rullrad 1. Detta på grund av att det blir svårt att veta om hållaren går att greppa när det inte finns några rullar monterade. Detta skulle gå att lösa med ett utfyllnadsmaterial mellan YR och hållare. Detta är dock inte en optimal lösning då det medger ett extra moment vid montering, nämligen att flytta utfyllnadsmaterialet när “omtaget” sker. En mer optimal lösning hade varit att kombinera detta koncept med en lösning som är bättre på att rotera hållaren i rullrad 1.

4.4.2 Radiella hjul på jigg

Lagret bärs upp med höj och sänkbar ytterdel som placerar hållaren i önskad position (se grå bit i figur 3). För att rotera hållaren används radiella hjul som trycker/agerar på hållarens yta mellan de övre och undre hållar-stolparna. Dessa hjul kommer också att behöva vara höj/sänkbara då hållarens geometri varierar och därmed den tänkta kontaktytan.



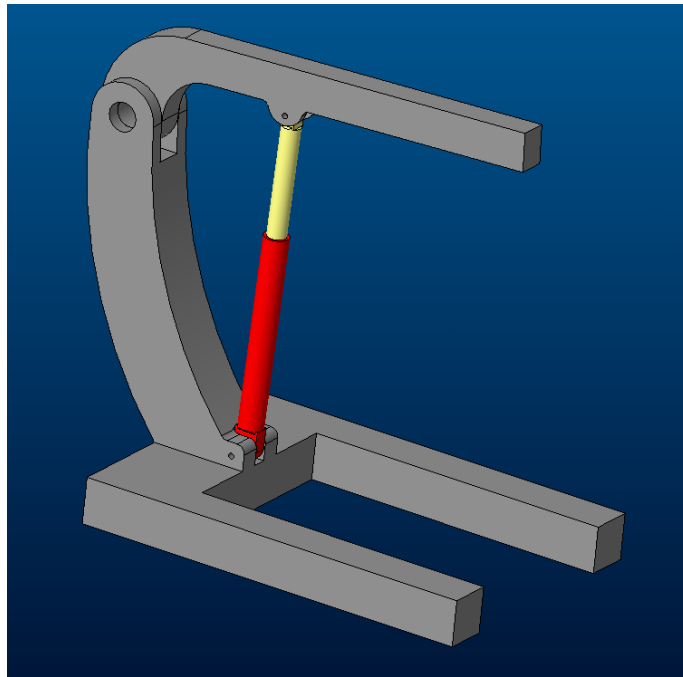
Figur 3. Koncept 2 (egen bild)

En viktig aspekt att fundera på här är att hjulen driver hållaren med hjälp av friktion och en vinkelrät kraft. Då det finns en risk att kontaktytan kan vara oljig är det svårt att bestämma friktionskoefficienten, därmed är det svårt att bestämma den vinkelräta kraften som kommer behövas. Hållaren är ofta konstruerad i mässing och på grund av att det är svårt att beräkna behovet av kraft riskerar hållaren att deformeras.

4.4.3 Lyftkran

Lyftkranen är i sig inget koncept utan är framtaget för att kunna angripa lagret ovanifrån. Detta på grund av att det inte går att använda sig av travers då ytterringsen kommer att blockera rullpaketet ovanifrån. Dessa koncept behöver därför angripas från sidan och därmed mellan ytterringsens inre yta och rullpaketets övre.

Detta kommer att bli problematiskt i alla lyftkran-koncept för de lagren med mindre diameter men större bredd och rullstorlek. Området som behöver angripas blir då för litet för att få plats med en balk som är tillräckligt stark för viktkravet. De koncept som innehåller lyftkran har inspirerats av motorlyft (se figur 4)

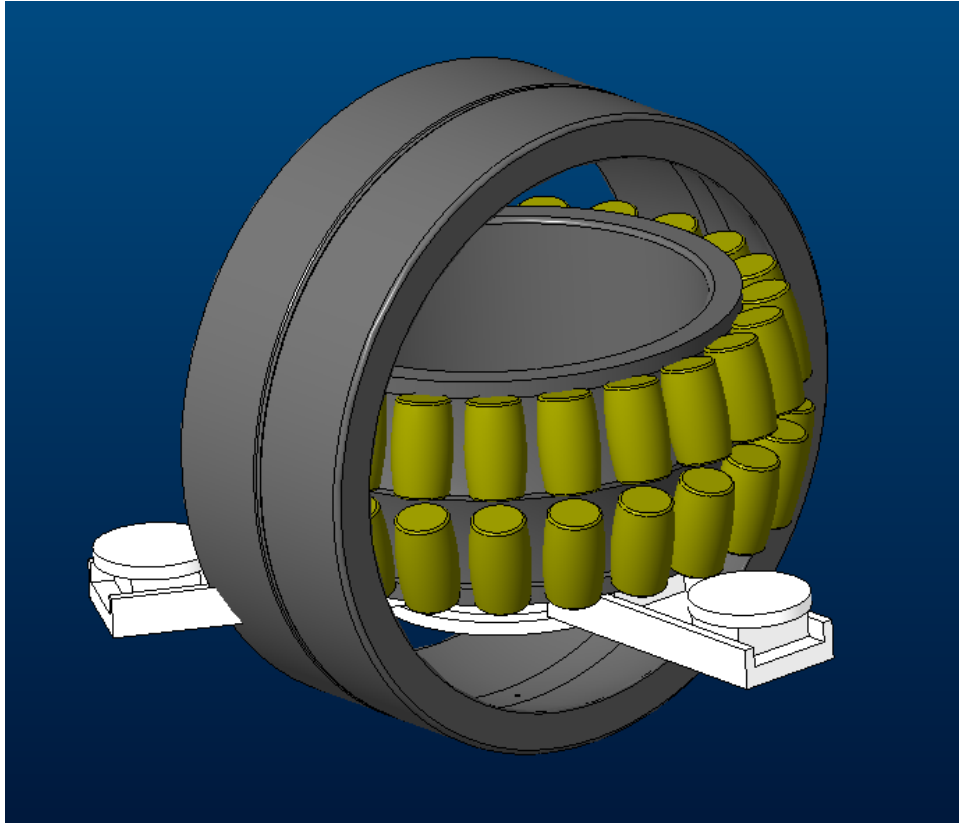


Figur 4. Koncept 3 (egen bild)

4.4.3.1 Helikopterplatta

Helikopterplattan är ett koncept som är beroende av lyftkranen. Här ska rullpaketet bäras upp av en platta med utstickande armar (se figur 5). Armarna är tänkt att kunna följa den cirkulära plattan via ett spår och på så sätt kunna monteras under rullpaketet. Hållaren roteras med hjälp av hjul som trycks mot hållaren.

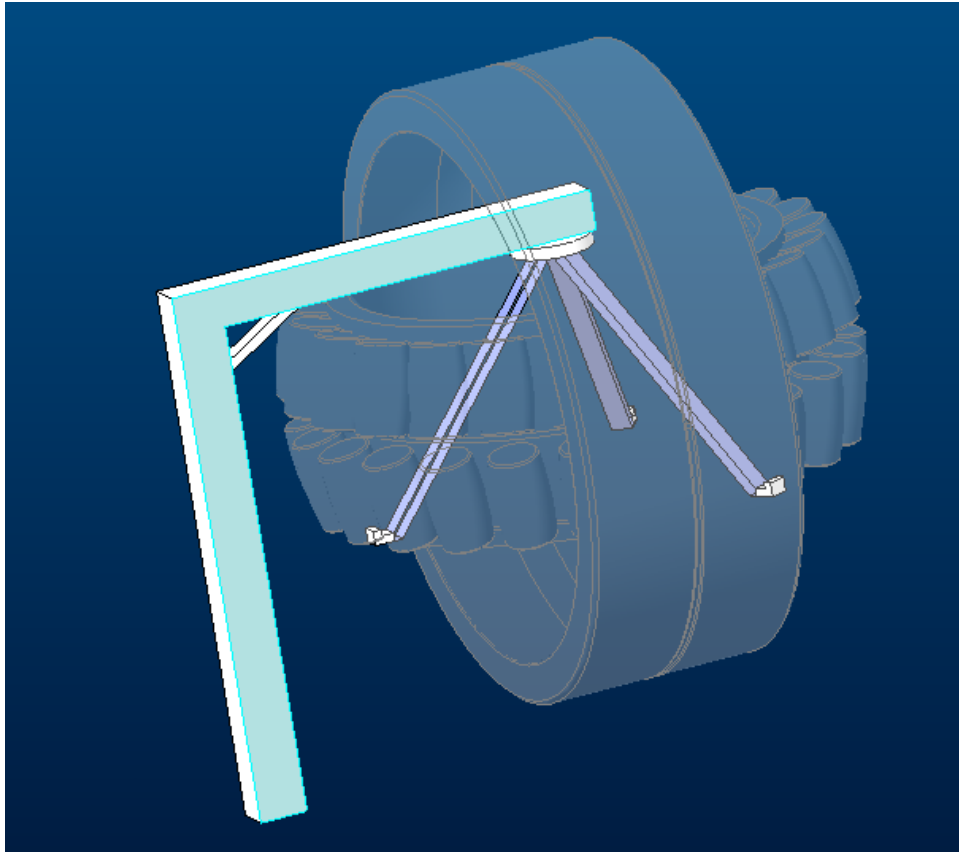
På samma sätt som i (4.2.2) så är hållfastheten i hållaren ett problem på grund av friktionskoefficienten. Det är även krångligt att rigga helikopterplattan under rullpaketet.



Figur 5. Koncept 4 (egen bild)

4.4.3.2 Pelare med roterande kedjor

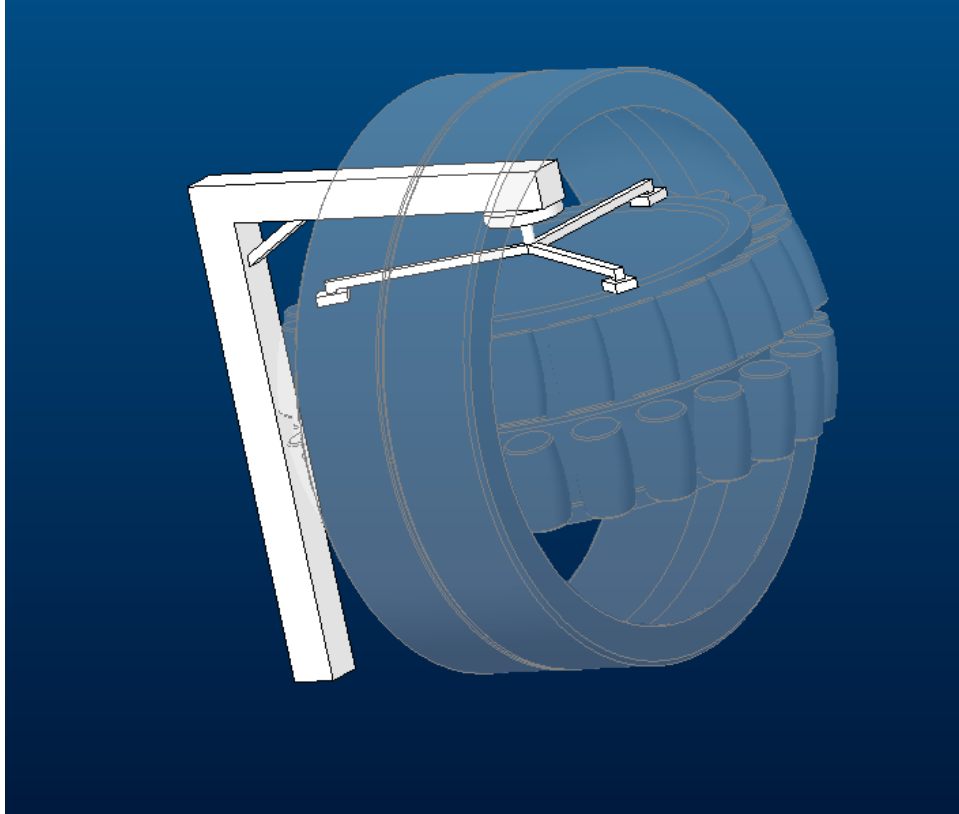
Här används lyftkranen för att montera en platta som är roterbar. På plattan så fästs kedjor som i slutet har en geometri som greppar innerringens fläns (se figur 6). Då det är kedjor som håller upp rullpaketet finns det här ingen lösning på hur hållaren ska höjas upp. Här roteras alltså innerringen och rullöppningen kommer därför att roteras med.



Figur 6. Koncept 5 (egen bild)

4.4.3.3 Vakuum-lyft

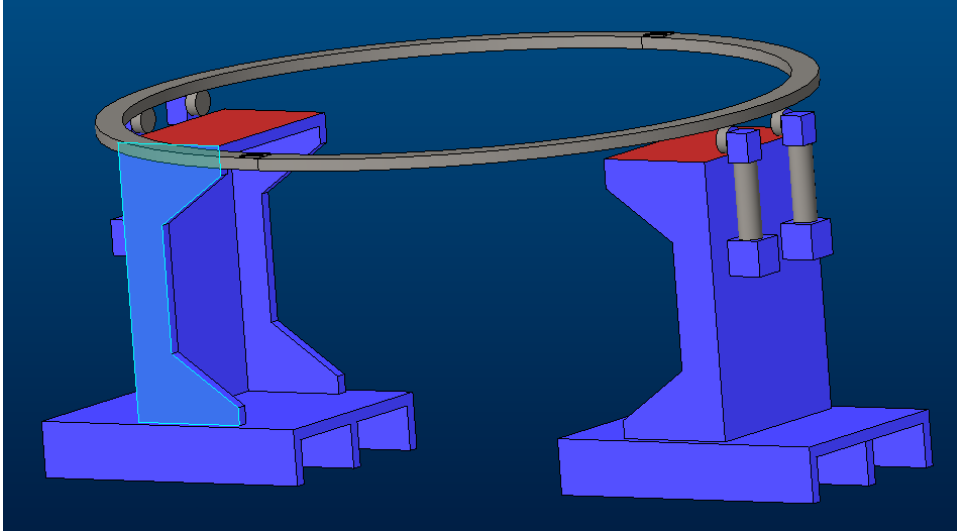
I detta koncept används vakuum för att lyfta rullpaketet. På en roterande platta fäst i lyftkranen går det ut armar som har vakuum-munstycken (se figur 7). Vakuum-munstycket placeras på innerringens övre fläns och roterar därför innerringen. Då det placeras på innerringens övre fläns finns det här inte något som lyfter upp hållaren, som riskerar att halka av ytterringen. Det är oklart hur hållarens position ska fixeras.



Figur 7. Koncept 6 (egen bild)

4.4.4 Halvringslösning

Halvringslösningen är ett koncept baserat på en befintlig lösning (se figur 8). Här monteras en stål-ring på undersidan av hållaren som sedan placeras på hjul. Dessa hjul följer ringens geometri och underlättar rotationen. Stål-ringarna som testats var ej delbara till två halvringar vilket medför att det är svårt/omöjligt att montera av dem efter att rullarna är monterade på vissa lager.



Figur 8. Koncept 7 (egen bild)

4.4.5 Pelarjigg

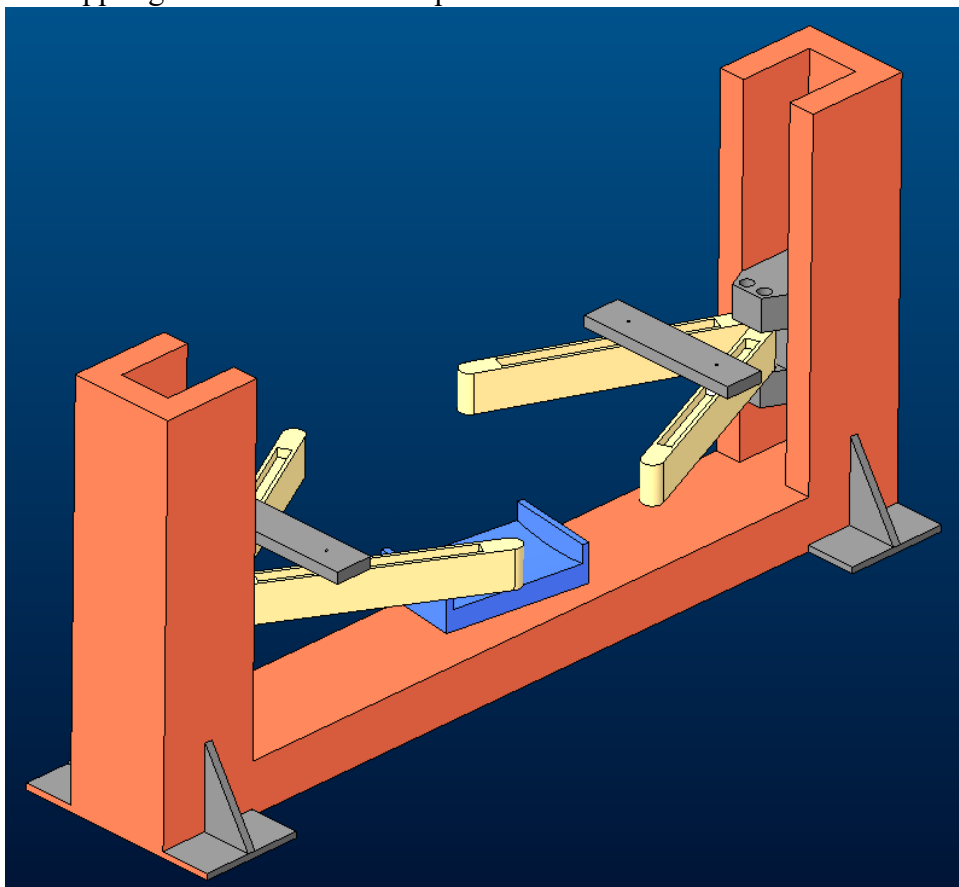
Pelarjigg är ett alternativ till teleskopsben för att möjliggöra höjdjustering. Höjdjusteringen sker med hjälp av hydraulik eller en skruv som roterar.

Ett problem med pelarna är ytan de tar upp. Eftersom pelarna har en fast höjd och är placerade mitt emot varandra så tar de upp ytan där montörer ofta står och monterar rullarna.

4.4.5.1 Pelare med armar

I detta koncept så placeras ytterringen på en roterbar plattform, innerringen placeras längst ut på armarna (se figur 9) och hållaren positioneras med hjälp av en platta som löper på armarna. Det är med hjälp av ytterringen som rotationen mellan hållare och innerring ska ske. Här kommer rullpaketet att sänkas ner så att ytterrigen låser fast hållaren och sedan roterar plattformen yttering och hållare.

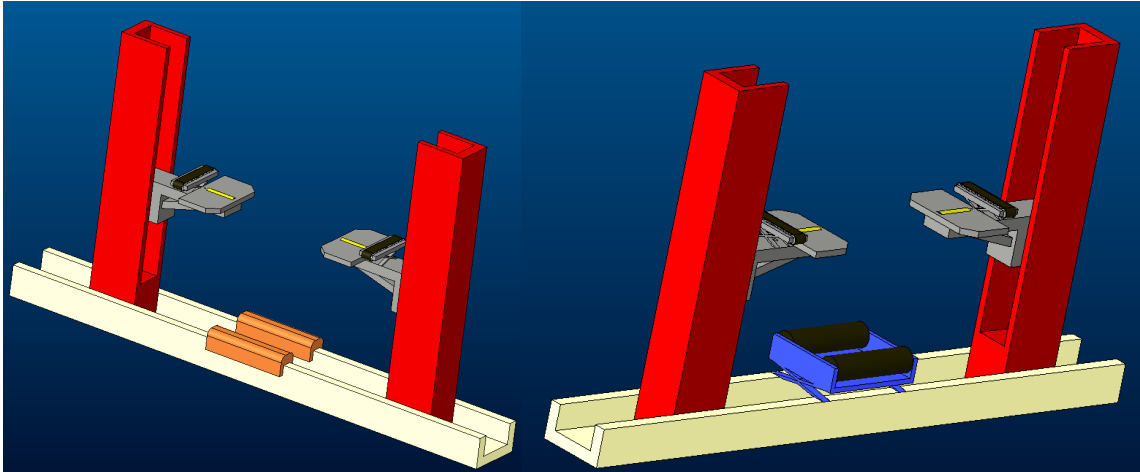
Här kommer kopplingen mellan armar och pelare vara kritisk.



Figur 9. Koncept 8 (egen bild)

4.4.5.2 Pelarjigg med rullband, YR stel/på rullverk

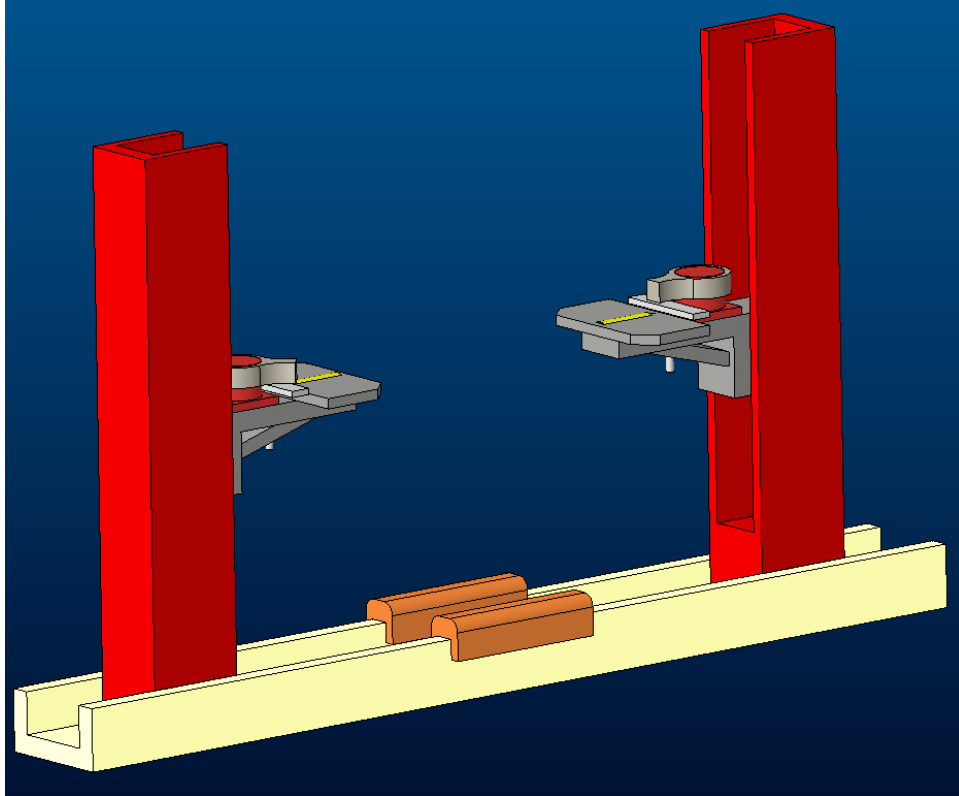
I detta koncept placeras ytterrigen stelt på plattform i mitten. Innerringen placeras på ett rullband och hållaren placeras på ett rullband. Nu måste pelarna kunna öka/minska avståndet till varandra och behöver därför löpa längs en skena (se den ljusa skenan i figur 10). Vid montering av rullrad 1 kommer hållarens rullband att rotera hållaren och rullöppningen kommer att vara på en fast position. Vid montering av rullrad 2 kommer innerringens rullband att rotera innerringen.



Figur 10. Koncept 9 med respektive utan rullverk (egen bild)

4.4.5.3 Pelarjigg med “kugghjul”, YR stel

Figur 11 beskriver konceptet och ytterringen placeras stelt på jiggarnas plattform. Innerringen placeras stelt på en plan yta och hållaren positioneras med hjälp av en saxlyft. Saxlyften lyfter även upp ett “kugghjul” vars geometri är utformad på ett sätt som passar både mot rullar och hållarstolpar. För att rotera hållaren i rullrad 1 så går “kugghjulet” emot hållarstolparna och förflyttar hållaren ett avstånd som motsvarar en rullficka.

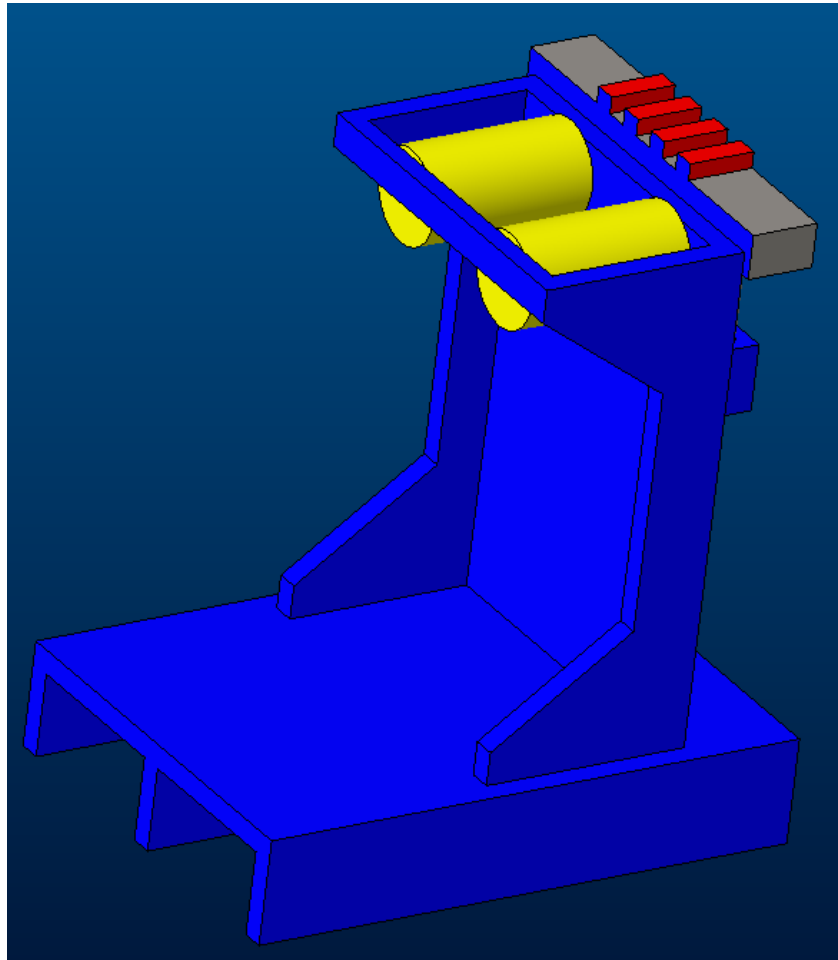


Figur 11. Koncept 10 (egen bild)

4.4.6 Jigg med rullband mot IR, HÅ fixerad

Ytterreringen hänger i detta koncept i travers. Innerringen kommer att placeras på ett rullband där rotationen kommer att ske. Hållaren positioneras av ett höj/sänkbart metallblock som har möjligheten att både låsa fast hållaren (se de röda klossarna på metallblocket i figur 12) men även låta hållaren rotera med innerringen. Detta för att möjliggöra att rullöppningen alltid står på samma position när en rulle monterats.

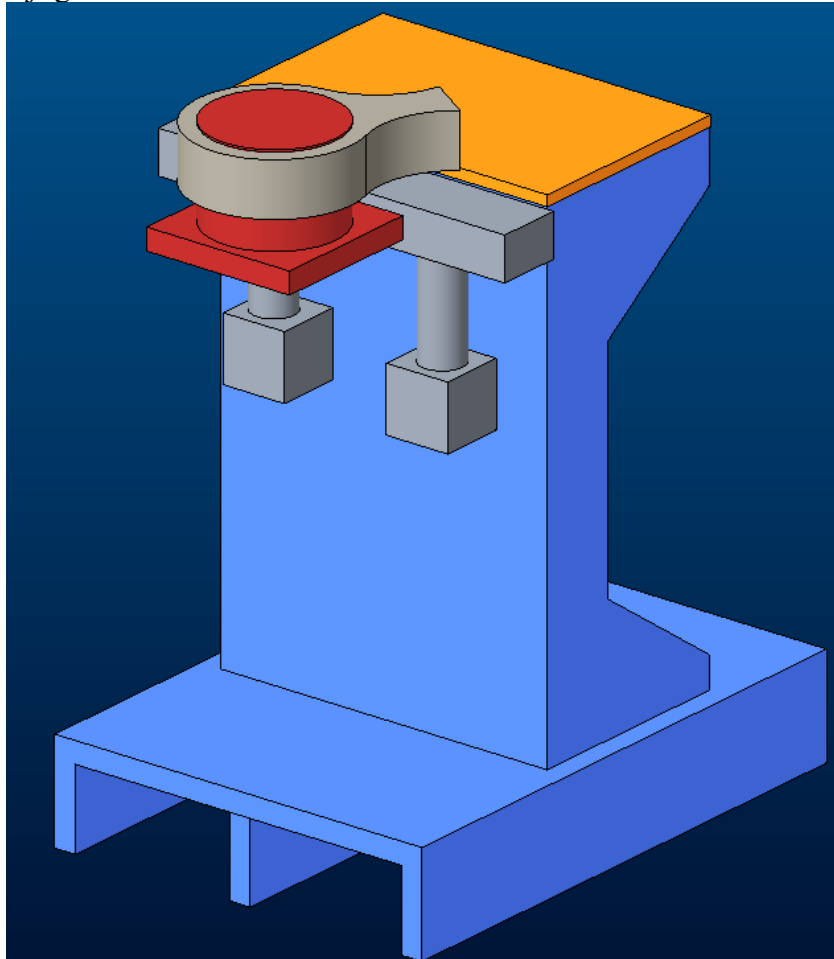
När en rulle har monterats via rullöppningen så låser metallblocket inte fast hållaren och innerringen/hållaren kan då roteras det avstånd som motsvarar en rullficka. Sedan låser metallblocket fast hållaren så att den inte följer med när innerringen roterar tillbaka. Nu har hållaren roterats en rullficka men rullöppningen är på samma ställe som den var när den första rullen monterades.



Figur 12. Koncept 11 (egen bild)

4.4.7 Jigg med “kugghjul”

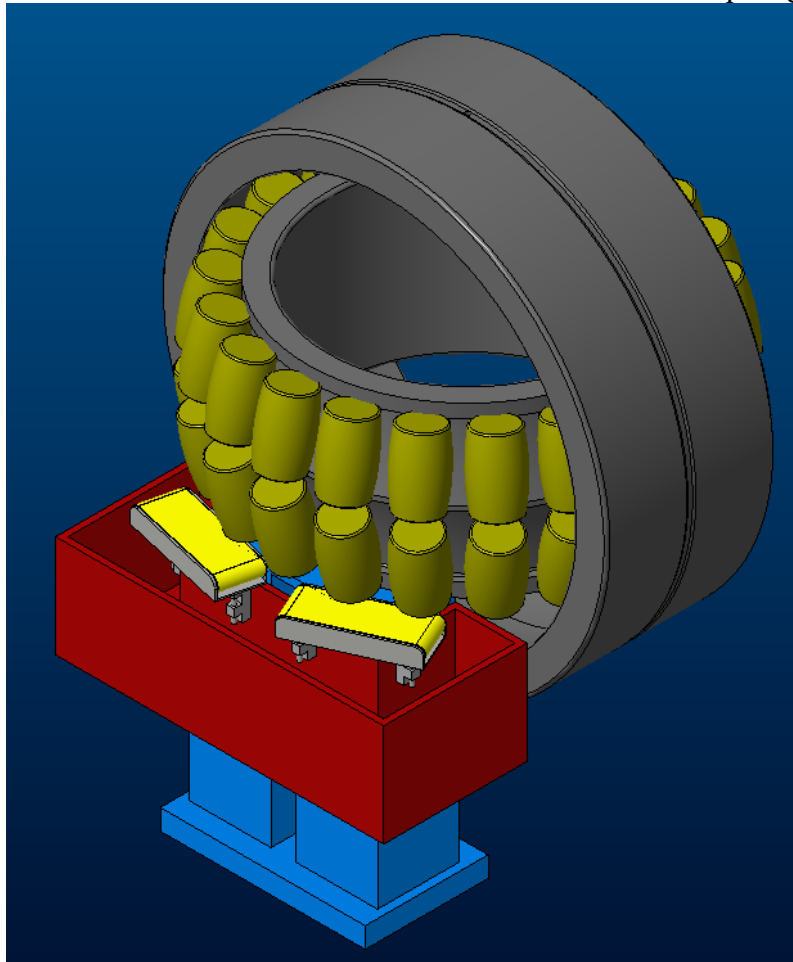
Detta koncept har en plan yta för innerring att placeras på (se det orangea i figur 13). Konceptet har även ett metallblock för att justera hållarens position med ett tillägg i form av ett motoriserat “kugghjul”. Detta “kugghjul” har en geometri som motsvarar en godtycklig rulle. Syftet med “kugghjulet” är att det inte ska vara friktionsberoende utan att geometrin ska kunna utföra rotationen av hållare. Osäkerhet råder kring hur geometrin skall se ut men bedöms som möjlig.



Figur 13. Koncept 12 (egen bild)

4.4.8 Jigg med rullband för HÅ

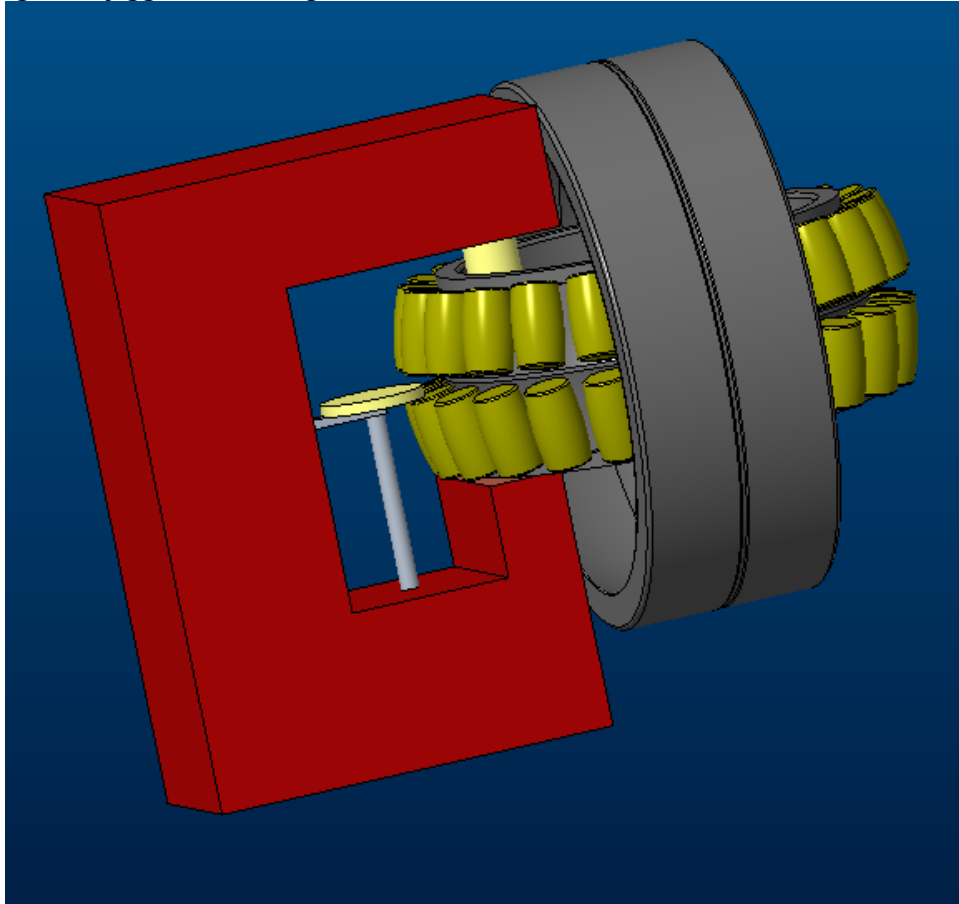
Innerringen placeras i detta koncept på jiggens plana yta. Hållaren kommer att placeras på rullband som är höj/sänkbara gentemot jiggens plana yta. Rullbanden har möjlighet att ställas i olika vinklar, detta sker med hjälp av det röda höljet i figur 14 och sker för att matcha olika diametrar. Rullbanden är tänkt att kunna rotera både rullar och hållarstolpars geometri.



Figur 14. Koncept 13 (egen bild)

4.4.9 Jigg med radiell rotation av HÅ & IR

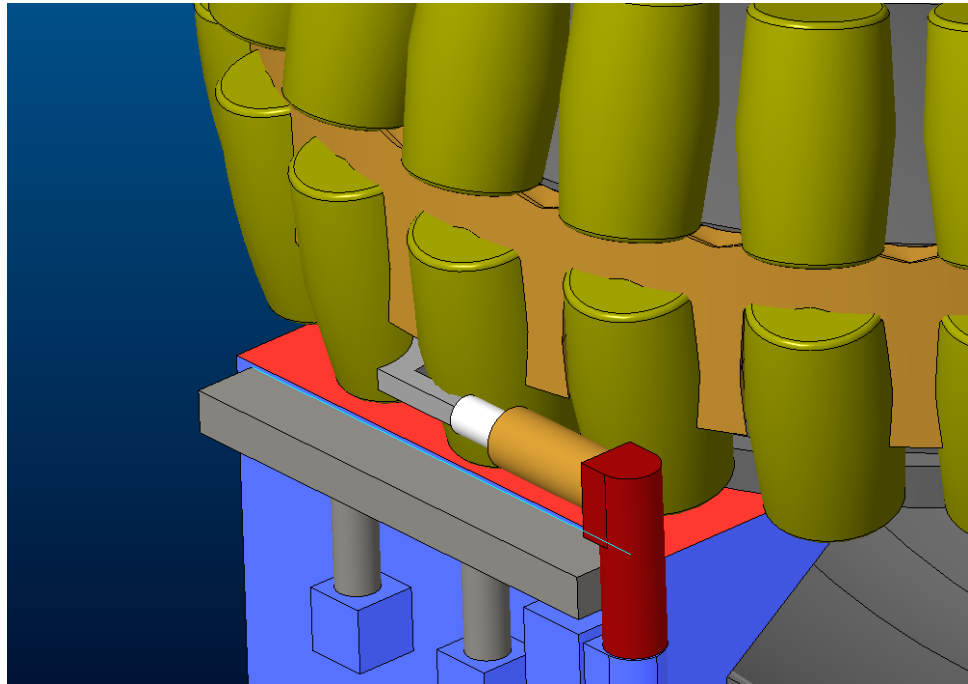
I detta koncept placeras innerringen på en plan yta. Hållaren greppas tag med hjälp av friktion och positioneras med hjälp av en skiva utformad av en godtycklig diameter. Innerringen roteras med hjälp av en roterande skiva som trycker mot insidan av innerringen. Utformningen av jiggen visas i figur 15.



Figur 15. Koncept 14 (egen bild)

4.4.10 Arm-kolv

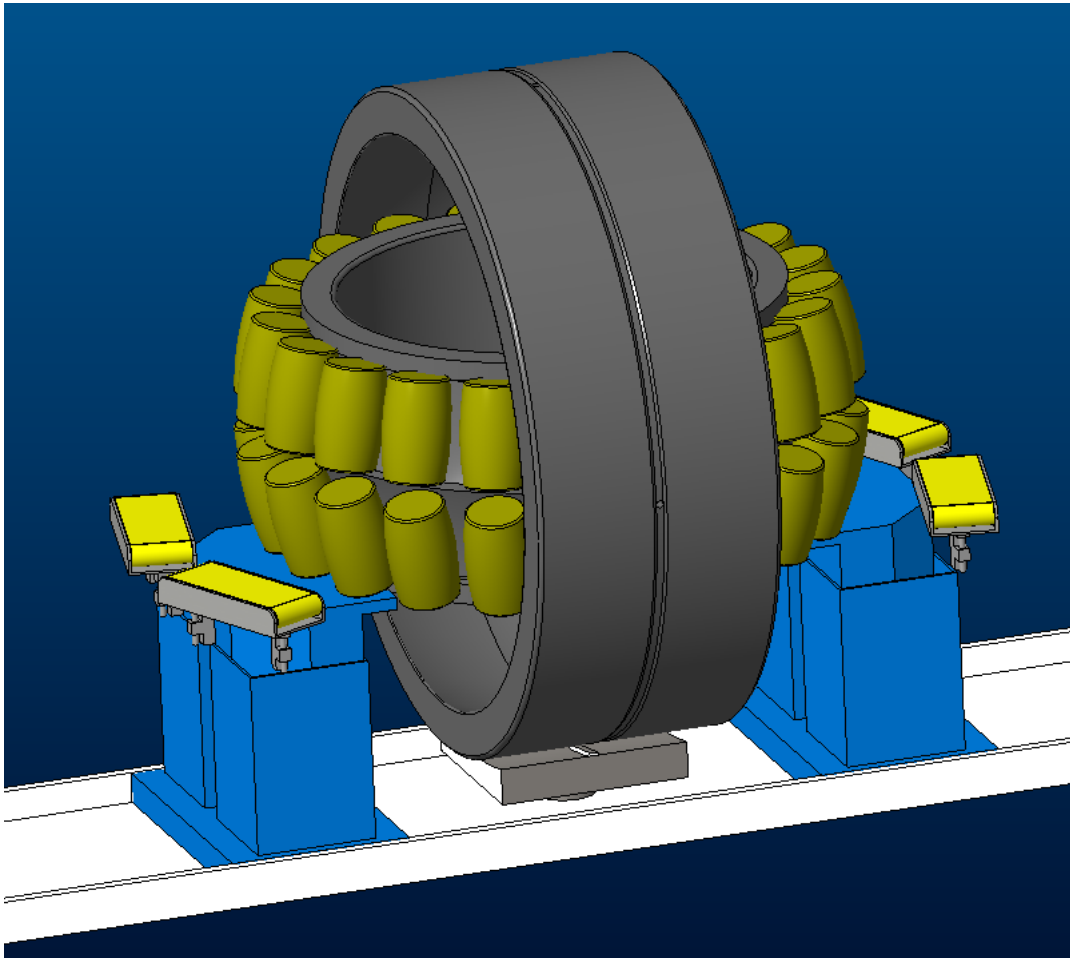
Konceptet med arm-kolv utgår samma jigg som koncept 13 där innerringen placeras på en plan yta och hållaren placeras på ett metallblock. Här är tanken att en hydraulisk kolv ska greppa tag i hållarstolparna/rullarna och trycka fram hållaren och på så sätt utföra rotationen (se figur 16). Verktuget som fångar hållarstolpe/rulle är konstruerat som ett fjäderbelastat gångjärn vilket innebär att när kolven går tillbaka från ut-läge, viker sig den delen som fångar rulle/stolpe. Detta medför att rotationen av hållare endast går åt ett håll.



Figur 16. Koncept 15 (egen bild)

4.4.11 Rullband med snurrplatta

Ett koncept som inte fanns med i den morfologiska matrisen utan som skapades efter en diskussion tillsammans med en ingenjör på företaget. Konceptet har 2 teleskopsben som bäryta vilket medger justerbarhet i höjddled, förankrade med två vridbara rullband. Rullbanden roterar hållaren genom att hållarstolpar placeras på rullbandets rullande yta och således medger rotation av hållare. När rullrad 2 ska monteras sänker man istället ned jiggarna så att hållaren nyper i ytterringen, därefter roteras ytterrigen med hjälp av en snurrande platta som ytterrigen är placerad på. Detta innebär att hållaren som nu är förankrad i ytterrigen roteras tillsammans med ytterrigen likt koncept 1.



Figur 17. Koncept 16 (egen bild)

5 Analys och utvärdering av alternativa koncept

5.1 Elimineringssmatris

Elimineringssmatrisen resulterad i att 4 koncept eliminerades och således togs bort från konceptkatalogens fortsättning. I matrisen finns även tankar och problem kring varje koncept. Det uppstod en del frågetecken för vissa koncept på grund av den enklare konceptbeskrivningen från konceptkatalogen. Dessa frågor och problem bedömdes dock inte förhindra de koncept i sådan utsträckning att konceptet inte uppfyller kraven, alternativt som små problem som går att konstruera bort. Elimineringssmatrisen visas i tabell 5.

Tabell 5. Elimineringssmatris

Behåll?	Koncept	Stödjare hållare separat från IR	Underlättat rotation	Bärighet över 2500KG	Justerbarhet mellan 670-1200	Klara av Fabriksmiljö	Livslängd >10000	Storlek 8x4m	Maxlast för golv höjd 70cm	Inte skada lagerytor	Realiserbar	Tillräcklig information	Problem/tankar
2	Kanske YR-plattform	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Behöver utfyllnadsmaterial
3	Kanske Rad hjul på bock	+	+	+	+	+	+	+	+	+	?	?	Risik för skada av hållare då mycket tryck krävs
4	Kanske pelare med armar	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	?	Utforska rotationsmöjlighet, utforska höjdräv
5	nej Helikopterplatta	-	+	?	+	+	+	-	+	+	-	-	Geometrin tillåter inte att något bärs av en kran
6	nej Lyftanordning under	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	Geometrin tillåter inte att något bärs av en kran
7	nej Vakuumlyft	-	+	?	+	+	+	+	+	+	-	-	Geometrin tillåter inte att något bärs av en kran, tveksam funktion
8	JA Halvringslösning	+	+	+	?	+	+	+	+	+	+	+	Kommer behöva flera storlekar av ringar
9	JA pelarbock med rullband	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
10	Kanske Pelarbock med kugghjul	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	?	Oklart var kugghjul ska placeras samt geometri på kugghjulet
11	JA Bock med rullband mot	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
12	Kanske Bock med kugghjul	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	?	
13	Kanske Bock med rullband för h	+	+	?	+	+	+	+	+	+	+	?	oklart var kugghjul ska placeras samt geometri på kugghjulet
14	nej G-Bock	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	klaras rullbandet hållarens/rullarnas geometri?
15	JA Armkolv	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Beroende av friktion, oklar höjjustering
16	JA teleskops Bock med rull	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	Placering oklar

5.2 Pughmatris

Pughmatrisen utfördes 3 gånger med olika koncept som referens, se tabell 6, 7 och 8.

Tabell 6. Pughmatris iteration 1

Chalmers Pughmatris (viktad relativ beslutsmatris) för konceptutveckling av monteringsbock för SKF													
Utfördare: Rasmus och Anton													
Kriterier	Viktning	K O N C E P T											
		YR-plattform	Rad-hjul på bock	Pelare med armar	Halvring	Pelarbock med rullband	Pelarbock med kugghjul	Bock med rullband mot IR	bock med kugghjul	bock med rullband för hållare	armkolv	bock med rullband + plattform	
10	Tillåter riggning	5	0	0	R	-	0	0	0	0	0	0	0
11	Bärighet	4	+	+	E	+	0	0	+	+	+	+	+
12	Justerbarhet(diameter)	4	0	0	F	-	0	0	-	0	0	0	0
13	Kraft från montör	5	0	-	E	-	0	0	0	0	0	0	0
14	Livslängd	2	0	0	R	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Storlek	4	0	+	E	+	0	0	+	+	+	+	+
16	Ergonomi höjd	5	-	-	N	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Automatiserbar	4	0	0	S	-	0	0	0	0	0	0	0
18	Σ+		1	2	0	2	0	0	2	2	2	2	2
19	Σ 0		6	4	0	2	8	7	6	5	6	6	6
20	Σ -		1	2	0	4	0	1	0	1	0	0	0
21	Nettovärde		-1	-6	0	-14	0	-4	8	4	8	8	8
22	Rangordning		8	10	0	11	7	9	1	6	1	1	1
23	Beslut		eliminera	eliminera	0	eliminera	behåll	behåll	behåll	behåll	behåll	behåll	behåll

Efter en första iteration av Pughmatris (viktad), bedömdes 3 koncept som otillräckliga och dessa koncept elimineras och ingår därför inte i nästa iteration av Pughmatris, detta för att spara tid.

Tabell 7. Pughmatrix iteration 2

Chalmers Pughmatrix (viktad relativ beslutsmatrix) för konceptutveckling av monteringsbock för SKF									
Utfärdare: Rasmus och Anton									
Kriterier	Viktning	K O N C E P T							
		Pelare med armar	Pelarbock med rullband	Pelarbock med kuggjul	Bock med rullband mot IR	bock med kuggjul	bock med rullband för hållare	bock med rullband + plattform	armkolv
tillåter riggning	5	0	0	0	R	0	0	0	0
Bärighet	4	-	-	-	E	0	0	0	0
Justerbarhet(diamet)	4	0	0	0	F	-	0	0	0
Kraft från montör	5	0	0	0	E	0	0	0	0
Livslängd	2	0	0	0	R	0	0	0	0
Storlek	4	-	-	-	E	0	0	0	0
Ergonomi höjd	5	0	0	0	N	0	0	0	0
Automatiserbart	4	0	0	0	S	0	0	0	0
Σ+		0	0	0	0	0	0	0	0
Σ 0		6	6	6	0	7	8	8	8
Σ -		2	2	2	0	1	0	0	0
Nettovärde		-8	-8	-8	0	-4	0	0	0
Rangordning		3			0	2	1	1	1
Beslut		Eliminera	Eliminera	Eliminera	0	Behåll	Behåll	Behåll	Behåll

Även efter en andra iteration av Pughmatrix elimineras 3 koncept. Dessa 3 koncept är väldigt lika varandra och så ledes delar svagheter. Pelarna bedöms som för stora för att vara praktiska och kan komma att vara i vägen för montörerna när de ska föra rullar mot rullficka. Pelarna har dessutom lägre bärighet på grund av den hävarm som uppstår i och med konstruktionens utförande.

Tabell 8. Pughmatrix iteration 3

Chalmers Pughmatrix (viktad relativ beslutsmatrix) för konceptutveckling av monteringsbock för SKF						
Utfärdare: Rasmus och Anton						
Kriterier	Viktning	K O N C E P T				armkolv
		Bock med rullband mot IR	bock med kuggjul	bock med rullband för hållare	bock rull band+plattform	
tillåter riggning	5	0	0	0	R	0
Bärighet	4	0	0	0	E	0
Justerbarhet(diamet)	4	0	0	0	F	0
Kraft från montör	5	0	0	0	E	0
Livslängd	2	0	0	0	R	0
Storlek	4	0	0	0	E	0
Ergonomi höjd	5	0	0	0	N	0
Automatiserbart	4	0	0	0	S	0
Σ+		0	0	0	0	0
Σ 0		8	8	8	0	8
Σ -		0	0	0	0	0
Nettovärde		0	0	0	0	0
Rangordning						
Beslut						

En tredje iteration av Pughmatrix resulterar i ingenting då de kvarvarande koncepten har samma grundutförande och således liknande egenskaper. Det som skiljer de åt är hur kraften till hållare ska överföras. Här bedöms underlaget för att kunna ta ett beslut för lågt vilket resulterar i att alla koncept får samma poäng. För att kunna ta detta vidare anordnades ett diskussionsmöte med en fokusgrupp med representanter från montör, underhållsingenjör, chef och säkerhetombud.

5.3 Kesselringmatris

Efter ett möte med fokusgruppen beslutades det att varje representant ska fylla i ett Kesselringmatris-inspirerat frågeformulär med frågor utformade efter respektives roll om de kvarvarande koncept. Detta då det bedömdes som för svårt och tidskrävande att utvärdera varje koncept enligt Kesselringmetoden. Högre siffra i frågeformulär (tabell 9,10, 11 och 12) är alltid bättre.

Tabell 9. Frågeformulär ingenjör

Roll: Ingejör (2 svar)	Koncept				
	Bock med rullband mot IR	bock med kuggjul	bock med rullband för hållare	bock rull band+plattform	armkolv
Realiserbarhet	3	1	4	3	3
Prestanda	2	1	4	4	3
Framtidsäkerhet	4	2	1	4	4
Underhåll	3	2	3	3	3
Summa	12	6	12	14	13

Förtydligande av frågeformulär och formulering.

- Realiserbarhet – Går koncept med funktion att konstruera som beskrivet.
- Prestanda – Koncept med funktions nytta.
- Framidssäkerhet – Går det att vidareutveckla, finns det möjlighet för automation.
- Underhåll – Ett koncepts behov av planerat underhåll samt reservdelar.

Tabell 10. Frågeformulär Chef

Roll: Chef (1 svar)	Koncept				
	Bock med rullband mot IR	bock med kuggjul	bock med rullband för hållare	bock rull band+plattform	armkolv
Ekonomiskt	3	1	3	3	2
Produktivt	3	5	4	4	4
Framtidsäkerhet	4	2	1	4	4
Personalbehov	3	3	3	3	3
Summa	13	11	11	14	13

Förtydligande av frågeformulär och formulering.

- Ekonomiskt – Är konstruktionen och tillverkningskostnad ekonomiskt försvarbar.
- Produktion – Kan ett koncept resultera i ökad produktion, cykeltid mm.
- Framtidssäkerhet – Finns det möjlighet för automation.
- Personalbehov – Skulle ett koncept kunna minska personalbehov eller omkostnader.

Tabell 11. Frågeformulär Säkerhetsombud

Roll: Säkerhetsombud (1 svar)	Koncept				
	Bock med rullband mot IR	bock med kuggjul	bock med rullband för hållare	bock rull band+plattform	armkolv
Ergonomi	4	4	4	4	4
Klämrisk	5	1	4	4	2
Bullernivå	5	3	4	4	2
Avspärrningsbehov	4	4	4	4	4
Summa	18	12	16	16	12

Förtydligande av frågeformulär och formulering.

- Ergonomi – Finns det några riskmoment sätt från ett ergonomiskt perspektiv.
- Klämrisk – Finns det några moment som innefattar klämrisk.
- Bullernivå – Finns det risk för att ett koncept påverkar bullernivån.
- Avspärrningsbehov – Finns det något behov av att spärra av eller användning av skydd.

Tabell 12. Frågeformulär Montör

Roll: Montör (1 svar)	Koncept				
	Bock med rullband mot IR	bock med kuggjul	bock med rullband för hållare	bock rull band+plattform	armkolv
Ergonomi	4	4	4	4	4
Komplexitet	2	1	3	3	4
Produktivitet	3	4	4	3	4
Arbetsmoment	3	1	2	2	4
Summa	12	10	13	12	16

Förtydligande av frågeformulär och formulering.

- Ergonomi – Behov av kraft från montör.
- Komplexitet – Försvårar konceptet monteringsprocessen och bedömning utifrån behov av upplärningstid.
- Kan produktiviteten tänkas öka så att fler lager monteras.
- Antal arbetsmoment inkluderat inställning av koncept till ny typ.

Poängen från varje representant summerades för att färdigställa beslutsunderlag för val av koncept inför detaljkonstruering. I tabell 13 visas det att jigg med rullband + plattform (koncept 16, figur 17) är det vinnande konceptet.

Tabell 13. Summering av frågeformulär

TOTAL SUMMA	Koncept				
	Bock med rullband mot IR	bock med kuggjul	bock med rullband för hållare	bock rull band+plattform	armkolv
Summa koncept	55	39	52	56	54

5.4 Beskrivning av det resulterande konceptet

I detta stycke kommer konceptet "jigg med rullband + plattform" och dess delar beskrivas. Även tankegång på hur problemen med delarna skulle kunna lösas under vidareutvecklingen.

5.4.1 Jiggens höjjustering

Ytan som innerringen är tänkt att placeras på är höj/sänkbar med hjälp av antingen en roterande skruv på insidan av jiggen eller hydraulik. Skruv kommer möjliggöra en rotation av den övre delen av jiggen som behöver motverkas. Detta kan motverkas med hjälp av en kvadratisk profil hos den undre och den övre delen av jiggen. Om det i vidareutvecklingen väljs att vara en hydraulkolv kommer detta ta upp en stor yta på grund av pumpar och reservoarer. Jiggen behöver ta upp vikt från det tyngsta lagret företaget tillverkar. Beroende på vart innerring placeras på basytan kan böj-moment uppkomma.

5.4.2 Jiggens diameterjustering

Jiggarna kommer även att vara justerbara i sidled. Detta för att kunna möjliggöra montering av alla de lager som monteringskanalen monterar. Detta kommer kunna lösas på ett flertal sätt. Ett av sätten att lösa detta på är att ha skenor som jiggarna kan löpa på, om detta sätt väljs så kommer ett stopp behövas. Det skulle även kunna lösas med hjälp av linje-motorer som knuffar jiggarna till rätt läge. Ett tredje sätt är att montera hjul på jiggarna. Jiggarna kan då löpa längs en väg med kant och ha en broms för att säkerställa att jiggarna inte kan skjutas iväg oavsiktligt.

5.4.3 Plattformen

Den delen där ytterringen placeras på kallas plattform. Plattformens geometri kommer vara beroende av jiggens minsta höjd samt ytterringsens bred och diameter. Plattformen kommer behöva ta upp vikten av yttering, hållare och alla rullar. Det är även denna massa som plattformen kommer behöva rotera. Om plattformen är för bred riskerar den att krocka med jiggarna vid rotation. Den skulle även behöva utföra rotationen med en relativt hög noggrannhet för att monteringen ska kunna ske smidigt.

5.4.4 Rullband

Rullbanden är de som kommer positionera hållaren och överföra rotationen vid monteringen av rullrad 1. För att positionera hållaren korrekt behöver rullbanden vara höjjusterbara gentemot ytan där innerringen placeras. Detta innebär att denna höjjustering behöver vara placerad på jiggens övre del. Rullbanden behöver kunna klara av vikten av hållare och en rullrad. Denna vikt kommer att vara för hög för ett rullband av t.ex. gummi. Detta innebär att en annan typ av rullband behövs undersökas. Höjjusteringen dimensioneras efter det lager som har störst avstånd från basytan till hållarstolpen. Rullbandens längd kommer behöva dimensioneras efter det minsta lagret monteringskanalen monterar då det är vid små lager det råder störst platsbrist.

6 Vidareutveckling av det resulterande konceptet

6.1 Beräkning och dimensionering av kritiska maskinelement

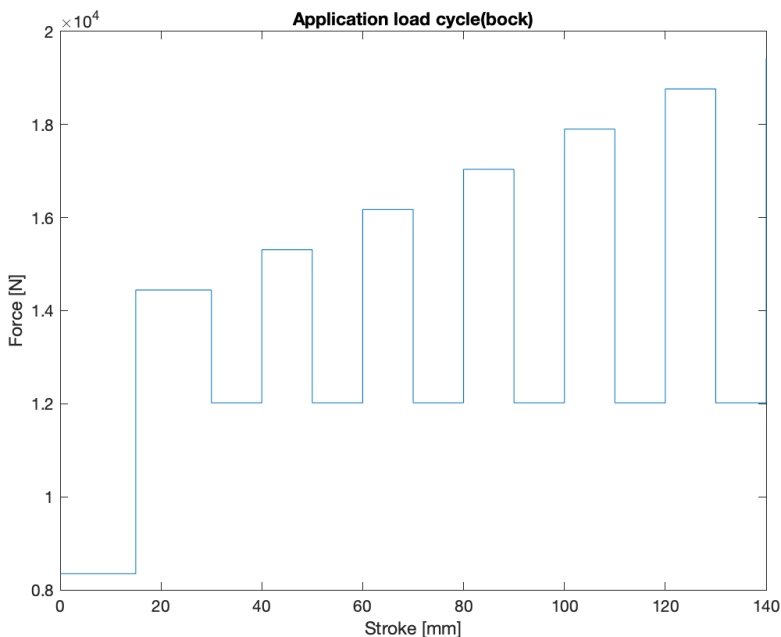
Här redovisas beräkningar och underlag för dimensionering av kritiska maskinelement för konstruktionen. För att dimensionerna för största möjliga belastning används ett referenslager med total massa 10 ton och rullare+hållare på 2,5 ton.

6.1.1 Rullskruv

Rullskruv är ett maskinelement som används som drivmekanism för linjära rörelser och är vanligt i elektromekaniska sammanhang. När en rullskruv ska dimensioneras används Ewellix (f.d SKF Linear motion) formler som finns i kapitlet "Calculation formulae" i katalogen "Roller Screw Catalogue" (Ewellix, 2021)

$$\text{Motsvarande medelbelastning: } F_m = \left(\frac{\sum F_i^3 * l_i}{\sum l_i} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Där l_i är längd på slagsegment i och F_i^3 är belastningen under slagsegment i . F_i kan dels vara ett fast värde eller variera under en cykel.



Figur 18 Graf över cykellaster för ett specifikt lager

Ett script i MATLAB användes för att beräkna F_m för ett givet vanligt återkommande problemlager (se figur 18) samt F_m för det tyngsta lagret.

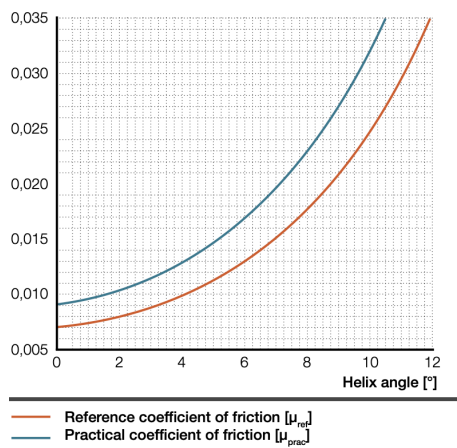
För att beräkna livslängd på skruven används $L_{10} = \left(\frac{C_a}{F_m} \right)^3$ där L_{10} är önskad livslängd.

$$\frac{\text{lager eller cykler}}{\text{dygn}} * \text{arbetsdagar i veckan} * \text{arbetsdagar per år} * \text{år} = L_{10} \text{ givet en cykel/monterat lager}$$

$$C_{a \text{ req}} = F_m * (L_{10})^{\frac{1}{3}} \approx 223.5 \text{ kN}$$

Vilket innebär att en återcirkulerande rullskruv med nominell diameter (d_0) 80mm och stigning (Ph) 4mm (SVF 80x4R/L 290x320x2) med $C_a = 325 \text{ kN}$.

Teoretisk direkt verkningsgrad



Figur 19. Graf över μ och stigningsvinkel

$$\alpha = \text{atan} \left(\frac{P_h}{d_0 \cdot \pi} \right) = 0.91^\circ$$

vilket ger $\mu_{prac} = 0.010$

$$\text{Verkningsgraden } \eta_p = \frac{1}{1 + \frac{\pi \cdot d_0}{P_h} \cdot \mu_{prac}} \approx 0.614$$

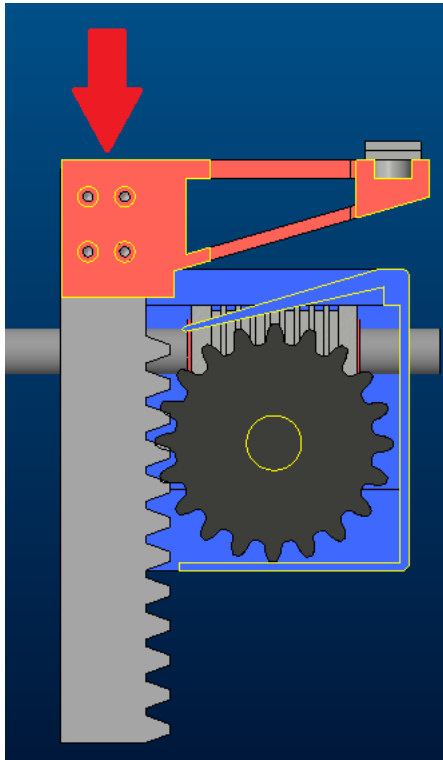
Ingående vridkraft: $T = \frac{F \cdot P_h}{2000 \cdot \pi \cdot \eta_p} = 51$ [Newtonmeter] När skruven är under maxbelastning (5 ton).

Eulers knäckfall $P_k = \pi^2 \cdot \frac{EI}{4L^4}$. Skruvens längd är totala längd är 600 mm men skruven är fast inspänd i mitten vilket innebär att $L_e = \frac{L}{2} = 300$ [mm] (Euler 2b)

$$P_k = 4.6 \cdot 10^7 > F_{max} = 50\,000$$

6.1.2 Dimensionering av transmissioner

6.1.2.1 Kuggstång till rullband



Figur 20. Kuggväxel med markerad kraft (egen bild)

Kraften F (röd pil i figur 20) motsvarar den maximala vikten på ett rullpaket fördelat på 4 ytor referenslagrets rullpaket 2500 kg fördelat på 4 rullband = 750kg). Flankpåkänning enligt Hertz' teori (Mägi, Melkersson, & Evertsson, 2018).

$$\sigma_h = \sqrt{\frac{F * E}{\pi * \frac{(1-\nu^2)}{E} * b} * \left(\frac{1}{r_{k1}} + \frac{1}{r_{k2}}\right)}$$

Där r_{k2} är kuggstångens

krökningsradie = ∞ vilket resulterar i $\sigma_h = 207 \text{ MPa}$.

Givet kugghjulets diameter på 160 mm (20 kuggar, modul 8) innebär detta att kugghjulet ska överföra ett moment på ca 280 Nm.

6.1.2.2 Kuggväxel med koniska hjul

Det finns två olika kuggväxlar med koniska hjul i konstruktionen. En i jiggan som driver rullskruven samt en i plattformen i mitten som driver dess rotation.

Kuggväxeln i jiggan ska belastas med ett moment på $\approx 52 \text{ Nm}$ vid maxbelastning, ett rimligt varvtal för jiggans höjdjustering vid maxbelastning är $150 \text{ rpm} = 10 \text{ mm s}^{-1}$. Detta resulterar i en effektöverföring på $P = M * \omega = 51 * \frac{150}{60} * 2\pi \approx 801 \text{ W}$. Vilket är förhållandevis låg effekt, något som är viktigare är däremot utväxlingen.

Utväxlingen för en konisk kuggväxel är $i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{R \sin(\delta_2)}{R * \sin(\delta_1)} = 3$ för växeln i jiggan och $i = 5.72$ för växeln i plattform

För att beräkna momentet som kugghjulet i plattformen behöver användas det moment som mätts upp på ett specifikt problemlager (se bilaga 6, RAMP-analys). För att korrigera detta till referenslagret multipliceras det med

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{m_2 r_2^2 + m_2 h_2^2}{m_1 r_1^2 + m_1 h_1^2} + \frac{m_2 r_2^2}{m_1 r_1^2} \approx 10.1$$

Det vill säga ungefär 6565 Nm. Vilket i sin tur resulterar i en effekt

$$P = M * \omega = 6565 * \frac{2\pi}{26} \approx 1587 \text{ W}$$

6.1.2.3 Nållager i plattform

Då plattform är stillastående 70% av tiden och dessutom endast roterar vid extremt låga varvtal (2–4 rpm) beräknas endast statisk belastning. Säkerhetsfaktorn beräknas enligt

$$\frac{C_0}{F_{statiskt}} = \frac{C_0}{m_{tot} \cdot g} \approx 12.5. \text{ Lagret som använts är ett SKF AXK160 200.}$$

6.1.3 Finit element analys

Finit element analys utfördes på de strukturellt viktiga delar, delar som tar upp merparten av kraften, belastningen som använts motsvara referenslagret vikt.

6.1.3.1 FEA rullskruv

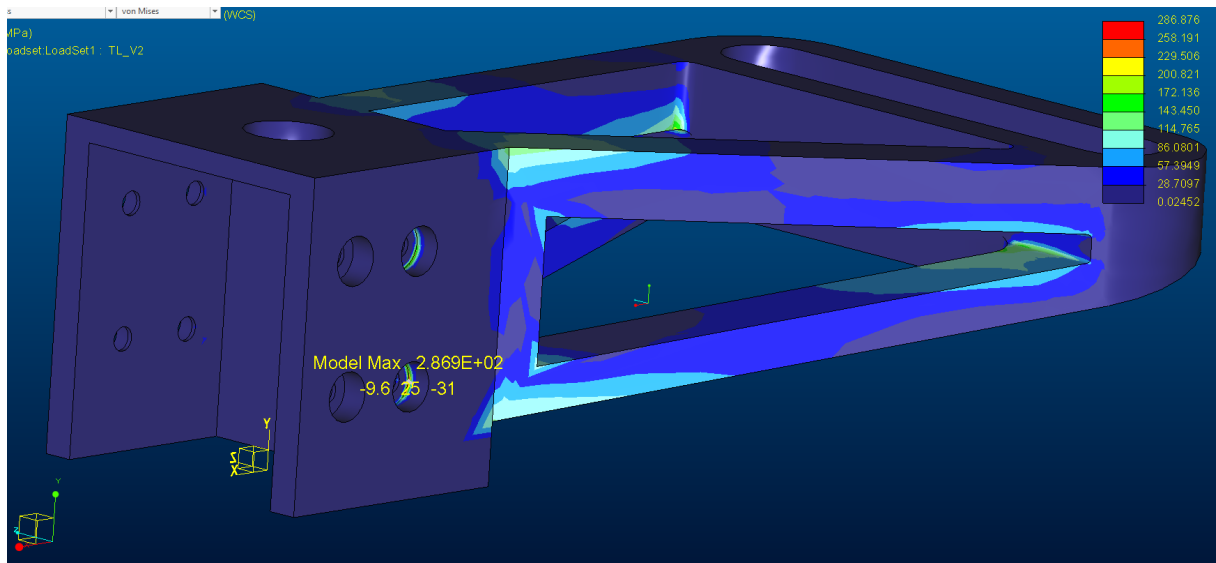
En FEA gjordes på rullskruven med tillhörande muttrar/löpare för att bekräfta resultatet från den manuella beräkningen.



Figur 21. FEA av rullskruv (egen bild)

Skruvhålen i den undre muttern fixerades medan en last på 50kN lades på den övre muttern. I figur 21 syns det att den maximala spänningen i löpare/muttrar uppgår till 114 MPa och är lokaliserade i skruvhålen, detta på grund av spänningskoncentration.

6.1.3.2 FEA del för vinkelsnedställning

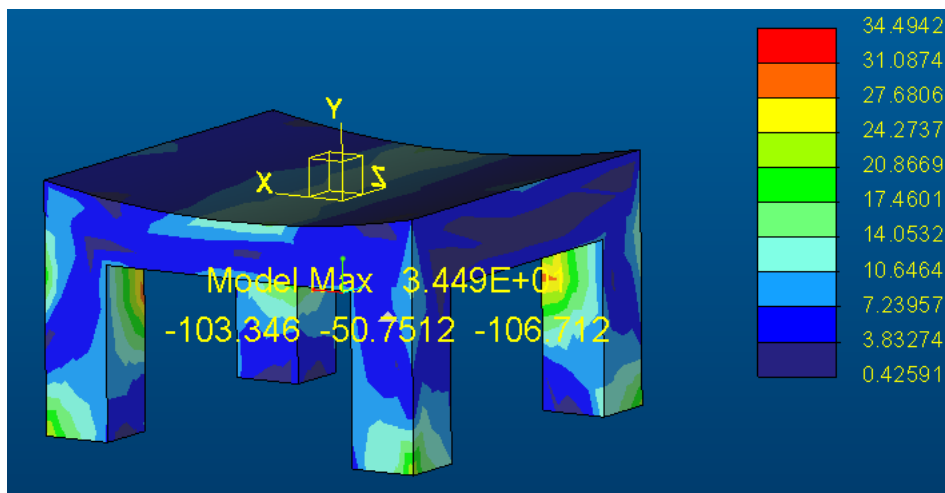


Figur 22. FEA av del för vinkelsnedställning (egen bild)

En FEA gjordes även på delen för vinkelsnedställning av rullband. I Figur 22 visas att skruvhålen fixerades och en trycklast lades på den bärande ytan motsvarande en massa på 750 kg. Maximala spänningen uppstår även här i skruvhålen för delen. Den maximala spänningen uppgår till 286.8 MPa i skruvhål och 210 MPa i den undre skarven av de övre balkarna.

6.1.3.3 FEA lageryta till plattform för yttering

En FEA gjordes på den bärande plattformen. En last motsvarande 8 ton lades på den tilltänkta bärytan medan undersidan av benen fixerades. Resultatet visas i figur 23 och blev en maximal spänning på 34.5 MPa lokaliserad i hörnet på ett av benen.



Figur 23. FEA av lagerytan (egen bild)

6.2 Slutkonstruktion

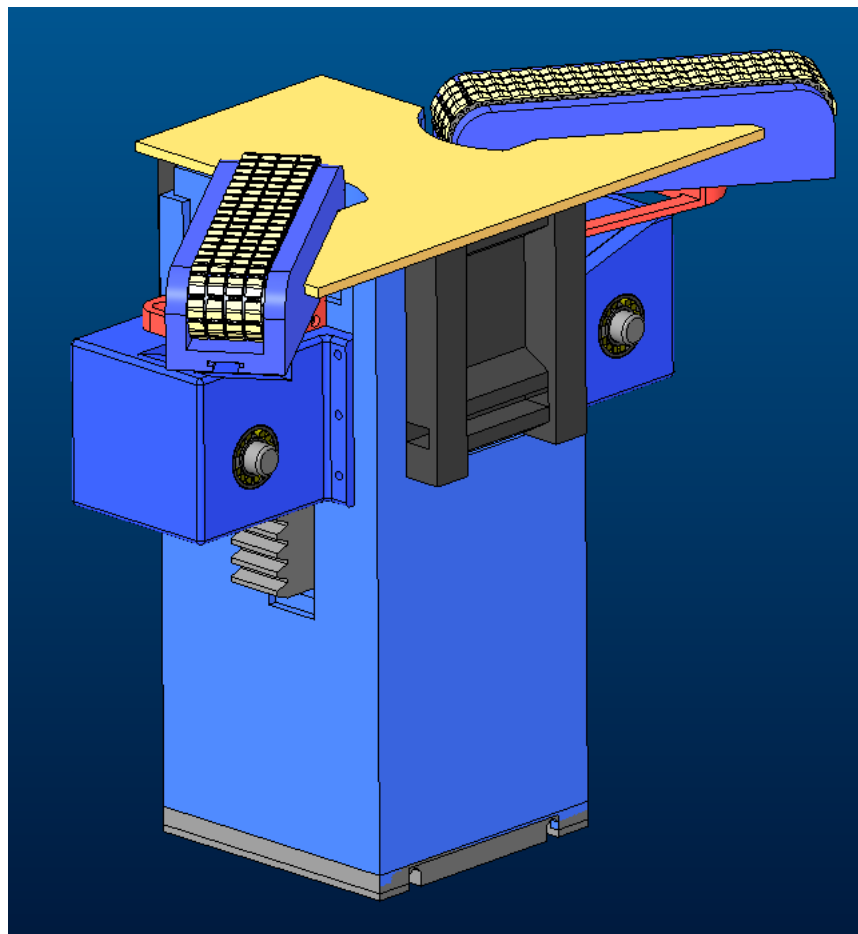
I slutkonstruktionen kommer de olika beståndsdelarna av konceptet att beskrivas. Det kommer även ges en motivering till valet av lösningen.

6.2.1 Jiggen

För att jiggen ska kunna användas vid montering av alla lager som i dagsläget monteras i kaneln måste jigghöjden kunna justeras så att det passar det minsta och det största lagret. Det kommer aldrig att vara möjligt att få en god arbetshöjd på den största ytterdiameter. Det kommer därför att tillkomma en förhöjd yta för montörer att stå på när de monterar. Jiggens höjd styrs av två lagerspecifika dimensioner samt höjden på den plattform som används för att rotera ytterrigen. Ekvationen som används för att bestämma höjden på jiggen och

$$h_{bock} = \frac{d_{ytterrings}}{2} - \frac{b_{innerring}}{2} + h_{plattform}$$

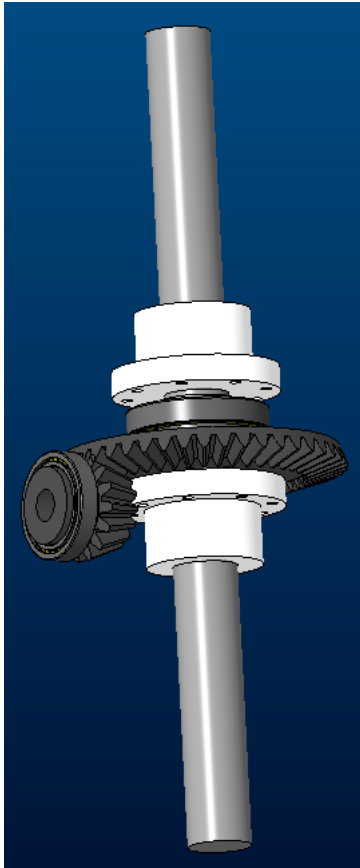
$$h_{arbete} = h_{bock} + b_{innerring}$$



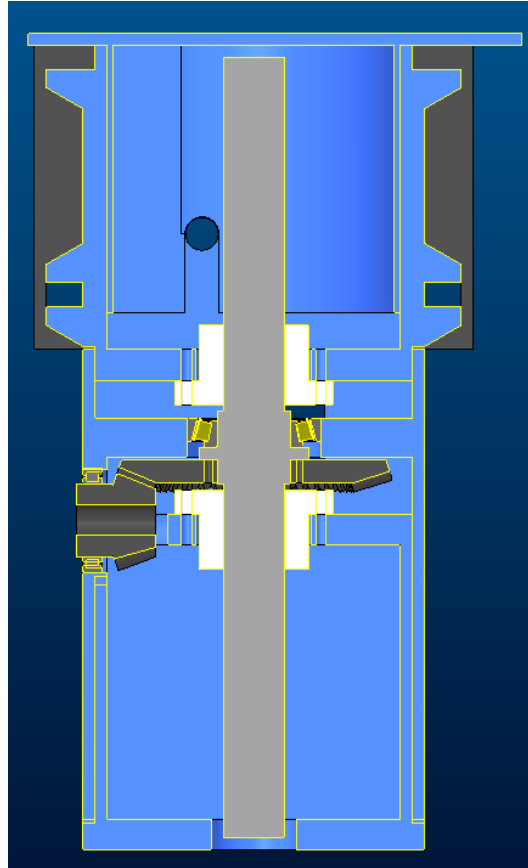
Figur 24. Bild på resulterande bock (egen bild)

6.2.1.1 Rullskruv & Löpare

Den viktigaste beståndsdel av jiggen är rullskruven. Det är med denna som höjdjusteringen uppstår. Rullskruven är gängad åt båda håll (likt en vantskruv). Längs rullskruven löper två "muttrar". Det är i dessa muttrar som det övre och undre huset är fastbultade i (se figur 26). För att rotera skruven sitter ett kronhjul fastbultat mellan de båda husen som drivs av en pinjongaxel (se figur 25).



Figur 25. bild på rullskruv, löpare och vinkelväxel



Figur 26. Bild på rullskruv + montage

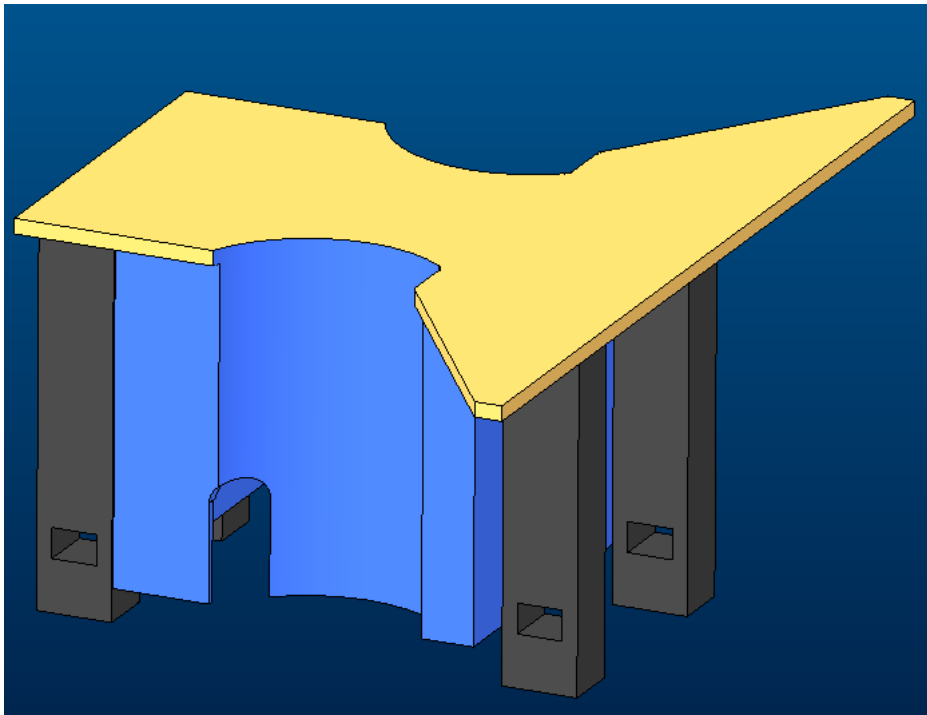
6.2.1.1.1 Motivering till val

Det valdes att inte utforska i hydrauliska system. Detta val gjordes på grund av tidsbrist då dessa system är komplexa. En annan anledning var på grund av platsbegränsningen i och på jiggen. Detta medförde att det var lämpligare att använda en rullskruv.

Om skruven endast hade varit gängad åt ett håll med samma slaglängd hade den lägsta nivån på jiggen varit högre medan den hade erhållit samma högstanivå. Detta hade i slutändan inneburit en orimligt hög lägstanivå.

6.2.1.2 Topplock

Det är på topplockets övre yta som innerringen placeras, den är därför inklätt i ett mjukare gummimaterial för att inte skada innerringen. Den övre ytan är fäst på en kvadratisk profil med 10 mm tjocka väggar. För att möjliggöra att rullbanden vinklas så har hela topplocket en genomgående utskärning. Omkring den kvadratiske profilen finns det fyra ”ben” som möjliggör ytterliga förlängning av jiggen (svarta rektanglar i figur 27). Dessa ben är monterade med ett avstånd av 15mm från den inre kvadratiske profilen för att topplocket ska kunna placeras i jiggens övre del.



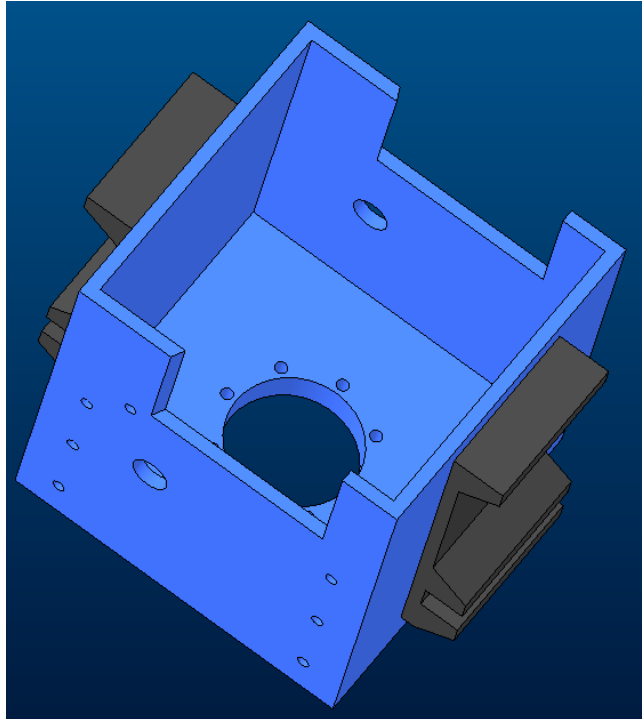
Figur 27. Bild på Topplock

6.2.1.2.1 Motivering till val

Enklast hade vart om denna del endast var en skiva monterad ovanpå det övre huset. Detta fungerar dock inte då det behövs en högre högsta höjd utan att öka den lägsta höjd hos jiggen. Ökar jiggens lägsta höjd kan man inte montera de lagren med minst diameter längre. Topplockets förlängning används endast vid montering av de allra största lagren.

6.2.1.3 Övre hus

Det övre huset är fastbultat i den övre muttern som löper längs rullskruven. Eftersom det mellersta huset låser rotationen kommer rotationen av rullskruv endast resultera i en translationsrörelse längs skruven. Det övre huset är dimensionerat till rullskruven. Det övre huset av jiggen är dimensionerat för att överföra vikten 5 ton till rullskruven. Den kommer även överföra ett visst böjmoment till rullskruven och det mellersta huset. Det finns även plats för montering av höjjusteringshuset för rullbanden samt en modul för topplockets ben som möjliggör ytterligare förlängning av jiggen (se den svarta modulen i figur 28).



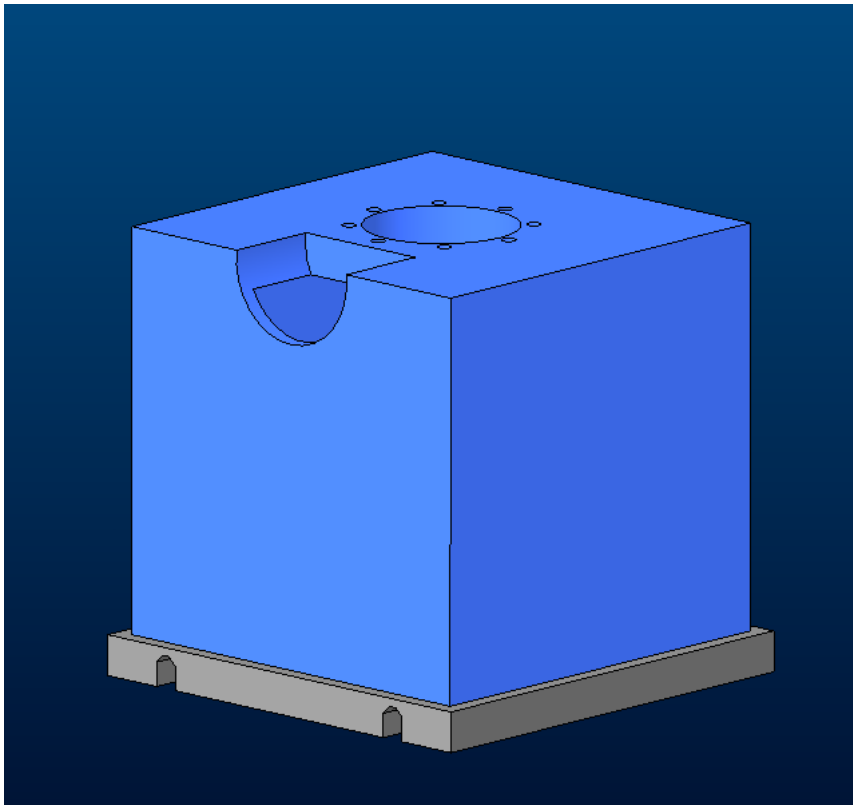
Figur 28. Bild på övre hus

6.2.1.3.1 Motivering till val

Om det övre huset inte hade haft ett kantigt tvärsnitt så hade inte geometrin kunnat låsa rotationen. Om huset istället var cirkulärt så hade rotationen alltså inte blivit låst av geometrin och hade då varit beroende av friktionen mellan löparen- och rullskruvsgängan. Om denna friktion är tillräckligt stor så kommer det övre huset att rotera med rullskruven vilket innebär att translationsrörelsen för att höja jiggen inte uppstår.

6.2.1.4 Undre hus

Det undre huset sitter förankrat i skenor, skenorna är förankrade i en platta som är förankrad i fabriksgolvet. Det är med hjälp av skenorna som jiggen kan utföra diameterjusteringen. Skenorna kommer även användas för att låsa rotationen av rullskruven till plattan i marken. Höjden på huset är dimensionerat efter rullskruven. I det undre huset bultas den undre löparen på rullskruven fast. När rullskruven roteras pressas det undre huset ned vilket resulterar i att rullskruven stiger. Det finns ett utskär i det undre huset, detta för att göra plats för den pinjong som driver rullskruvens rotation (se utskär i figur 29).



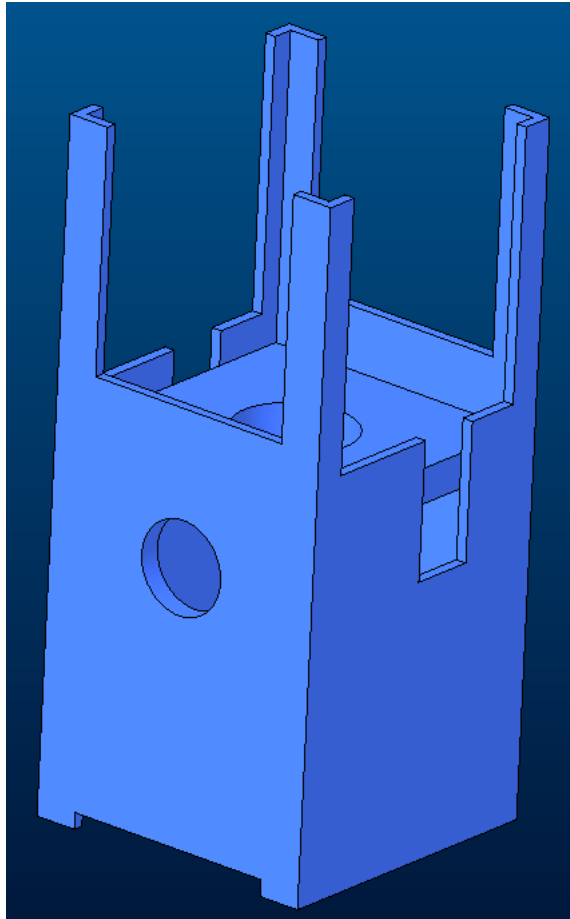
Figur 29. Bild på undre hus

6.2.1.4.1 Motivering till val

Det valdes att använda skenor då det enkelt går att bygga in dem i den undre delen av huset. Det spekulerades i att använda ställdon som skulle monterats från mitten. Det visade sig bli för trångt för önskad slaglängd.

6.2.1.5 Mellersta huset

Det mellersta huset funktioner är att minimera mängden smuts som kommer in till rullskruven och att låsa rotation från det undre huset till det övre huset så att en ren translationsrörelse uppstår. Det mellersta huset är lagrat på skruven med ett vinkelkontaktlager. Detta lager tar upp vikten av det huset mellersta.



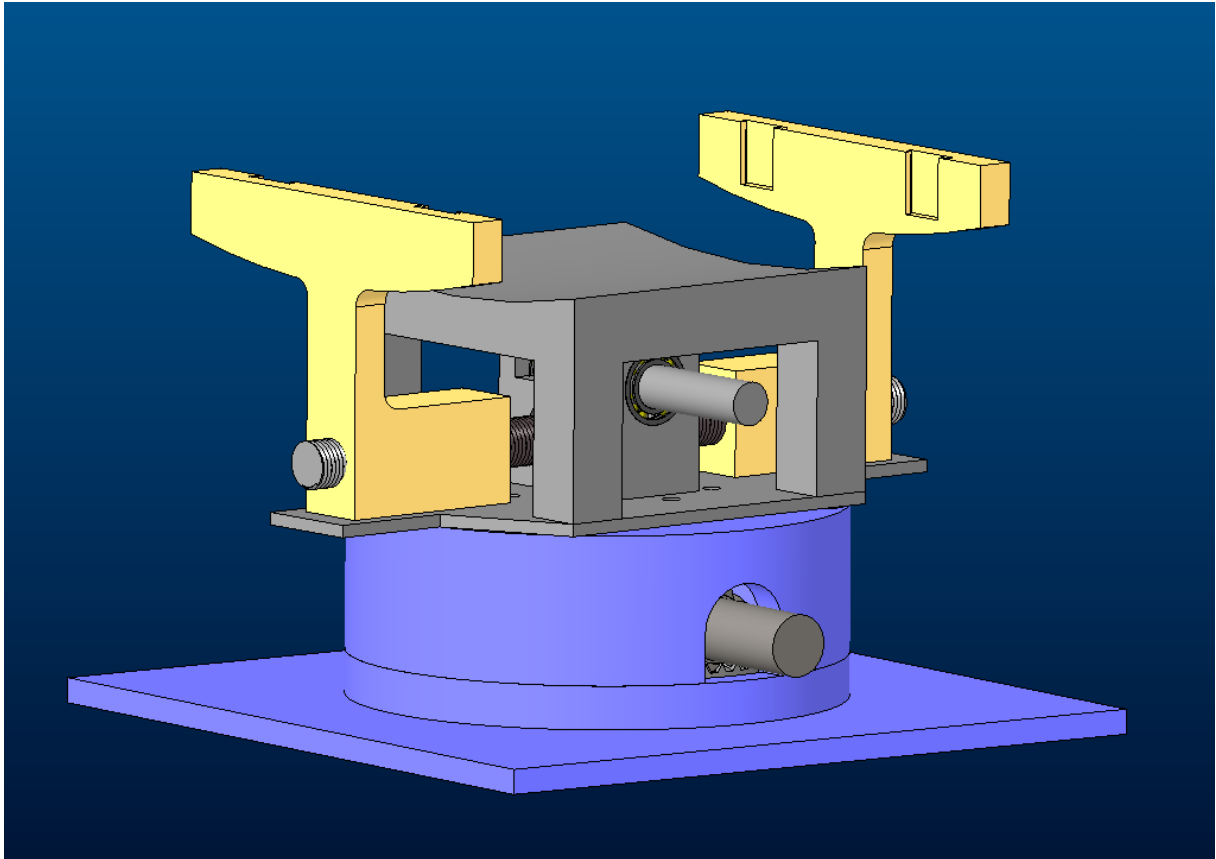
Figur 30. Bild på mellersta hus

6.2.1.5.1 Motivering till val

På grund av de funktioner som monteras på det övre huset valdes att endast ha kvar hörnen på huset (utskärningarna visas i figur 30). Detta gjordes även för att minimera vikten.

6.2.2 Plattform

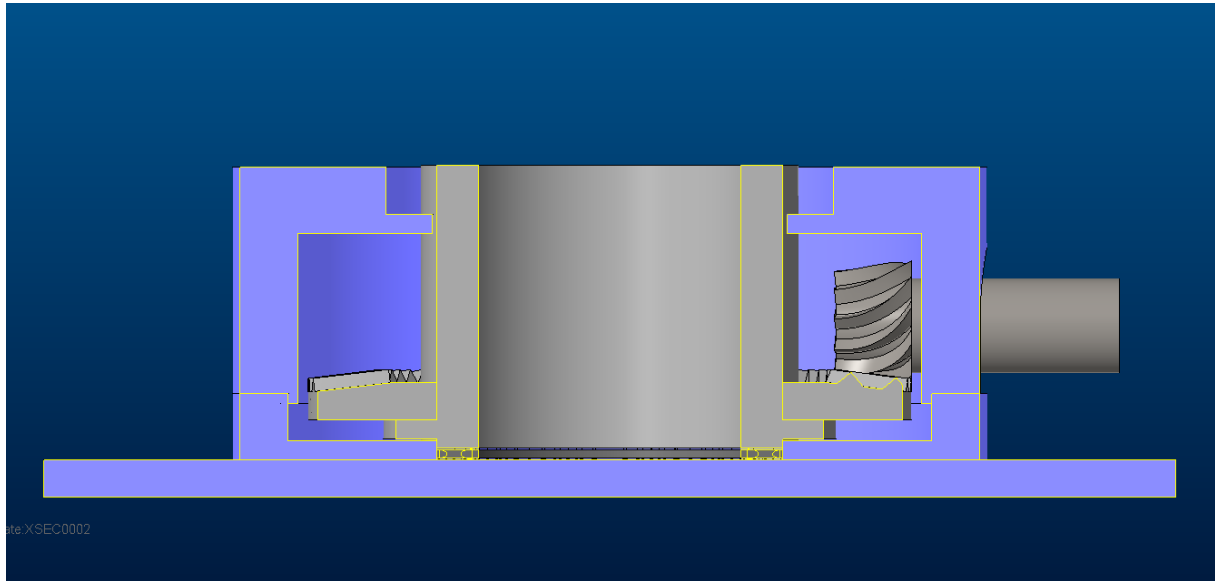
Plattformens totala höjd är starkt sammanlänkat till arbetshöjd och därmed jiggens höjd. För att lagret med minst ytterdiameter ska kunna placeras på plattformen behöver höjden vara 335mm för att få en god arbetshöjd. Plattformen består av tre delar, lagerhus, armar och en övreplatta. Dessa visas i figur 31 med blått, gult och grått.



Figur 31. Bild på Plattform för yttering

6.2.2.1 Rotation av plattform

Det är med hjälp av en axel som rotationen av hela plattformen kommer att ske. Plattan är fastbultade i en axel som i sin tur är monterad på ett nålaxiallager. Axeln kommer statistiskt behöva ta upp vikten av yttering, hållare och rullar men även kunna rotera denna massa. För att tillåta rotation av axeln placeras ett axialnållager i botten av plattformen. För att överföra rotationen bultas ett koniskt kugghjul på (detta visas i figur 32).



Figur 32. snitt på lagerhuset med axel och vinkelväxel

6.2.2.1.1 Motivering till val

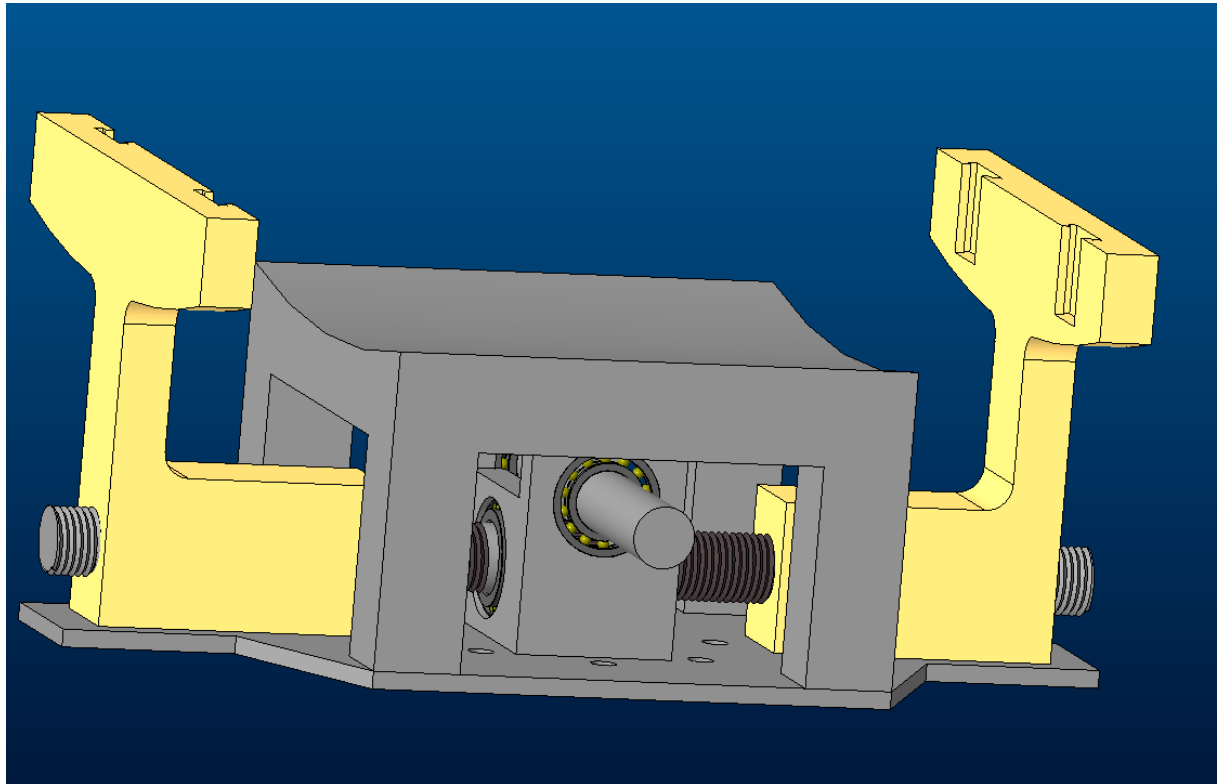
Då plattformens totala höjd ska minimeras önskades ett smalt lager. På grund av att kraften är axiell och lagret främst tar upp statisk kraft valdes lagret till ett axialnållager. Koniska kuggjul användes för att skära axels riktning då det inte finns plats för att rotera axeln längs med dess riktning. En konisk kuggväxel bygger inte heller mycket på höjd som var ett mål att minimera.

6.2.2.2 Lagerhus

Lagerhusets funktion är att hushålla nålaxiallager så att axeln kan rotera. Lagerhuset består av två delar för att underlätta montering av rotationsaxel med konisk kuggväxel.

6.2.2.3 Armar

Armarna är placerade på en skiva som är fastbultat i axeln. På skivan så kommer armarna att kunna förflyttas linjärt och greppa flänsarna på ytterringen (se fig 32). Den yta som greppar tag i flänsen kommer att vara utbytbar med olika tjocka mellanlägg. Då armarna går att justera mellan 360–770 mm behöver man använda sig av tjockare mellanlägg då lager smalare än 360 mm monteras. Den linjära rörelsen utförs med hjälp av en kombination av rullskruv och snäckväxel.



Figur 33. Bild på plattformens övre del

6.2.2.3.1 Motivering till val

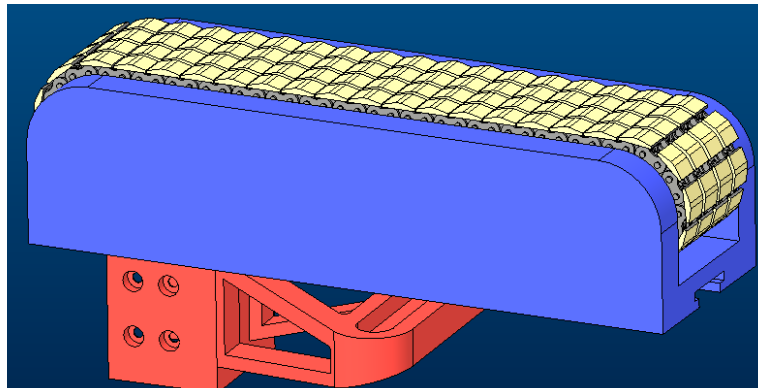
För att skivan alltid ska kunna rotera så dimensioneras den efter avståndet som jiggarna har mellan varandra när det minsta lagret monteras. Resultatet blev att skivan egentligen är för kort när avståndet mellan armarna är som störst. Detta löstes genom att grundytan av armarna förlängdes så att de kan löpa utanför skivan, det är okej eftersom armarna inte tar upp vikt utan endast greppar ytterringen.

6.2.2.4 Lageryta

Det är på lagerytan som ytterrigen placeras. Eftersom ytterrigen yttre diameter skiljer sig kraftigt är denna del utbytbar. Tanken är inte att det ska finnas en för varje ytterdiameter utan istället att det finns t.ex tre stycken. Där ena är utformad efter det största och den andra efter ett mellanstort lager och den tredje efter det tyngsta.

6.2.3 Rullband

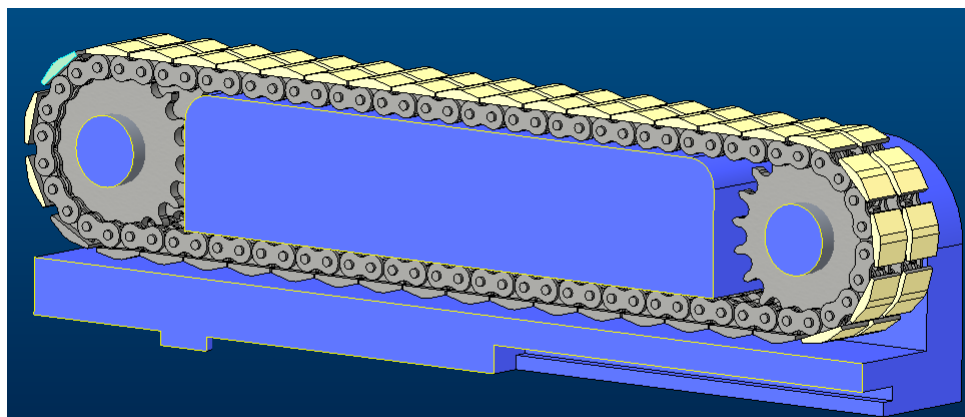
Rullbandet är den komponenten som orsakar rotation på hållare. Rullbandet positionerar hållaren.



Figur 34. Bild på rullband

6.2.3.1 Kedja med polyuretan-yta

Själva rullbandet består egentligen utav 4 parallella standardkedjor med en extra bricka (detta visas i figur 34). Kedjans design har utgått från de kedjor som används vid förflyttning av ringar i tillverkningen. Själva kedjan är dimensionerad efter europeisk standard ISO 606–1982 och är en kedja 454 (Sverull). På extra-brickan finns ett hölje med polyuretan vilket är en polymer med slitstarka egenskaper och tänkt att vara ingreppsytta till hållarstolpe. Polyuretan finns i olika kvalitéer och dess hårdhet kan styras efter behov.



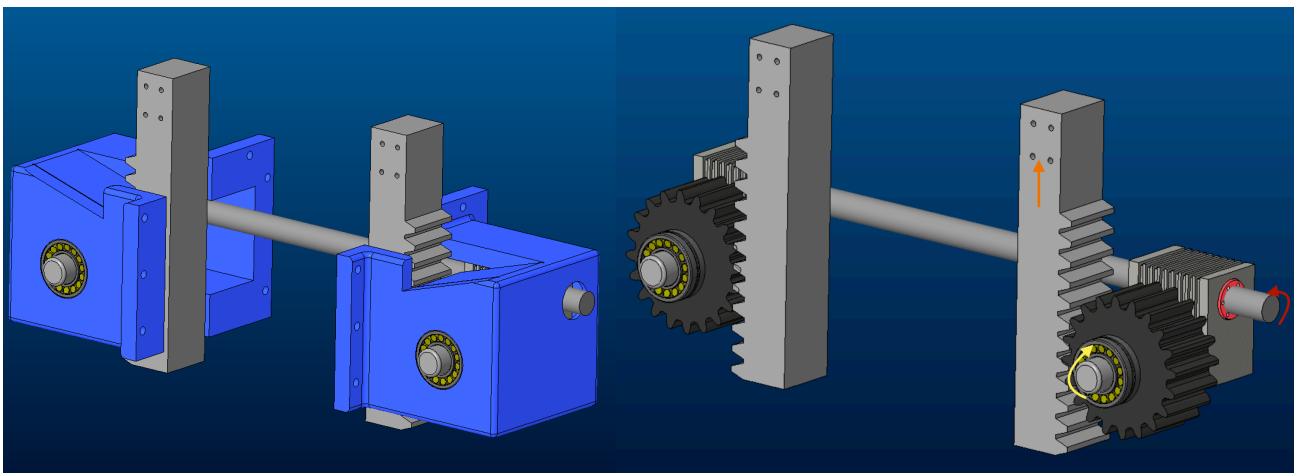
Figur 35. Bild på snitt av rullband

6.2.3.2 Kedjehus

Kedjehuset består utav en U-profil med två korsande axlar. På axlarna monteras kugghjul tillhörande de fyra kedjorna som utgör rullbandet. I mitten av U-profilen finns en förstärkning för att stärka upp kedjan då den är tungt belastad (blåa delen i figur 35) .

6.2.3.3 Höjdjustering

Höjdjustering uppnås genom att rullbandet monteras på en plattform som skruvas fast på toppen av en kuggstång (kuggstången visas i figur 36). Kugghjulet som driver kuggstången har en axel som är kopplad till en snäckväxel. Snäckväxel används för att åstadkomma högutväxling och för dess självhämmande egenskaper. Om snäckväxeln som driver kugghjulet är självhämmande blir således även kuggstången självhämmande, detta innebär att oönskad backning ej förekommer. Det finns flera leverantörer av snäckväxlar och den snäckväxeln som använts i rullbandskonstruktionen är från Güdel high performing gearboxes. Snäckväxeln och kugghjulet är fastmonterat i ett växelhus som i sin tur skruvas fast på sidorna av jiggen övre-del och har en utväxling på 60:1. (Güdel HPG 090 C6) (Güdel)

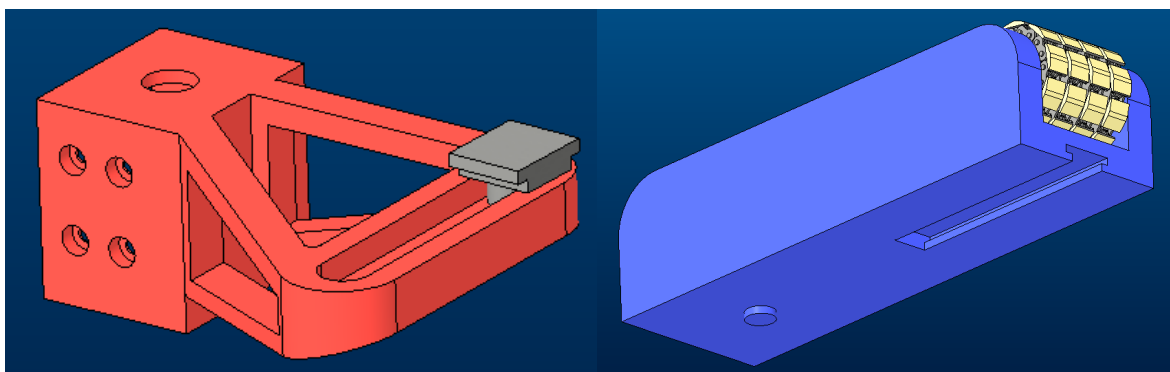


Figur 36. Bild på kuggväxel med och utan hus

Rullbandets totala höjdjustering baseras på avståndet mellan innerringens plansida på ett lager och hållarstolpen. Slaglängd från kuggstång behöver därför motsvara skillnaden mellan det största respektive minsta avståndet. Slaglängden på kuggstången är dimensionerad till 160mm. Rullbandets höjdjustering sker synkront (per jig) genom att snäckväxlarna delar axel.

6.2.3.4 Vinkeljustering

Vinkeljusteringen tillåts med hjälp av en skåra i delen tillsammans med en justerbar skåra i rullbandets kedjehus. I skåran på kedjehuset har en löpare möjligheten att följa skåran i delen (se den gråa löparen i figur 37).



Figur 37. Bild på rullband och snedställning

6.2.3.4.1 Motivering till val

Det resonerades fram att ha två kedjehus per jigg för att minimera risken för att hamna i ett läge där rullbanden tappar kontakt med hållaren. Genom att kunna justera rullbandens vinkel med 35 grader tillåts en lämplig vinkel för överföring av kraft för alla de lager som monteras i kanalen

6.3 Kravuppfyllelse

I detta avsnitt kommer frågorna som beskrevs i avsnitt 1.3 Precisering av frågeställning besvaras.

- Hur kan monteringsjiggen konstrueras så att kraften från montörer minskar avsevärt/försvinner helt?

Genom att mekanisera funktioner hos jiggen kommer kraften att minska, den kommer även utföras i en mer ergonomisk position. Vid montering av rullrad 1 används en mekanisk kedja som underlättar rotation av hållare och tillåter montering av rullar. Vid montering av rullrad 2 används istället en mekaniserad plattform för ytterrigen för rotation av hållare.

- Hur kan monteringsjiggen utformas så att den passar de rullager som kanalen monterar med avseende på vikt, höjd, bredd och tjocklek.

Genom att justera kedjans och jiggens höjd samt avstånd mellan bärytor tillåts alla lager att monteras.

- Hur kan monteringsjiggen konstrueras så att färre/inga externa handverktyg behövs?

Genom att bygga in de funktioner som verktygen tidigare utförde i jiggen minskar behovet av handverktygen.

- Hur kan monteringsjiggen utformas så att den underlättar framtida automatisering?

Då färre verktyg behövs och funktioner mekaniserats är grunderna för automatisering utformade. Det som kvarstår är placering av motorer, givare och styrsystem.

- Behövs det konstrueras en helt ny jigg eller kan man vidareutveckla och lägga till funktioner till nuvarande jigg.

Vissa funktioner går att förenkla och applicera på nuvarande jigg. Detta beskrivs tydligare i 7.4 vidareutveckling.

7 Slutsatser och rekommendationer

I avsnittet kommer slutsatser och rekommendationer tas upp.

7.1 Framtagning av koncept

Vid valet av det resulterande konceptet förenklades Kesselring-matrisen. Detta gjorde vi dels för att det enda som skiljde koncepten åt var hur de utförde rotationen. Vi värderade fokusgruppens åsikt högt och ville få med deras åsikter i valet. Att få med alla och utföra en hel Kesselring-matris hade varit för tidskrävande. Vi valde istället att förenkla Kesselring-matrisen till ett frågeformulär som fokusgruppen kunde fylla i enskilt. Frågorna var anpassade respektive yrkesgrupp i fokusgruppen. Genom att få med montörs, ingenjör, säkerhetsombuds och chefs perspektiv bedöms underlaget därför som giltigt.

Då det var tre koncept som fick mycket lika poäng i slutet av denna matris rekommenderar vi att utföra en undersökning där man utvärderar och eventuellt tillverkar prototyper av de tre koncepten och på så sätt kan jämföra dem sinsemellan.

7.2 Mekanisering och vidare automatisering

Genom mekanisering av monteringsprocessen så kommer behovet av kraft från montör minska avsevärt. Alla de rotationer som styr och driver plattformens alla funktioner har medvetet lämnats kvar som enkla axlar. Detta för att företaget ska kunna avgöra om det är lämpligast att montera en ratt eller vev för manuellt föra kraften eller om man istället väljer att installera en motor som styr monteringsprocessen med hjälp av exempelvis PLC.

Ambitionen har hela tiden varit att skapa ett koncept som med hjälp av mekanisering/automatisering bidrar till en mer hållbar och säker monteringsprocess.

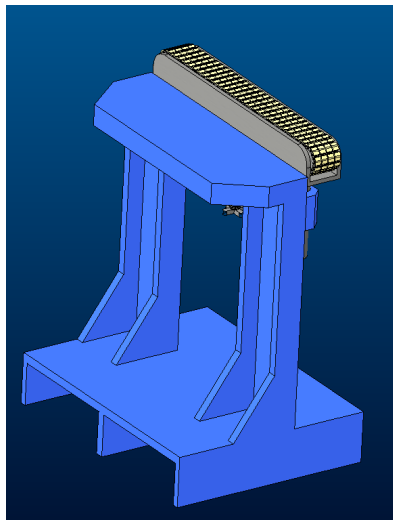
7.3 Komponenter

Projektet har innehållit en hel konceptutvecklingsprocess från grunden och varit tidsbegränsat. Alla komponenter skulle därför kunna vidareutvecklas och dimensioneras mer noggrant. Här skulle vi rekommendera att gå över reservdelslagret av de maskindelar som företaget har idag och se över vilka maskinkomponenter som finns tillgängliga. Detta för att minimera antalet olika unika komponenter bespara storleken på reservdelslagret och minska tillverkningskostnaden för konstruktionen.

7.4 Vidareutveckling

Då storleksskillanden på ytterdiametern för de lager som monteras är så pass stor att jiggen behöver höjas avsevärt, blir arbetshöjden försämrad. Detta problem kommer man inte ifrån utan att höja upp montören, med exempelvis en pall som kan rullas fram vid behov. För att säkerställa god ergonomi rekommenderar vi därför att man utvecklar en tillhörande plattform som kan rullas fram vid montering av de största lagren.

Kedjan är en viktig del av det resulterande konceptet och för att veta om den faktiskt hade underlättat rotationen skulle det behöva byggas en prototyp. Prototypen bör tillverkas för att testa så polyuretan-ytan inte går sönder av hållarens vassa geometri. En enklare CAD-ritning för hur detta skulle kunna se ut gjordes. I denna upplaga är rullbandet ungefär dubbelt så långt som det är tilltänkt till huvudkonceptet (se figur 38). Här justeras höjden med hjälp av en skruv som är fäst på baksidan av jiggen.



Figur 38. Bild på förenklad prototyp för koncept



CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

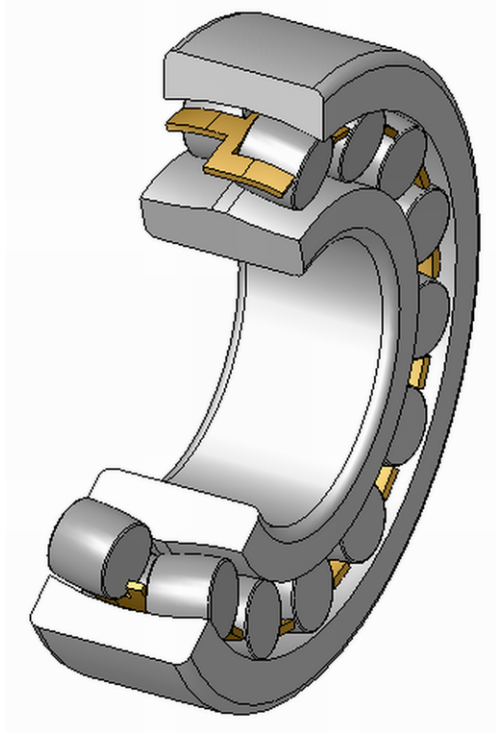
8 Referenser

- A.K Gupta, S. A. (2017). *Industrial Automation and Robotics*. Mercury Learning.
- Arbetsmiljöverket. (2012). *Belastningsergonomi*.
- Arbetsmiljöverket. (2021, 01 17). *Arbetsställning och belastning - Ergonomi*. Retrieved from Arbetsmiljöverket: <https://www.av.se/halsa-och-sakerhet/arbetsstallning-och-belastning---ergonomi/>
- Ewellix. (2021, Maj). *Roller Screw*. Retrieved from Ewellix makers in motion: <https://medialibrary.ewellix.com/asset/16174>
- Güdel. (n.d.). *Güdel High performing angle gearboxes*. Retrieved from Güdel: <https://www.gudel.com/products/gearboxes/high-performance-angle-gearboxes>
- Johannesson, H., Persson, J.-G., & Petterson, D. (2013). *Produktutveckling - Effektiva metoder för konstruktion och design*. Stockholm: Liber.
- Kuada, J. (2008). *International Market Analysis : Theories and Methods*. Adonis & Abbey Publishers Ltd.
- Mycoted. (n.d.). *Brainwriting*. Retrieved from mycoted.com: <https://www.mycoted.com/Brainwriting>
- Mägi, M., Melkersson, K., & Evertsson, M. (2018). *Maskinelement*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Nyteknik. (2017, 05 24). *Därför fungerar inte er brainstorming*. Sverige.
- Osborn. (1963). *Applied Imagination: Principle and procedures*. New York, NY: Charles Scribner's Sons.
- PTC. (2021). *Creo: Desig the way it should be*. Retrieved from ptc.com: <https://www.ptc.com/en/products/creo>
- Sverull. (n.d.). *Sverull rullkedjor mått*. Retrieved from Eurpeisk standard rullkedjor: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjja86eHwAhVtpIsKHZXDC0sQFnoECAgQAA&url=https%3A%2F%2Fwww.sverull.se%2Fdownload%2F172-480BE141DDB5B3E9A77126BFA759FA60%2FRullkedjor-matt.pdf&usg=AOvVaw0tSerhDNfDxWfktKWCC3xo>
- Universal Robots. (2021, 02 22). *Collaborative and Safe: Universal Robots*. Retrieved from Universal Robot-webbplats: <https://www.universal-robots.com/products/ur16-robot/>

Bilagor

Bilaga 1

Bild över sfäriskt rullager



(Silberwolf, CC BY 2.5 <<https://creativecommons.org/licenses/by/2.5>>, via Wikimedia Commons)

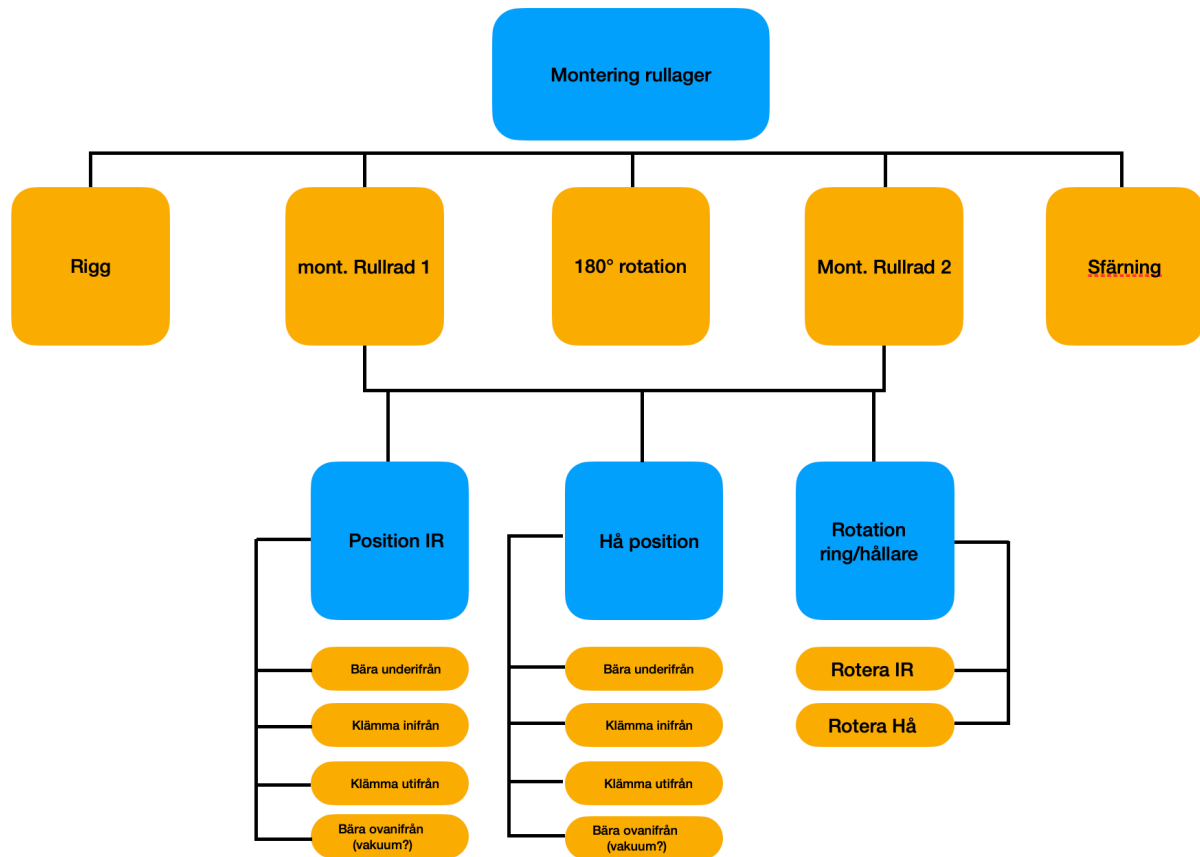
Bilaga 2

Beskrivning av nuvarande handverktyg

Borttagen pga sekretess

Bilaga 3

Funktionsträd (egen bild)



Bilaga 4



Mindmap (egen bild)

Bilaga 5

Morfologisk matris (egen bild)

Funktion	Lösningalternativ								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pos R	Bock	Bord/bänk	Klämtryck	Vulkanbord	Travers/Kran (lyfta)	Konsolett/Armar/Biljig			
Justerbar Diameter IR	Flyttbar för hand	unislöze	Justerbar biljig	Lagerspecifikt					
Pos HÅ	Använda YR	g/yta underfick	Lifta överifrån vakuum(?)	Klämma radiellt					
Pos YR	Travers	Plattform med radi	Rullverk integrerat	Plattform som klämmer	Gummkläck				
RAD 1	Rotera HÅ gentemot IR	IR fix, hållare roteras mha hjul som trycks radiellt på mellan hå-stolpar	IR fix, hållare roteras med kugg/hjul/käande designat efter stolparna	IR fix, YR "nypper" hållare och roterat a la cykeltyrt	IR fix, hållare roteras med hjälp av en rem som spänner runt	IR fix, Hålmånar monteras på undersida av stolpar och hållare roteras mha axiella hjul	HÅ fix, IR hänger i lyftvertyg som roterar	IR roterar med filns på hjul/rullband, HÅ fix.	IR roterar radiellt hjul inifrån, HÅ fix.
RAD 2	Rotera HÅ gentemot IR	IR fix, Hållare roteras mha rullband under rullarna som sticker ut från filns	IR fix, Hållare roteras mha hjul som trycks radiellt på mellan hå-stolpar	IR fix, Hållare roteras med "kugg/hjul" designat efter rullarna	IR fix, YR "nypper" hållare och roterat a la cykeltyrt	IR fix, hållare roteras med hjälp av en rem som spänner runt	IR fix, Hålmånar monteras på undersida av rullarna och hållare roteras mha axiella hjul	HÅ fix, IR hänger i lyftvertyg som roterar	IR roterar med filns mot hjul/rullband, HÅ fix.

Bilaga 6 Monteringsprocess av rullager

Borttagen pga sekretess

Bilaga 8 Interna monteringslösningar
Borttagen pga sekretess

Bilaga 9 Patent

Roterande vändare för tunga rotorer. **Patentnummer (US9784136B2)**

<https://pdfpiw.uspto.gov/.piw?docid=09784136&SectionNum=1&IDKey=2F8C76DF02F1&HomeUrl=http://patft1.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect1=PTO1%2526Sect2=HITOFF%2526d=PALL%2526p=1%2526u=%25252Fnetahtml%25252FPTO%25252Fsrchnum.htm%2526r=1%2526f=G%2526l=50%2526s1=9,784,136.PN.%2526OS=PN/9,784,136%2526RS=PN/9,784,136>

Anordning och metod för lyft av tunga objekt. Patentnummer (US2020/0223669A1)

<https://pdfaiw.uspto.gov/.aiw?Docid=20200223669&homeurl=http%3A%2F%2Fappft.uspto.gov%2Fnetacgi%2Fnph-Parser%3FSect1%3DPTO2%2526Sect2%3DHITOFF%2526p%3D1%2526u%3D%25252Fnetahtml%25252FPTO%25252Fsearch-bool.html%2526r%3D1%2526f%3DG%2526l%3D50%2526co1%3DAND%2526d%3DPG01%2526s1%3D20200223669.PGNR.%2526OS%3DDN%2F20200223669%2526RS%3DDN%2F20200223669&PageNum=&Rtype=&SectionNum=&idkey=525B34E39D2E>

Kompakt förvaringsbar, mobil lyftanordning. Patentnummer (US6164625A)

<https://patents.google.com/patent/US6164625?oq=engine+lift>