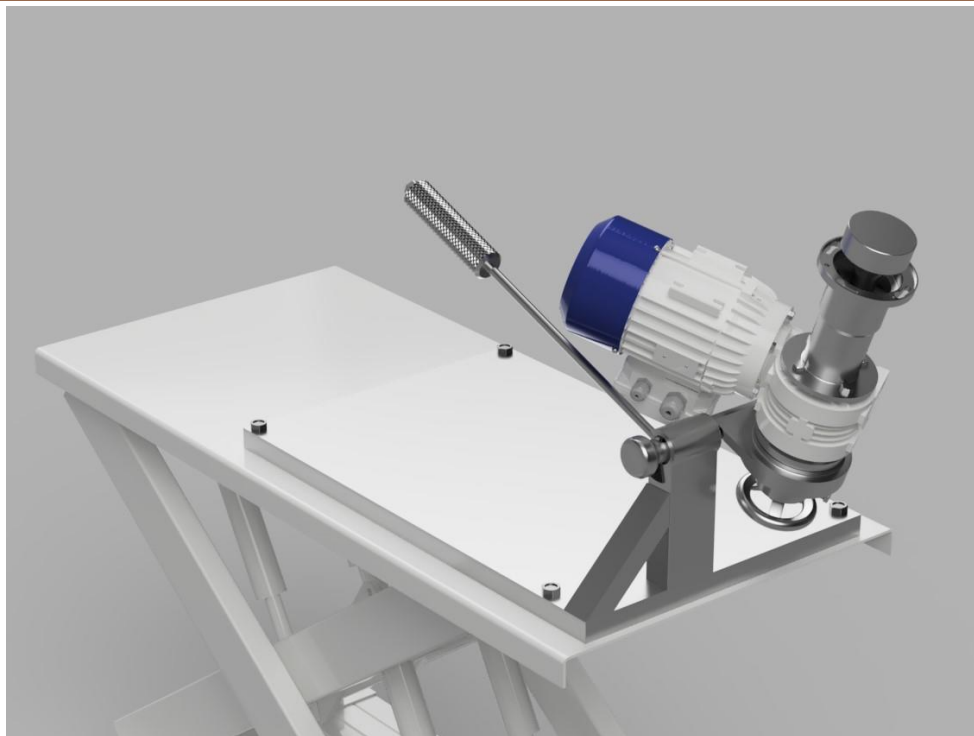




CHALMERS



Ergonomiskt monteringsverktyg för arbete i renrum

I samarbete med Metenova

Magnus Berghel
Agust Lindh
Elias Pedersen
Jakob Steén
Rasmus Östman

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2024
www.chalmers.se

Ergonomiskt monteringsverktyg för arbete i renrum

I samarbete med Metenova

Magnus Berghel

Agust Lindh

Elias Pedersen

Jakob Steén

Rasmus Östman

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH
MATERIALVETENSKAP
GÖTEBORG, SVERIGE 2024

Ergonomiskt monteringsverktyg för arbete i renrum

I samarbete med Metenova

Författare: Magnus Berghel, Agust Lindh, Elias Pedersen, Jakob Steén & Rasmus Östman

© MAGNUS BERGHEL, AGUST LINDH, ELIAS PEDERSEN,
JAKOB STEÉN & RASMUS ÖSTMAN 2024

Institutionen för industri- och materialvetenskap

Chalmers Tekniska Högskola

SE-412 96 Göteborg, Sverige

Telefon +46(0) 31-772 1000

Omslagsbild: Rendering av monteringsverktyg med Metenovas drivenhet ZG7. Rendering av drivenhet används med tillåtelse från Metenova.

Övriga originalbilder har använts och redigerats med tillåtelse från Metenova.

Erkännanden, dedikationer och liknande personliga uttalanden återspeglar författarens egna åsikter.

Chalmers Digitaltryck
Göteborg, Sverige 2024

Förord

Det här Kandidatarbetet har genomförts av Magnus Berghel, Agust Lindh, Elias Pedersen, Jakob Steén och Rasmus Östman. Vi vill rikta ett stort tack till Metenova som har givit oss uppdraget och visat stort intresse för vårt arbete. Sist men inte minst vill vi tacka vår handledare Johan Heinerud samt examinator Lars-Ola Bligård för visat engagemang och hjälpsamhet genom hela processen.

Sammanfattning

Följande rapport redogör för resultatet av ett produktutvecklingsarbete på uppdrag av företaget Metenova AB. Syftet med projektet är att ta fram en monteringslösning som förbättrar montering och nedmontering av drivenheter på blandningstankar i renrum, med avseende på ergonomi och effektivitet.

För att identifiera användarens behov och krav på produkten utfördes en förstudie bestående av intervjuer, observationer och informationsinsamling. Med hjälp av ergonomiska analyser samt metoder för idégenerering, konceptgenerering och konceptval framställdes ett slutkoncept som uppfyller de identifierade behoven och kraven.

Resultatet är en monteringslösning som används tillsammans med ett lyftbord. Monteringslösningen underlättar monteringen av drivenheten på blandningstanken genom att hålla drivenheten i rätt vinkel och höjd, samt tillåta rotation för att matcha drivenhetens skruvhål mot tankplattans. Produkten består av en adapter som sitter monterad på drivenheten samt en lyftbordsmonterad konstruktion med en axel i vilken adaptern fästs.

Monteringslösningen förväntas minska arbetsrelaterade skador och krävda mantimmar och vid montering och därför bli en värdebringande produkt för Metenova och deras kunder.

Abstract

The following report describes the results of a product development project commissioned by Metenova AB. The project's goal was to create an assembly solution that improves the installation and removal of drive units on mixing tanks in cleanrooms, with a focus on ergonomics and efficiency.

To identify user needs and requirements for the product, a preliminary study was conducted, including interviews, observations and information gathering. Using ergonomic analyses and methods for idea generation, concept development, and concept selection, a final concept was developed that meets the identified needs and requirements.

The result is a mounting tool which is used in conjunction with a lift table. The product facilitates the mounting of the drive unit onto the mixing tank by maintaining the drive unit at the correct angle and height while allowing rotation to align the drive unit mounting holes with the tank plate. The product consists of an adapter mounted on the drive unit and a lift table-mounted structure with an axle to which the adapter is attached.

The mounting tool is expected to reduce work-related injuries and required man-hours during installation, making it a valuable product for Metenova and their customers.

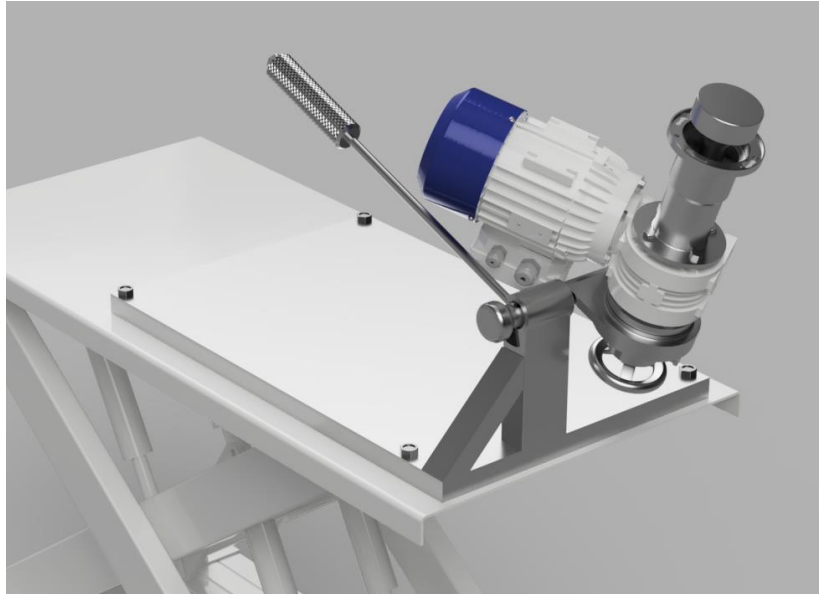
Executive summary

För att blanda vätskor inom livs- och läkemedelsproduktion används magnetblandare i blandningstankar med hög standard för att minimera risken kontaminering. En utmaning inom detta område är monteringen och nedmonteringen av magnetblandarens drivenhet. Monteringen och nedmonteringen kräver arbetsställningar med dålig ergonomi och kan vara komplicerade på grund av vikten och placeringen av drivenheten. Då tankarna och drivenheterna ofta befinner sig i renrum, rum med specifika riktlinjer gällande tillåten partikelmängd, tillkommer extra krav som försvårar montering och nedmonteringen för montörerna. Projektet syftar därför till att utveckla en extern monteringslösning för att underlätta detta moment för montörerna och utförs i samarbete med företaget Metenova.

Projektets genomförande följde en iterativ produktutvecklingsprocessen och delades upp i fem faser:

- Informationsinsamling
- Analys
- Idégenerering
- Syntes
- Verifiering.

Under informationsinsamlingsfasen identifierades montörernas behov och krav genom observationer och intervjuer. För att förstå kontexten och miljön de arbetar i gjordes även litteraturstudier på renrum. Informationen analyserades med metoder som KJ-analys, hierarkisk uppgiftsanalys (HTA) och ergonomiska analyser för att sedan sammanställas i en kravspecifikation. Under idégenereringsfasen skapades lösningar på de identifierade delmomenten. Dessa sammanställdes sedan till koncept som utvärderades för att ta fram ett slutligt koncept. Detta koncept verifierades och utvecklades vidare för att resultera i monteringslösningen ZG Mounting Tool, se fFigur 1 på nästa sida.



Figur 1 ZG Mounting Tool. Modellen av drivenheten används med tillåtelse av Metenova AB.

ZG Mountingtool är ett tillägg till lyftbord som hjälper användaren att placera drivenheten i rätt vinkel i förhållande till tanken, samt underlättar linjeringen av skruvhålen på drivenheten med skruvhålen på tankplattan. Drivenheten fästs på monteringslösningen med en adapter som sitter monterad under drivenhetens växellåda.

För att låsa drivenheten i önskad vinkel använder sig lösningen av ett expansionslås, som låser drivenhetens position genom att skruva handtaget medsols. Detta aktiverar axelns pressförbandsfunktion och friktionen ser till att axeln inte rör sig. Det är också enkelt att se drivenhets aktuella inställda vinkel genom att observera den inbyggda gradskivan.

För att linjera skruvhålen mellan tankplattan och flänsen används adaptorn som sitter monterad på drivenheten. Den är roterbar kring magnethuvudet vilket möjliggör linjering av skruvhålen på drivenheten med skruvhålen på tankplattan. Infästningspunkten är förflyttad åt sidan för att vara så nära masscentrum på drivenheten som möjligt, vilket förenklar för montören att justera vinkeln. Adaptorn gör också lösningen applicerbar på drivenheter med bajonettfläns då den kan rotera medsols- och motsols.

Allt sitter monterat i en bas som är konstruerad av fyrkantsprofiler. Basen är designad för att vara lätt att anpassa och fästa i flera olika lyftbord.

Projektets slutsatser är att det inte går att komma fram till en monteringslösning som löser monteringen för alla drivenheter och för alla blandningstankar i både renrum och tekniskt rum. Det finns många yttre parametrar som styr om en monteringslösning kommer fungera eller inte, som drivenhetens storlek och kringliggande utrustning runt tankarna som elkablar och

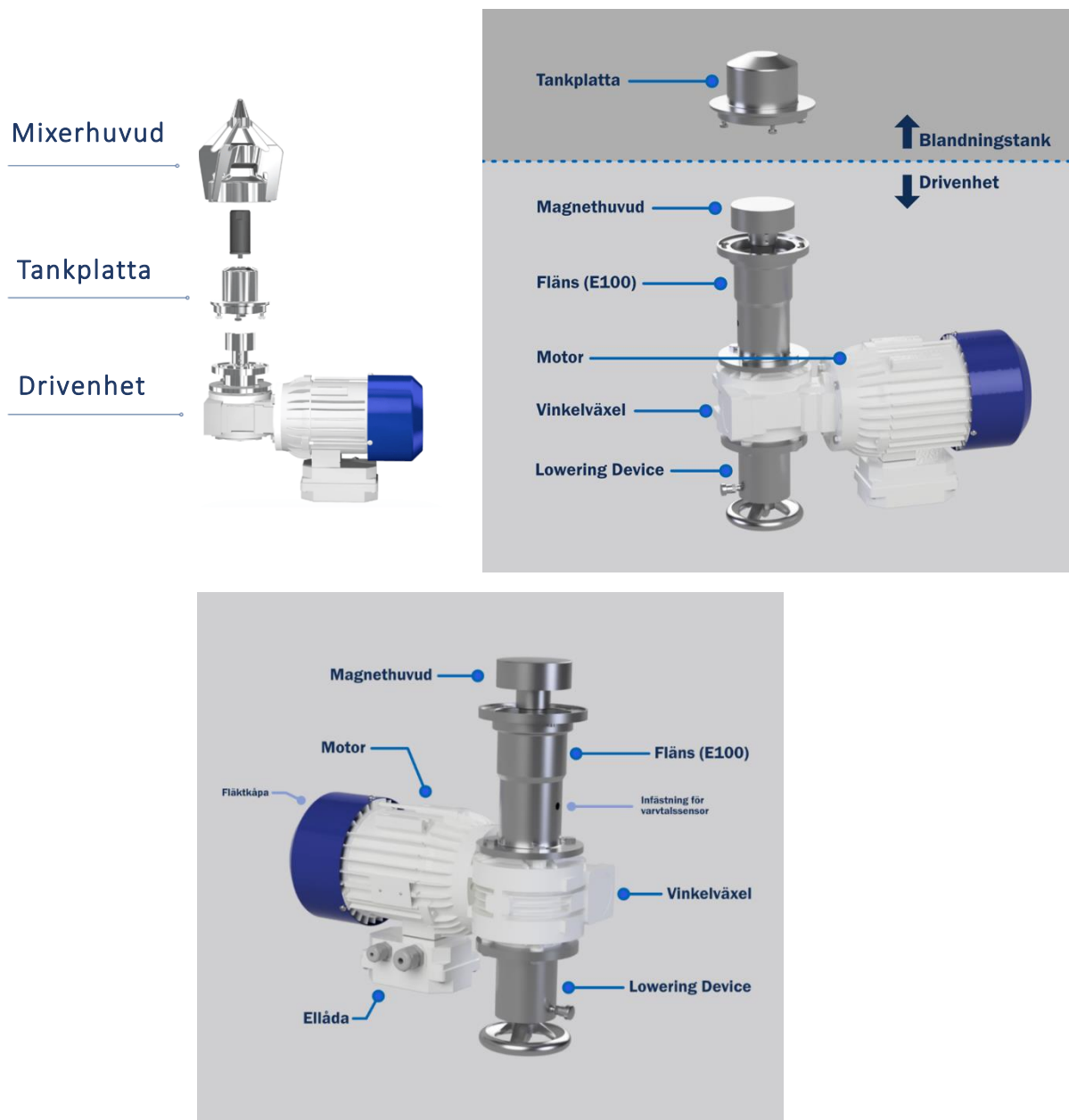
sprinklersystem. Genom att avgränsa problemrymden och endast fokusera på renrum går det att hitta fungerande lösningar, som med ZG Mounting Tool.

ZG Mounting Tool fungerar väl för att lösa montering av drivenheter i renrum. Med sin design förbättrar den ergonomin, effektiviserar arbetet och är renrumsanpassad. Detta gör ZG Mounting Tool till en realistisk och värdebringande monteringslösning för montörerna.

Ordlista

Nedanstående lista beskriver några ämnesspecifika termer som används i rapporten. Se Figur 2 på nästa sida för förtydligande av sammanhang för termer relaterade till magnetblandare.

Renrum	Rum med specifika riktlinjer för renlighet.
Tekniskt rum	Rum som saknar specifika riktlinjer för renlighet.
Magnetblandare	En enhet bestående av ett mixerhuvud och en drivenhet som roterar mixerhuvudet med hjälp av magnetism.
ZG	Metenovas serie av magnetblandare med vinkelväxel som kommer i storlek ett till tio, där vikten varierar mellan 5 – 130 kg.
Mixerhuvud	Roterar inuti blandningstanken för att blanda vätska.
Drivenhet	En motor med vinkelväxel och ett roterande magnethuvud som driver mixerhuvudet med magnetism.
Magnethuvud	En cylindrisk magnet som sitter på toppen av drivenheten och roteras av motorn. Magneten driver i sin tur mixerhuvudet.
Vinkelväxel	Växel som omvandlar varvtal och riktning på rotationen av drivenhetens motor.
Fläns	Del av drivenhet med monteringshål som sitter på växellådan. Fästs mot tankplattan vid montering av drivenheten.
E0 / E100	Olika utformningar på flänsen hos magnetblandare av modellen ZG. E0 – kortare fläns. E100 – längre fläns som till exempel används när blandningstanken är isolerad.
Bajonettfläns	Typ av fläns med monteringshål som förenklar montering med preliminär låsning genom rotation.
Tankplatta	Monteringspunkt på blandningstanken där drivenhetens magnethuvud antras och flänsen monteras på.
Utlopp	Förslutningsbar öppning i blandningstank som används för att tömma dess innehåll.
Bottenmonterad magnetblandare	Magnetblandare som monteras i botten av blandningstanken (ZG är bottenmonterad).
Lowering Device	Tillägg för Metenovas magnetblandare av modell ZG som möjliggör höjning och sänkning av magnethuvud för att underlätta nedmontering av mixerhuvud.



Figur 2 Magnetblandarens komponenter. (Metenova AB, 2024). Bilderna har redigerats.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	2
1.1	Bakgrund och problemområde	2
1.2	Syfte	4
1.3	Projektets avgränsningar	4
2	Slutresultat.....	5
3	Orienteringskapitel.....	7
3.1	Teoriram	7
3.2	Tillfällen för montering och nedmontering	14
3.3	Befintliga tillvägagångssätt för montering	15
3.4	Projektets kontext och verkningsområde	18
4	Genomförande.....	19
4.1	Projektupplägg – kort förklaring av fasernas innehåll	19
4.2	Informationsinsamlingsmetoder.....	20
4.3	Analysfas	22
4.4	Brainstorming och mindmapping kring identifierade delmoment	25
4.5	Konceptgenerering	26
4.6	Verifiering och prototypande.....	27
5	Behov och krav.....	30
5.1	Renrum och GMP-standard.....	30
5.2	Förutsättningar för montering	32
5.3	Montering – steg för steg	33
5.4	Ergonomi – resultat av ergonomiska analyser	35
5.5	Kravspecifikation	36
6	Lösningsförslag på delproblem	37
6.1	Dellösningar	37
6.2	Koncept som utvärderades med prototyp.....	42
6.3	Tillverkning och utvärdering av prototyp	43
7	ZG Mounting Tool.....	44

7.1	Användning	44
7.2	Utformning	50
7.3	Uppfyllande av kravspecifikation	56
8	Diskussion	58
8.1	ZG Mounting Tool.....	58
8.2	Validitet av genomförandet	62
8.3	Etik och samhällsaspekter	63
8.4	Effekten av avgränsningar.....	64
8.5	Förbättringspotential	65
8.6	Processen och genomförandet i dess helhet	66
9	Slutsatser	67
10	Referenser.....	68
11	Bilagor.....	69
A.	Intervjumall	70
B.	KJ-analys.....	71
C.	HTA, Hierarchical Task Assessment	72
D.	PEPA - Physical Ergonomics Product Assessment	74
E.	REBA – Rapid Entire Body Assessment.....	77
F.	Genomförande av ergonomiska analyser av montering i tekniskt rum.....	79
G.	Kravspecifikation	84
H.	Val av koncept	85
I.	Dellösningar: Montering av drivenhet på monteringslösning.....	88
J.	Dellösningar: Transport och styrning.....	94
K.	Dellösningar: Linjering av skruvhål.....	97
L.	Dellösningar: Underlätta linjering av vinkel mot tankplatta.....	98
M.	Dellösningar: Linjering av vinkel mot tankplattan	100
N.	Tre skilda koncept	102
O.	Vagnkoncept	105
P.	Koncept Scott Russell	109
Q.	Prototyp tillverkning	111

1 Inledning

För att blanda stora vätskemängder i samband med tillverkningen av livs- och läkemedel så används blandningstankar med magnetblandare i renrum i stor utsträckning. Ett utmanande moment i användningen av denna utrustning är montering och nedmontering av magnetblandarens drivenhet. Metenova arbetar med att utveckla och tillverka magnetblandare. I syfte att underlätta användningen av deras produkter, har ett produktutvecklingsprojekt för en monteringslösning genomförts i samråd med företaget. Detta kapitel behandlar projektets bakgrund, dess syfte och de avgränsningar som gjorts.

1.1 Bakgrund och problemområde

Projektet ges i uppdrag av företaget Metenova AB i samarbete med Chalmers Tekniska Högskola. Metenova är ett företag med huvudkontor i Mölndal som utvecklar och tillverkar effektiva och sanitära magnetblandare som används för att blanda stora vätskemängder i blandningstankar – framför allt vid tillverkning av läkemedel. Deras produkter används av flera stora läkemedelsföretag, däribland Fresenius Kabi, Pfizer och AstraZeneca. Vätskan i blandningstankar rörs om av ett mixerhuvud som roteras med magnetkoppling av en drivenhet. Se Figur 3 för förklarande bild. Denna process sker ofta i renrum - ett utrymme med särskilda regler för renlighet som minimerar risken att produkten kontamineras.



Figur 3 Illustration av en magnetblandare av modell ZG monterad på en blandningstank. (Metenova AB, 2024)

För olika applikationer finns olika modeller och storlekar av magnetblandare. En av Metenovas basmodeller är ZG – en serie bottenmonterade magnetblandare med vinkelväxel. Se Figur 4 för exempel på utformning.



Figur 4 Drivenhet bottenmonterad på en tank. Tanken saknar väggar för att tydligare visa hur drivenhet, tank och mixerhuvud förhåller sig till varandra. (Metenova AB, 2024)

För att minimera och kontrollera slitage på mixerhuvudet utförs planerat underhåll en gång om året, där mixerhuvudet tas loss och undersöks. För att få loss mixerhuvudet måste magnethuvudet först sänkas, vilket kräver nedmontering av drivenheten för ZG-modeller utan ”Lowering Device” – beskrivs närmare i avsnitt 3.1.5. När mixerhuvudet har undersökts klart och monterats på plats igen monteras drivenheten tillbaka.

Höjden från golv till monterad drivenhet kan variera från 50 till 250 cm och drivenheten kan väga mellan 5 och 130 kg. Dessa förutsättningar i samband med regler för hur man bör röra sig i renrum, medför att nedmontering och montering blir komplicerade moment som kräver tid av flera montörer och försätter montörerna i arbetsställningar med dålig ergonomi, se exempel på montering i Figur 5. Därför är det önskvärt att underlätta monteringsprocessen av drivenheter för magnetblandare av modell ZG genom att utveckla en extern monteringslösning.



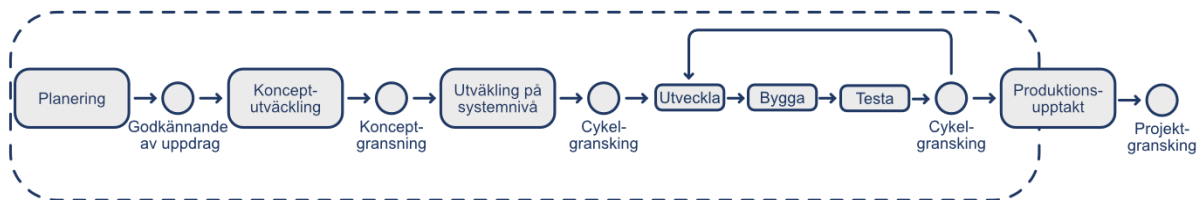
Figur 5 Ett exempel av en dålig arbetsposition vid montering av drivenhet med hjälp av ett lyftbord.

1.2 Syfte

Syftet med projektet är att utveckla ett koncept för en extern monteringslösning som förbättrar montering och nedmontering av Metenovas drivenheter av modell ZG med avseende på ergonomi och effektivitet. Monteringslösningen ska vara anpassad för användning i renrum.

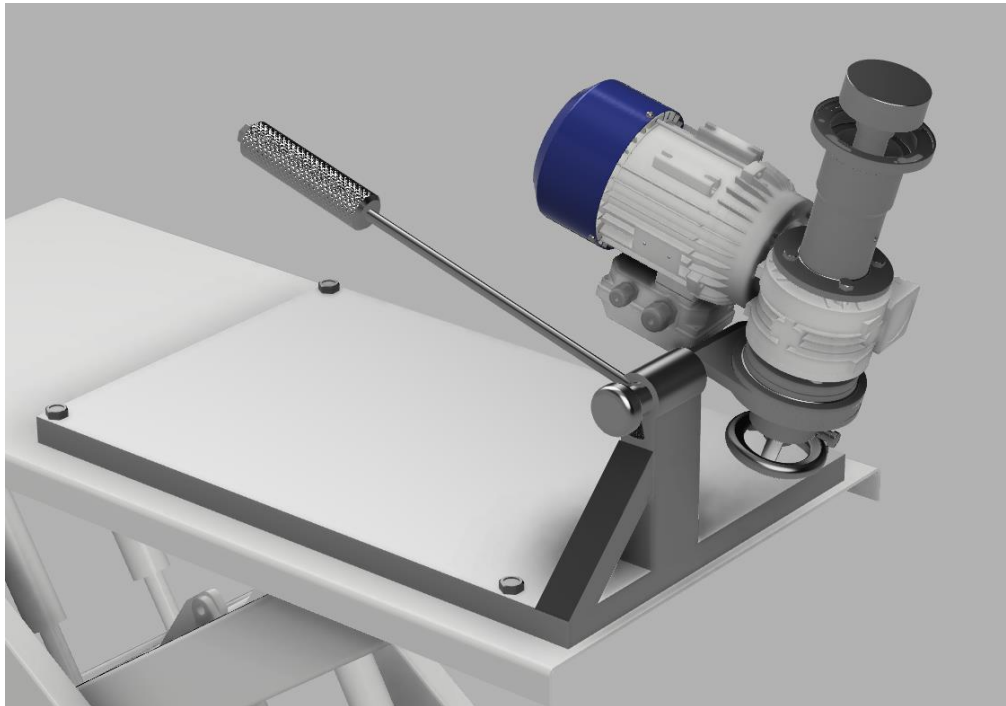
1.3 Projektets avgränsningar

Förberedelser för produktion - som detaljritningar, dimensionering och produktionsplanering - kommer inte genomföras eller undersökas. Paketering och distribution undersöks inte heller. Dessa delar faller under delmomentet produktionsupptakt i en spiral utvecklingsprocess, som beskrivs i boken *Produktutveckling, konstruktion och design* skriven av Karl T. Ulrich och Steven D. Eppinger (Ulrich & Steven, 2012). Den grönstreckade linjen i bilden nedan ringar in de delar i utvecklingsprocessen som projektet omfattar, Figur 6.



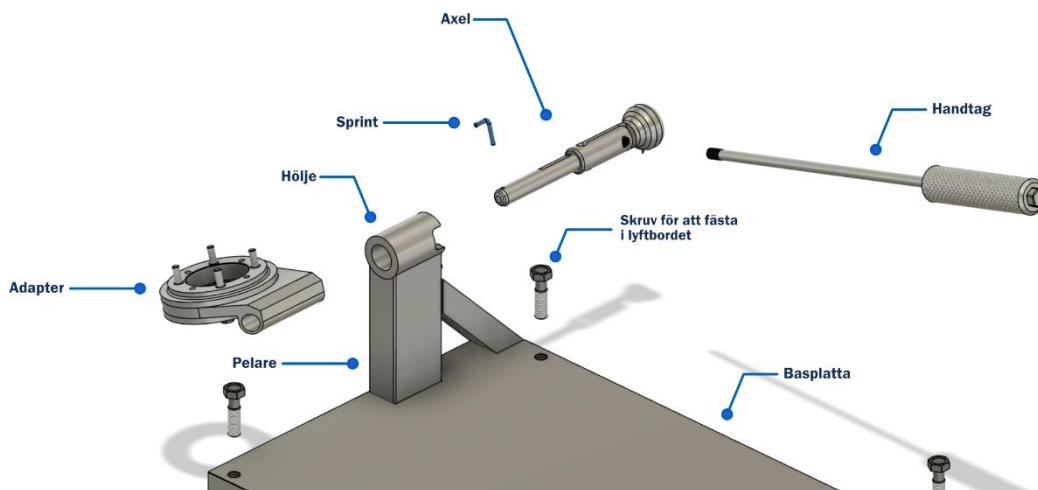
Figur 6 Projektets omfattning i en spiral utvecklingsprocess. (Ulrich & Steven, 2012). Figuren är bearbetad.

2 Slutresultat



Figur 7 Slutresultatet ZG Mounting Tool.

Projektet resulterade i monteringslösningen ZG Mounting Tool, se Figur 7. ZG Mounting Tool är en mekanisk lösning helt i rostfritt stål. Lösningen ämnar att förenkla montering av drivenheter designade av Metenova i renrumsmiljö. Den består av en bas med pelare, hölje, genomgående axel, handtag och en adapter, se Figur 8 för exploderad vy.



Figur 8 ZG Mounting Tool i exploderad vy.

Basen består av en basplatta för att kunna montera lösningen på ett lyftbord. Basplattan består av en ramkonstruktion med en stålplatta ovanpå. Basplattan har som funktion att täcka över

skrymslen för att underlätta för rengöring. Fäst i basen är pelaren, vars höjd är satt så att det ska vara lätt att komma åt drivenhetens ellåda samt ge utrymme för en potentiell Lowering Device. Höljet är placerat på toppen av pelaren och fungerar som fästpunkt och guide för axeln.

Axeln är konstruerad som ett expansionslås vilket tillsammans med höljets tjocka yttre gör att det uppstår hög friktion mellan de två delarna när handtaget skruvas åt. Den höga friktionen är det som håller drivenheten i den satta vinkeln. I axeln sitter också en plåtbit fast som med hjälp av en gradskiva visar vilken vinkel drivenheten befinner sig i.

För att kunna expandera axeln i höljet används handtaget. Det vrids medsols för att låsa axeln och motsols för att släppa. För att få hög klämkraft har handtaget gjorts tjockt och lättats för att ge användaren bra grepp. Om hårdare åtdragning krävs har en 20 millimeter mutter placerats längst bak för att ge möjligheten att använda en 20 millimeters nyckel som hävarm.

Adaptern är fastmonterad på drivenheten och fungerar som infästningspunkt för drivenheten till monteringslösningen. Den har ett kilspår för att förhindra att den roterar runt axeln vilket gör det möjligt att justera vinkeln med hjälp av handtaget. Adapterns utformning gör det också möjligt att rotera drivenheten kring magnethuvudet. Adaptern har en friktionsled med ställbart motstånd vilket gör det möjligt att anpassa motståndet efter vikten på drivenheten den sitter monterad på.

Alla dessa komponenter samverkar till att underlätta montering av drivenheten. Drivenheten kan förmonteras på ZG Mounting Tool. Därefter förs monteringslösningen till tanken där drivenheten utan ansträngning kan positioneras och linjeras för att effektivisera monteringen.

Lösningen är också helt och hållet renrumsanpassad och rengöring underlättas då alla komponenter kan plockas isär.

3 Orienteringskapitel

I detta kapitel presenteras den teori och information som är nödvändig för att förstå projektet. Nedan beskrivs renrum inom läkemedelsindustrin, blandningstankars uppbyggnad och placering i produktion samt magnetblandarens funktion och utformning. Informationen baseras på intervjuer och observationer, om inte annan källa anges.

3.1 Teoriram

I detta kapitel presenteras drivenhetens kontext och hur den monteras i dagsläget. Kapitlet tar också upp tidiga avgränsningar som gjordes i samråd med uppdragsgivarna.

3.1.1 Renrum inom läkemedelsindustrin

Läkemedelstillverkning sker oftast i renrumsmiljö. Ett renrum, eller ”cleanroom” på engelska, är ett utrymme med särskilda regler som ämnar att minimera risken att produkten kontamineras. Inom läkemedelsindustrin används framförallt GMP-standarden som klassar renrum från A till D, där A har högst krav på renlighet och D lägst. Rummets klass bestäms av ”maximal tillåten total partikelkoncentration” och ”maximal tillåten mikrobiell kontamineringsnivå” (Europeiska Kommissionen, 2022).

GMP beskriver också metoder för mätningar, hur arbete i renrum ska utföras, samt hur ett renrum och dess utrustning ska utformas och rengöras. Renrum ställer specifika krav på utrustningen som ska användas i utrymmet. Den behöver vara lättrengjord, ha minimalt med ytor som samlar partiklar och inte orsaka turbulens i luften. Det finns även begränsningar för tillåtna material i utrustningen. Materialen får inte passivt utsöndra partiklar eller degradera på grund av den kontinuerlig rengöringen som görs med alkohol och spordödande medel.

Vid arbete i renrum krävs särskild skyddsutrustning för att skydda produkterna från kontaminering. Skyddsutrustningen består typiskt av en heltäckande dräkt med luva, dubbla nitrilhandskar, skor, munskydd och skyddsglasögon. Mängden utrustning varierar baserat på renrumsklassning. Det arbete som utförs i renrum måste också följa vissa regler. Dessa inkluderar bland annat:

- Inga hastiga rörelser - för att minimera luftturbulens.
- Inte vidröra golvet med något annat än skosulor - för att undvika kontaminering, då golvet är särskilt smutsigt.
- Inte placera verktyg på golvet. Om något vidrör golvet ska det bytas ut eller rengöras igen.

3.1.2 Blandningstankens uppbyggnad

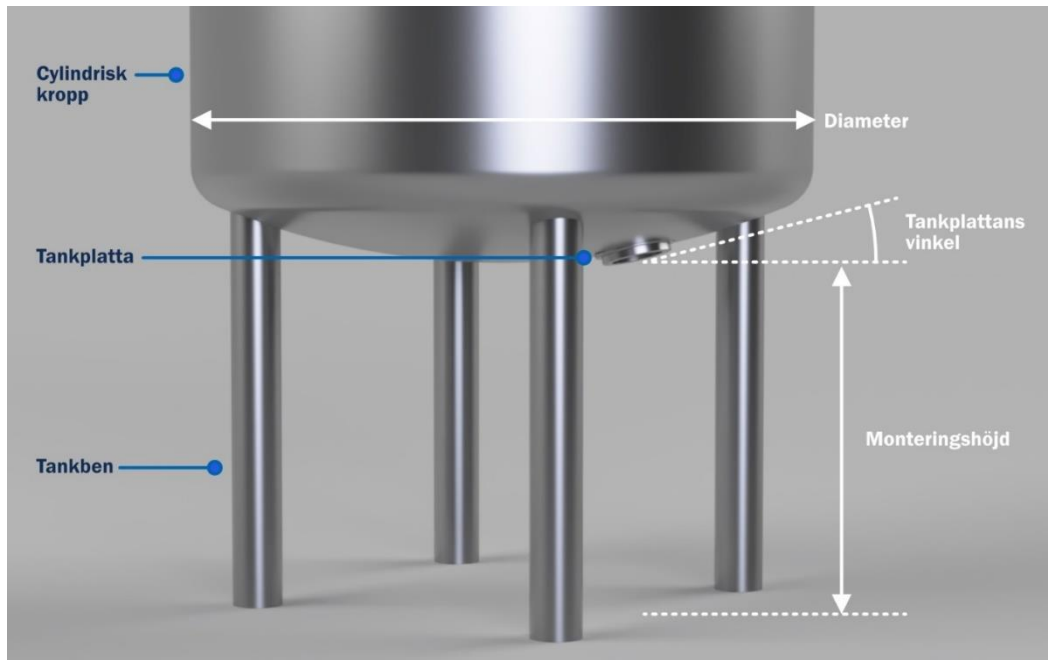
Inom läkemedelsindustrin förekommer behovet att hantera och blanda stora volymer av vätskor. Detta sker vanligtvis i cylindriska blandningstankar av rostfritt stål i varierade storlek. Blandningstanken kan beskrivas i 3 huvudsakliga komponenter:

- **Cylindrisk kropp** – Blandningstankens centrala beståndsdel i vilken vätskan blandas.
- **Tankben** – En uppsättning av vanligtvis fyra ben som den cylindriska kroppen står på.
- **Tankplatta** – En fastsvetsad monteringspunkt för magnetblandaren.

I många fall produceras blandningstankar på beställning av kunden, exempelvis ett läkemedelsföretag. Detta tillåter tankbyggaren att anpassa blandningstanken efter kundens unika behov, vilket gör att blandningstankar ofta skiljer sig från varandra i utformning. Några relevanta parametrar som varierar mellan blandningstankar är följande:

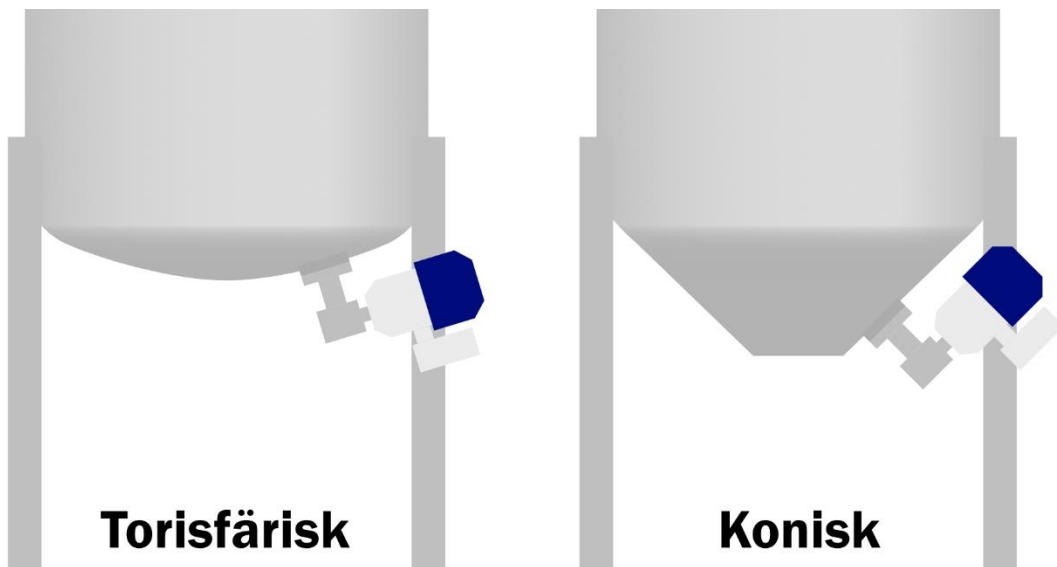
- **Monteringshöjd** – Distansen från golv till blandningstankens tankplatta varierar mellan olika blandningstankar, vilket påverkar monteringshöjden för drivenheten.
- **Diameter** – Den cylindriska kroppens diameter varierar, vilket påverkar tankplattans positionering i förhållande till resten av blandningstanken.
- **Tankplattans vinkel** – Vinkeln i vilken tankplattan är fastsvetsad i blandningstanken.

Se figur 9 på nästa sida för förtydligande.



Figur 9 Tanken och dess delar.

Olika typer av blandningstankar benämns efter hur botten på tanken är utformad. Vanligt förekommande utformningar är torisfärisk och konisk, se Figur 10. På botten av tanken monteras drivenhet, utlopp och mätutrustning av olika slag, se Figur 11 på nästa sida.



Figur 10 Illustration av torisfärisk respektive konisk blandningstank.



Figur 11 Bild på botten av tank med utlopp, givare och drivenhet.

3.1.3 Tankens placering i produktion

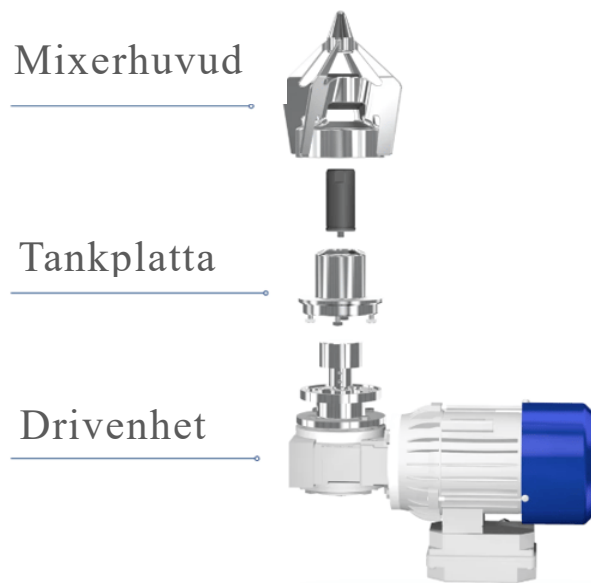
I produktionen placeras tanken i tekniskt rum eller i renrum baserat på renhetskrav. Alternativt placeras övre delen av tanken i ett renrum och nedre delen av det i ett tekniskt rum, vilket förenklar åtkomst till botten av tanken då renrumsrestriktioner kan undgås. I tekniskt rum placeras ofta kabelrännor, rör och vätskesargar under och omkring blandningstankarna. Detta bidrar till att tillgängligheten för montering av drivenheter i tekniskt rum ofta är sämre än i renrum.

3.1.4 Beskrivning av magnetblandare

Detta projekt behandlar enbart Metenovas magnetblandare av modell ZG. Det är en serie bottenmonterade magnetblandare som förekommer i storlek ett till tio.

Magnetblandaren monteras vanligtvis en bit ut från blandningstankens mittpunkt för att tillåta optimal blandning och möjliggöra centrerad placering av utlopp. Detta medför att mixerhuvudet är vinklat mot tankens mitt. Vinkeln varierar beroende på tankens storlek, utformning och huruvida dess botten är torisfärisk eller konisk.

Magnetblandaren kan delas upp i tre huvudsakliga delar: mixerhuvud, tankplatta och drivenhet, se figur 12.

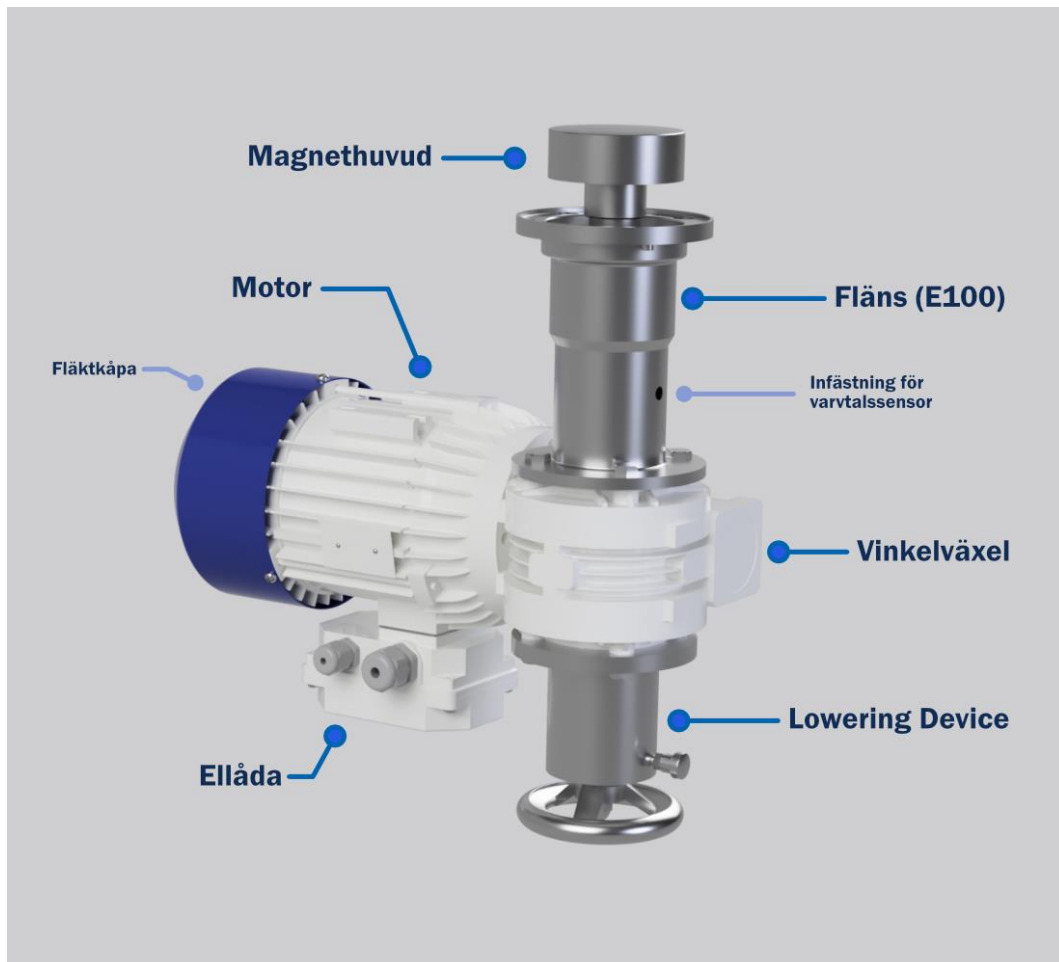


Figur 12 Uppbyggnad av magnetblandare, modell ZG. (Metenova AB, 2024). Figuren är bearbetad.

Tankplattan sitter fastsvetsad i blandningstanken. Den rymmer drivenhetens magnethuvud och har infästningspunkter i vilka drivenheten monteras med skruvar. Mixerhuvudet placeras på insidan av tanken över tankplattans cylindriska topp och roterar kontaktlöst genom magnetkopplingen till drivenhetens magnethuvud.

3.1.5 Drivenheten, dess delar och funktion

ZG drivenheter kan delas upp i fem huvudsakliga komponenter: motor, vinkelväxel, magnethuvud, fläns och ellåda. Se Figur 13.



Figur 13 Drivenhet och dess delar.

- **Motor:** Asynkronmotor som utgör majoriteten av drivhetens massa. Baksidan av motorn täcks av en flätkåpa i plåt som är relativt ömtålig.
- **Vinkelväxel:** Växellåda som växlar om motorns varvtal och rotationsriktning. I ovansidan av denna är flänsen monterad, och i undersidan finns gängade hål ämnade för att montera eventuell Lowering Device.
- **Magnethuvud:** En samling permanentmagneter med poler radiellt orienterade från rotationsaxeln. Magnethuvudet roterar och driver mixerhuvudet genom magnetkoppling. Denna komponent bör undvikas att slås i vid montering, då detta kan ge upphov till skador som påverkar funktionen.

- **Fläns:** Sitter monterad på växellådan. Har monteringshål som används för att montera drivenheten mot tankplattan. Flänsen förekommer i två huvudsakliga utformningar: E0 – en kortare variant och E100 – en längre variant, som används i de fall blandningstanken är isolerad och kräver ett längre avstånd mellan infästning och motor. Vissa drivenheter kommer också med en så kallad bajonettfläns, som används för att låsa fast drivenheten preliminärt genom att föra in skruvar i monteringshålen och rotera drivenheten 25 grader motsols. I flänsen finns även ett hål för montering av en varvtalssensor.
- **Ellåda:** Låda på undersidan av motorn i vilken elkablar kopplas för att tillföra drivenheten med ström.

Utöver dessa fyra huvudkomponenter, finns ett tillägg "Lowering Device" som fästs i monteringshålen på undersidan av växellådan. Den möjliggör höjning och sänkning av magnethuvudet utan nedmontering av drivenheten.

Drivenheten och dess komponenter varierar i storlek, vikt och utformning beroende på vilken storlek på magnetblandare mellan ett och tio den tillhör. Drivenhetens totala vikt sträcker sig mellan 5 och 130 kg. Några andra relevanta parametrar som varierar med modellstorlek är:

- Längd på Lowering Device
- Diameter och hålbild av monteringshålen i undersidan av vinkelväxeln
- Flänstyp (Bajonettfläns eller inte)

3.2 Tillfällen för montering och nedmontering

Drivenheten monteras på och av blandningstanken flertalet gånger under sin livstid. Detta sker framför allt i samband med första installation och vid underhåll.

Vid installation av ett nytt tanksystem testas blandningstankar först hos tankbyggaren (FAT – Factory Acceptance Test). Efter detta monteras allt ned och levereras till slutkund där det sedan monteras ihop och testas igen (SAT – Site Acceptance Test). Under denna process monteras drivenheten på och av flera gånger för transport och genomförandet av tester.

När tanksystemet är installerat, sker årligt underhåll av magnetblandaren där mixerhuvudet plockas av och inspekteras. Detta underhåll sker generellt av montörer hos företaget som använder magnetblandaren. Med magnetblandare som har Lowering Device är det möjligt att plocka av mixerhuvudet genom att sänka magnethuvudet, och nedmontering av drivenheten är alltså inte nödvändigt. Många av Metenovas magnetblandare som brukas i dagsläget saknar dock detta tillägg. Dessa drivenheter behöver nedmonteras årligen för att möjliggöra underhåll.

3.3 Befintliga tillvägagångssätt för montering

3.3.1 Manuell montering

Det vanligaste tillvägagångssättet för montering av drivenheter sker manuellt av en till fyra montörer baserat på drivenhetens storlek och monteringsläget. De allra tyngsta drivenheterna (ZG 7-10) väger runt 30-130 kg vilket kräver flera montörer för att lyfta och positionera drivenheten och i fallet med de tyngsta, används hjälpmedel som lyftbord eller pallyftare. Se Figur 14.



Figur 14 Exempel på manuell montering med drivenhet (Metenova AB, 2024).

Monteringsposition sett till höjd, vinkel och åtkomlighet som drivenheten monteras i påverkar också hur många montörer som krävs samt hur belastande arbetet blir. Även de lättare drivenheterna kan kräva flera montörer på grund av svårigheter med att hålla drivenheten på plats och samtidigt fästa den i tankplattan med skruv.

Eftersom drivenheten är bottenmonterad, behöver montörerna arbeta under blandningstanken. Vid låga monteringshöjder leder detta till obekväma arbetspositioner. I vissa fall behöver montörer till exempel stödja sig med knät på golvet för att montera drivenheten, ett förfarande som inte rekommenderas i renrum. Se Figur 15 för förtydligande av arbetsposition.



Figur 15 Illustration av montör som stödjer sig på knät för att montera drivenhet under tank.

3.3.2 Hjälpmedel vid montering

Vid montering av särskilt tunga drivenheter förekommer det att lyftbord används, se figur 17 på nästa sida. Drivenheten placeras på lyftbordet och förs in under blandningstanken. Montören lutar och roterar drivenheten på lyftbordet med händerna för att matcha vinkeln och hålen på tankplattan. Sedan förs drivenheten upp genom att försiktigt föra lyftbordet uppåt och inåt mot tanken samtidigt som drivenheten hålls på plats i ett försök att styra in magnethuvudet utan att det slås mot tankplattan.

Användningen av styrpinnar förekommer också. Två gängade stänger monteras i tankplattan varpå flänsen träs på styrpinnarna. Därefter kan drivenheten lyftas mot tankplattan längs med styrpinnarna och därmed matchar flänsens monteringshål med tankplattans.



Figur 16 Montering med lyftbord.

3.3.3 Belgisk monteringslösning

Den enda kända specialbyggda monteringslösningen för drivenheter skapades av en av Metenovas distributörer i Belgien. Denna monteringslösning används till en specifik typ av blandningstank hos en kund i Belgien och är anpassad för modifierade drivenheter som inte kräver linjering av monteringshål mellan tankplattan och flänsen på drivenheten.

Blandningstanken som monteringslösningen är anpassad för har en utformning där magnetblandaren är monterad längst ned i mitten, utan vinkel. Positionen av blandningstankens ben i relation till tankplattan är densamma för alla tankar av denna typ. Den belgiska monteringslösningen använder benen på tanken för att lokalisera tankplattan.

I botten av drivenheten är en plåt permanent monterad genom vilken drivenheten fästs i monteringslösningen. Den belgiska monteringslösningen är utformad som en vagn med fyra hjul som drivenheten placeras på. Användningen av monteringslösningen sker i stora drag som följande. Drivenheten monteras på vagnen som sedan förs in under blandningstanken och dockas mot tankens ben. Sist förs drivenheten rakt upp mot tankplattan med hjälp av en hävarm. På grund av sekretess finns ingen bild tillgänglig.

3.4 Projektets kontext och verkningsområde

Då miljön runt tankarna där drivenheterna sitter monterade varierar, är det svårt att hitta en universell monteringslösning. Som beskrivet ovan befinner sig ibland drivenheterna i tekniskt rum, där det är mycket kringliggande utrustning. I renrum däremot är det mindre kringliggande utrustning, vilket gör det lättare att komma åt drivenheten med en monteringslösning.

I samråd med Metenova fattades beslutet att monteringslösningen inte skulle beakta tekniskt rum, utan vara anpassad enbart för renrum, för att minska problemrymden. Det beslutades även att monteringslösningen skulle anpassas för Metenovas ZG7 i första hand, som är deras mest sålda modell. En lösning som fungerar för ZG7 antas även kunna fungera för kringliggande storlekar och kunna skalas upp för de största drivenheterna. Blandningstanken som lösningen anpassas för antas också ha fyra ben.

Ytterligare krav från Metenova som introducerades i projektbeskrivningen var att monteringslösningen inte får innehålla elektriska komponenter. Samt att den ska även kunna manövreras av en person.

4 Genomförande

I detta kapitel förklaras hur produktutvecklingsprocessen har formats utifrån teori som beskrevs i föregående kapitel. Kapitlet täcker också vilka metoder som använts för att driva processen framåt.

Processen delades upp i fem faser:

- Informationsinsamling
- Analys
- Idégenerering
- Syntes
- Verifiering

Eftersom processen var iterativ återbesöktes samtliga faser under arbetets gång. Likaså pågick angränsande faser ofta samtidigt. Till exempel överlappade analys av information med informationsinsamling.

4.1 Projektupplägg – kort förklaring av fasernas innehåll

Kandidatarbetet har sträckt sig över en termin och har under denna tid delats in i olika faser. Faserna har överlappat varandra för att tillåta analys av föregående fas i realtid, vilket har underlättat för beslutsfattande. Processen har på så sätt fått en iterativ utformning, som lett till att besluten kunnat utvärderas kontinuerligt.

Då projektets slutprodukt ämnar att hjälpa montörer med en synnerligen specifik och komplicerad uppgift, ansågs det viktigt att förstå arbetsprocessen grundligt. Under fas ett upprättades relevanta kontakter och en förstudie genomfördes. I förstudien samlades information om kontexten, användarna och monteringsprocessen i fråga. Informationen sammanställdes och analyserades kontinuerligt under fasen. Utifrån analysen av insamlad information, upprättades delmoment vilka utgjorde grunden för idégenereringsfasen. Lösningar på delmomenten sammanställdes sedan i en syntesfas där olika metoder för konceptframtagning applicerades för att generera tre varierade koncept. Genom ytterligare bearbetning följt av verifiering och prototypande, togs ett slutligt koncept fram baserat på dessa.

4.2 Informationsinsamlingsmetoder

För att få förståelse för problemområdet samt identifiera behov och krav så användes litteraturstudier, intervjuer och observationer. Alla intervjuer och observationer har följt dataskyddsförordningen GDPR. Information både från montörer och från miljön produkten ska befinna sig i ansågs relevant. Informationen samlad här utgjorde grunden för projektet. Nedan listas de använda informationsinsamlingsmetoder.

4.2.1 Informationsinsamling gällande riktlinjer och klassifikationer för renrum

För att djupare förstå kontexten som monteringslösningen är avsedd för samt specifika krav för produkten i fråga, gjordes efterforskningar om de riktlinjer och klassifikationer som fanns gällande renrumsmiljö. Denna information presenteras i föregående kapitel. Information om detta område samlades inledningsvis genom litteraturstudier, men även genom intervjuer i ett senare skede. De inledande litteraturstudierna lade grund för utformningen av intervjuer relaterat till renrum. Kunskaper kring renrumsmiljö låg som grund för idégenerering samt konceptförslagen som sedan tagits fram.

4.2.2 Marknadsundersökning – existerande lösningar

I syfte att få inspiration undersöktes marknaden för existerande monteringslösningar för samma problem. Då ytterst få liknande produkter kunde identifieras, skiftades fokus till att få inspiration från delar av existerande produkter. Dels sett till andra produkters lösningar på olika funktioner och delmoment som monteringen kräver, dels sett till hur renrumsanpassade produkter av olika slag är utformade.

4.2.3 Intervjuers struktur

Under informationsinsamlingen så utfördes intervjuer med personer med olika kunskapsområden inom projektets ramar. Syftet med intervjuerna var att få en starkare helhetsbild av monteringsprocessen och påverkande faktorer. Då syftet med projektet är att underlätta monteringsprocessen för användaren, prioriterades kontakt med montörer som hade stor erfarenhet av att montera drivenheter på olika typer av tankar. Utöver det fanns värde i att samtala med tekniker och renrumsansvariga då dessa besatt högst relevant information om miljön som monteringen tar plats i.

Intervjuerna som utfördes semistrukturerade och utgick från en förutbestämd intervjumall (bilaga A). Icke förutbestämda följdfrågor förekom för att förtydliga vissa uttalanden. Intervjumallen består av inledande öppna frågor och snävar sedan in på mer specifika frågeställningar. Frågeställningarna delades upp i tre större områden som ansågs relevanta –

montering, ergonomi och renrum. Dessa områden följde även dem en trattliknande utformning och gick från bredare frågor till mer specifika. Montering ansågs viktigt för att ge underlag till helhetsbilden av processen. De resterande två avsåg att hjälpa skapa en problembild för montör samt arbetsmiljöaspekter.

Totalt genomfördes sju intervjuer, tre hos Metenova, tre hos Fresenius Kabi i Uppsala som använder Metenovas magnetblandare, samt en med en tankbyggare från Belgien som utvecklat en egen monteringslösning för Metenovas magnetblandare. Samtliga intervjuer genomfördes i person för att underlätta kommunikation och följdfrågor. I så god mån som möjligt tog intervjuerna plats i monteringsprocessens kontext, för att möjliggöra demonstrationer och tydligare förklaringar. Dessa intervjuer transkriberades sedan och användes vid senare tillfälle i analysfasen.

4.2.4 Observationers struktur

Observationer utfördes för att få en djupare förståelse för monteringsprocessen, hur kringliggande faktorer påverkar monteringen samt för att hitta dolda behov och krav.

Totalt observerades montering och nedmontering av en drivenhet två gånger. En av dessa observationer utfördes hos Metenovas slutkund Fresenius Kabi i Uppsala, som använder deras magnetblandare. Där utfördes en öppen, naturlig och semistrukturerad observation av montering och nedmontering av drivenhet i tekniskt rum. Detta innebär att deltagarna var medvetna om att observationen skedde, men monteringen skedde enligt deltagarnas egna process utan utomstående direktiv. Den var semistrukturerad på sättet att observationen i huvudsak genomfördes för hela processen och inte var specifik till särskilda delar, men tid och handlingsföljd noterades under observationen.

Den andra observationen var delvis deltagande och genomfördes i ett tekniskt rum med utvecklingsingenjör hos Metenova. Denna observation var även semistrukturerad, öppen och naturlig, eftersom det lämpade sig bäst för informationsinsamlingen. Vid detta tillfälle, testade dock även två gruppmedlemmar att montera och nedmontera en drivenhet på samma sätt som utvecklingsingenjören visat innan.

Observationerna skedde i samband med intervjuer och bidrog till diskussion kring arbetet och särskilt intressanta moment. Inför observationen ombads deltagaren att muntligt redogöra för monteringsprocessen vilket sedan kunde jämföras med utförandet, där avvikelser kunde uppmärksammas. Detta för att få inblick i vad montörer tänker kring monteringsprocessen jämfört med vad som faktiskt sker. Totalt utfördes fyra observationer varav två var deltagande.

4.3 Analysfas

För att bearbeta, strukturera och analysera informationen som samlades in under informationsinsamlingsfasen nyttjades metoderna nedan.

4.3.1 Analys av intervjuer

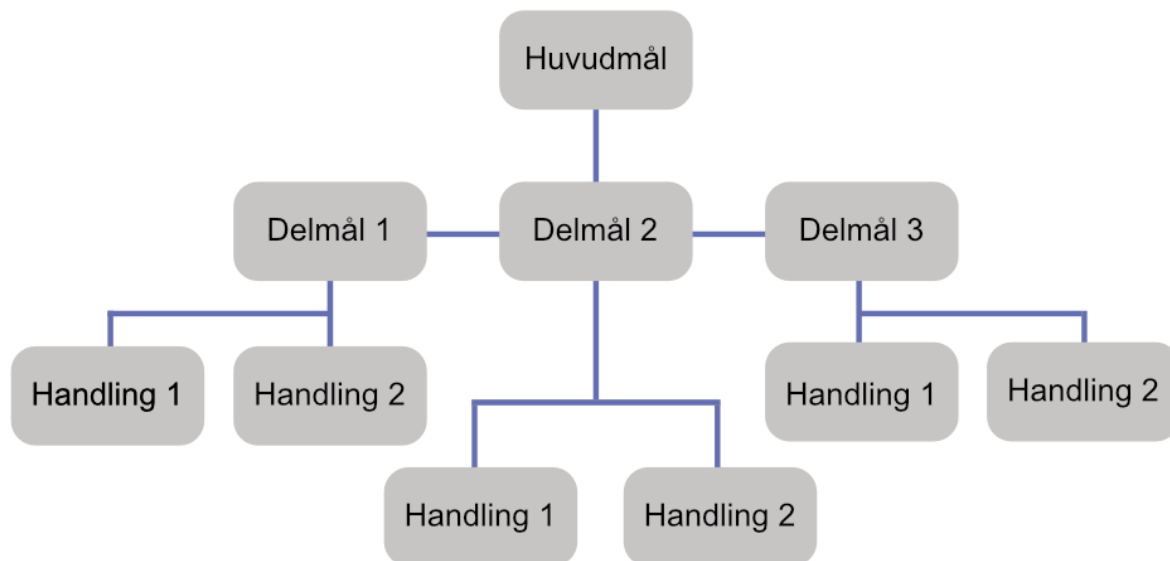
Från de transkriberade intervjuerna plockades citat som ansågs relevanta ut. Dessa citat sammanställdes med hjälp av programvaran ”Mural”. Citaten placerades i olika kategorier efter liknande innehåll (bilaga B). När samtliga citat placerats ut så rubricerades grupperna som ansågs hålla ihop. På så vis skapades en överblick av viktiga problemområden vid monteringsprocessen. KJ-analysen låg senare till grund för kravställning på monteringslösningen. Se Figur 17.



Figur 17 Överblick av KJ-analys. Finns även i bilaga B.

4.3.2 Hierarkisk uppgiftsanalys

En hierarkisk uppgiftsanalys, eller HTA - Hierarchical Task Analysis (bilaga C) skapades för att strukturera upp monteringsprocessen i delmål och handlingar. Den baserades på resultat från intervjuer och observationer. Också här användes ”Mural” för att visualisera arbetsgången. Noder som beskriver delmål och handlingar placerades ut i förgreningar i en kronologisk ordning, där slutet av varje gren representerar en handling av användaren. Se Figur 18.



Figur 18 HTA:ns struktur, huvudmål uppdelat i delmål som ytterligare delas upp i handlingar. Den utförda HTA:n finns i bilaga C.

För att fånga samtliga delmoment, skapades två olika HTA:s – en för manuell montering och en för montering med hjälp av monteringslösning, som finns att betrakta i bilaga C.

4.3.3 Ergonomiska analyser

Med utgång från HTA:n för manuell montering genomfördes en PEPA - Physical Ergonomics Product Assessment (Bligård & Berlin, 2022) (bilaga D). Med denna metod kartlades den fysiska belastningen vid montering och nedmontering av en drivenhet utan en monteringslösning, men med hjälp av ett lyftbord. Delmomenten som utvärderades ställdes upp med utgång i HTA:n. Metoden tillämpades på observationen av montering och nedmontering som utfördes av utvecklingsingenjör på Metenova. Detta tillfälle valdes eftersom det liknade renrumsmiljö närmast sett till avsaknaden av kringliggande utrustning. Syftet med analysen var att belysa de delmoment som är mest fysiskt krävande och därigenom vilka områden monteringslösningen behövde fokusera på att underlätta.

Denna metod användes också för att utvärdera det slutliga konceptets ergonomiska prestanda i jämförelse med det ursprungliga tillvägagångssättet.

För att vidare utreda problemområden och identifiera förbättringspotential utfördes en REBA - Rapid Entire Body Assessment (bilaga E) – på samma observerade monteringsprocess som omnämns ovan. (Hignett, 2000). En REBA-analys används för att utvärdera ergonomi hos en arbetsställning genom att betygsätta olika kroppsdelars lägen, för att sedan få ett slutbetyg på arbetsställningen som helhet. Denna metod gör att man kan jämföra olika arbetspositioner, och avgöra vilken som är mest ergonomisk utifrån det givna betyget. I denna analys valdes två

arbetspositioner ut för utvärdering – vinkelställning och höjning av drivenheten, eftersom dessa ansågs vara mest påfrestande för montören. Samma arbetspositioner utvärderades senare för monteringsprocessen med hjälp av den slutliga monteringslösningen.

För de båda ergonomiska analyserna av den slutliga monteringslösningen gäller att ett verkligt användningsscenario teoretiskt efterliknades, men inte skedde med en faktisk blandningstank på plats i ett renrum.

En REBA- samt PEPA-analys genomfördes också för monteringsprocessen som observerats i tekniskt rum hos Fresenius Kabi, men bortses från efter avgränsning från tekniskt rum. Se bilaga F för mer information.

4.3.4 Kravspecifikation

Utifrån analysfasen samt givna krav från uppdragsgivaren uppfördes en kravspecifikation (bilaga G). Denna innehåller både krav och önskemål gällande funktioner hos slutprodukt. Kraven och önskemålen gäller främst funktionalitet men även material, ergonomi och säkerhet. Kravspecifikation har uppdaterats kontinuerligt under arbetets gång. Syftet med specifikationen är att klargöra viktiga funktioner och ligga som grund för utvärdering av idéer och koncept.

4.4 Brainstorming och mindmapping kring identifierade delmoment

Under den tidiga idégenereringsfasen användes brainstorming. Metoden utgick utifrån HTA:n för montering med monteringslösning där de relevanta delmomenten fastställdes till: montering på lösning, transport, styrning, linjering, placering och åtdragning av skruv.

Aktiviteten brainstorming tillämpades på varje delmoment. Under tillfällena för brainstorming delades tomma papper ut till samtliga medlemmar som sedan skissade på lösningsförslag för respektive delmoment under loppet av åtta minuter. Därefter pausades skissandet och diskussion fördes kring alla idéer. Detta för att ge inspiration till nästa pass på åtta minuter där skissandet fortsatte på samma blad. Denna ungefärliga process upprepades för alla delmoment. Efter brainstorming genomförts för samtliga delmoment, gjordes detsamma med metoden mindmapping . Metoden innebär att varje deltagare fick ett ark papper och påbörjade skisser på lösningar för delmomentet i fråga. Efter tre minuter skickades pappret vidare till nästa person och fortsatte så tills samtliga deltagare skissat på samtliga lösningar.

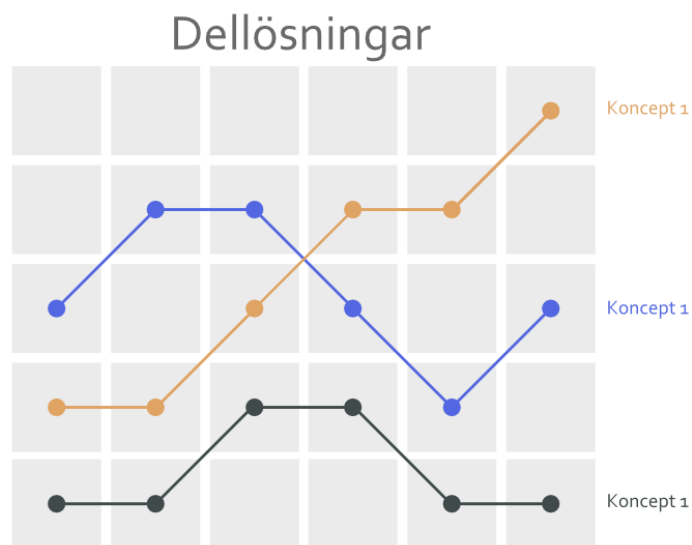
Skisser och diskussioner tillämpades i stor utsträckning under alla stadier av produktutvecklingsprocessen för att utforska, förklara och utvärdera tankar om olika lösningsförslag.

4.5 Konceptgenerering

I detta kapitel presenteras olika metoder som används för att generera och utvärdera koncept.

4.5.1 Morfologisk matris

För att framställa koncept utifrån dellösningar sammanställdes lösningförslag för delmomenten i en morfologisk matris. Utifrån denna matris utformade varje deltagare tre koncept genom att kombinera olika dellösningar från varje delmoment. Konzepten realiserades i skissformat och presenterades för gruppen för vidare diskussion. Resultaten av konceptgenereringen togs vidare till utvärdering och eliminering av koncept. Se Figur 19.



Figur 19 Exempel på Morfologisk matris.

4.5.2 Konceptvägning

För att enkelt och snabbt utvärdera och sälla bland framtagna koncept, togs tre huvudkriterier fram som sammanfattar kravspecifikationen och monteringslösningens syfte.

- Monteringslösningen är anpassad för cleanroom
- Monteringslösningen minskar krävda mantimmar (jämfört med nuvarande montering)
- Monteringslösningen är ergonomisk

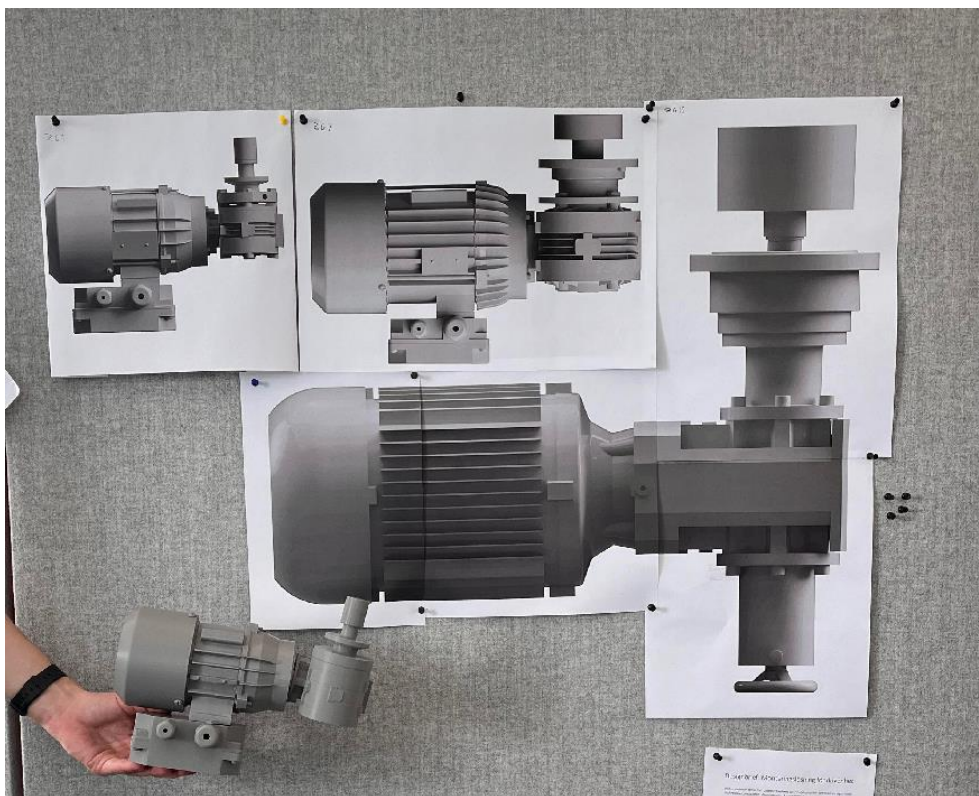
Utifrån dessa kriterier diskuterades hur väl koncepten förbättrade eller uppfyllde dessa kärnvärden och således kunde koncepten vägas mot varandra.

4.6 Verifiering och prototypande

I detta kapitel presenteras tre olika metoder för att konkretisera och utvärdera koncept.

4.6.1 3D-modellering, CAD

Slutgiltiga konceptval modellerades i CAD-programvaran Autodesk Fusion 360. Komponenter som bestämts nödvändiga i tidigare skede modellerades tidigt och agerade referens och medierande objekt för konceptutveckling. Existerande 3D-filer för drivenheten tillhandahölls av Metenova och kunde nyttjas för att skriva ut en skalenlig 3D-utskrift av en mindre drivenhet samt skalenliga bilder av de större drivenheterna. Se Figur 20. Dessa användes också som medierande objekt för att kommunicera idéer och tankar inom projektgruppen.



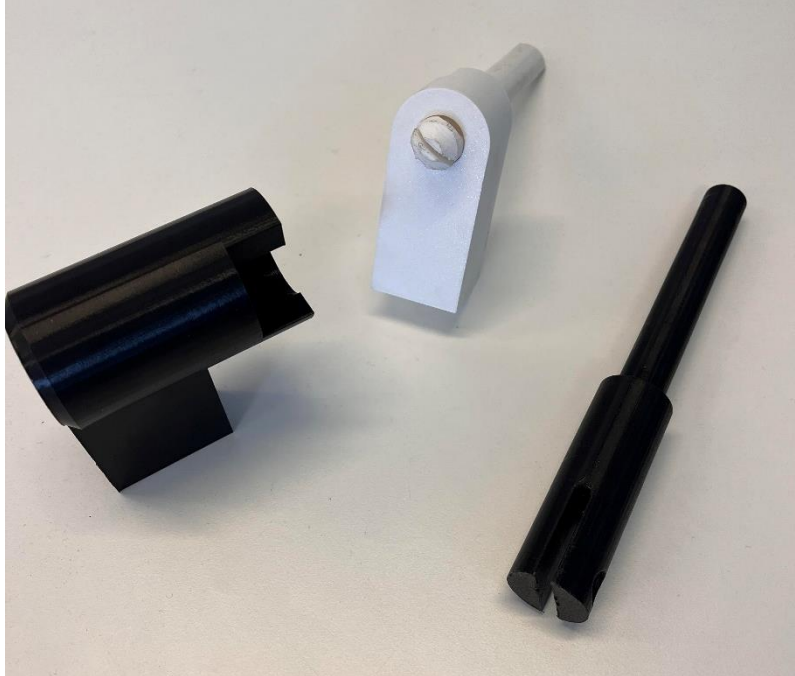
Figur 20 Bild på medierande objekt.

Vid utveckling av koncept i senare skede, användes CAD för att visualisera koncept, verifiera dess funktioner och säkerställa kompatibilitet med Metenovas drivenheter. Genom att använda CAD, kunde potentiella krockar mellan monteringslösning och drivenhet tidigt och enkelt identifieras för att sedan åtgärdas eller ligga som grund för eliminering av koncept.

4.6.2 3D-printing

Under produktutvecklingsprocessen utvärderades koncept och dellösningar med hjälp av 3D-printing. Metoden nyttjades på grund av möjligheten till hög upplösning med relativt låg

tidsförbrukning samt enkelheten av att kunna sätta koncept i förhållande till olika drivenhetstyper direkt i CAD-programvaran. Utskrifterna av hela koncept eller dellösningar, användes som medierade objekt i diskussioner, men också för att utvärdera skala och funktion. Se Figur 21 för exempel.



Figur 21 Exempel på 3D-prints.

4.6.3 Tillverkning och test av skalenlig prototyp

I det senare skedet av konceptutvecklingsfasen, konstruerades två skalenliga och funktionella prototyper. Dessa tillverkades i metall för att möjliggöra funktionstestning med en riktig drivenhet. Designerna gjordes först i CAD och anpassades för att tillverkas med de maskinerna som fanns tillgängliga för projektet. Maskinerna som användes var svarv, fräs, vattenskärare, svets och kallsåg. För att spara tid och samtidigt uppnå hög precision på delarna användes vattenskäraren i så hög utsträckning som möjligt. För att spara tid och samtidigt uppnå hög precision på komponenter, användes vattenskäraren i så hög utsträckning som möjligt vid prototypstillverkningen. Det frigjorde tid till att få presspassningar och axlar inom de utsatta toleranserna. Designen krävde specialbyggda axlar för att fungerar därför beställdes inte färdiga axlar för projektet.

De två koncepten utvärderades genom praktiska tester med de konstruerade prototyperna. Testerna genomfördes i en träverkstad med en drivenhet av modell ZG7. Prototyperna fästes i skruvstäd, och samtliga steg för monteringsprocessen genomfördes i så god utsträckning som

tillgängliga medel tillät. Blandningstank och infästningspunkt fanns inte med i testerna. Se Figur 22.



Figur 22 Funktionstest av prototyp.

I ett senare skede utfördes också ergonomiska analyser av slutkonceptet. Underlaget för detta skapades genom att testa prototypen på ett befintligt lyftbord för att närmare simulera faktiskt användning. Se Figur 23.



Figur 23 Bild på test av prototyp monterad på ett lyftbord.

5 Behov och krav

I detta kapitel tas resultat upp kring de behov och krav som identifierats för monteringslösning vilka legat till grund för avgränsningar och beslut under produktutvecklingsprocessen. Dessa resultat sammanfattas i kravspecifikationen som uppförts se bilaga G.

5.1 Renrum och GMP-standard

Några av de viktigaste riktlinjerna för produktutvecklingsprocessen kommer från ”Good Manufacturing Practise” – förkortat GMP (Europeiska Kommissionen, 2022). GMP är ett regelverk som bland annat styr utformning, klassificering och rengöring av renrum. GMP har också riktlinjer kring hur arbete får ske i renrum, samt hur utrustning i renrum ska utformas och underhållas vilket är mest centralt för framtagningen av monteringslösningen. Mycket information har också framkommit från intervju och intervju deltagarens tolkning av GMP’n då den inte går in i detalj i utförandet och fokuserar mer på renlighet som koncept.

5.1.1 Rengöring

Utrustningen ska vara lätt att rengöra. För produkten innebär detta krav på minimering av skrymslen och irreguljära ytor som är svåra att nå under rengöring samt möjliggörande för demontering av delar för lättare rengöring. Vid rengöring spolas ofta utrustningen med rengöringsmedel. För effektiv rengöring önskas att medlet lätt ska rinna av samtliga ytor i renrum. Därför bör horisontella konkava ytor där rengöringsmedel kan samlas undvikas.

Utrustningen ska tåla rengöring. All utrustning måste rengöras med alkoholer och spordödande medel på regelbunden basis. Rengöringsmedlen är frätande och lösande vilket kan degradera många plaster och metaller över en längre tid av periodisk rengöring.

5.1.2 Flyktiga material och ämnen

Ett renrums renhetsklassning bestäms av dess partikelkoncentration och mikrobiella kontaminering. Därmed är det centralt att materialen i renrum inte kontaminerar sin omgivning. Material som består av fibrer som trä, papper och textilier, samt vissa metaller avger passivt partiklar till sin omgivning och är därav olämpliga för användning i renrum. Oljor, fett och lim är sådant som också avger partiklar passivt till sin omgivning och är därmed inte heller lämpade för renrum.

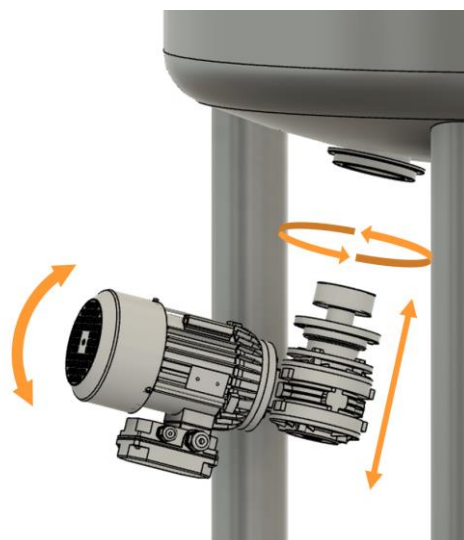
Avrådan för användning av flyktiga material och ämnen utesluter en stor mängd material, standardkomponenter och fogningsmetoder. På grund av detta används svetsat rostfritt stål i stor utsträckning till de flesta produkter i renrum. Plaster, som vissa typer av polyetereterketon

(PEEK) (Solvay, 2015) och polypropen (PP) (CLIN, u.d.), kan också användas i renrum om andra egenskaper än stålets krävs. Utifrån dessa riktlinjer, fastställdes att monteringslösningen bör vara konstruerad av svetsat rostfritt stål och att eventuella plastdetaljer bör tillverkas i PEEK eller PP.

5.2 Förutsättningar för montering

En utforskande observation hos läkemedelsproducenten Fresenius Kabi visade att placeringar av blandartankar i ett tekniskt rum kan variera. Det framkom också hur ett tekniskt rums övriga konfigurering kan försvåra åtkomsten av tankplattan på blandartankar. Runt blandningstankar i dessa tekniska rum löper sprinklersystem, kabelrännor och diverse rör runt om tankarna i olika konfigurationer vilket kraftigt försämrar åtkomlighet och försvårar montering. Runt de flesta blandningstankar finns även vätskesargar för att förebygga översvämning om tankar och tätningar skulle gå sönder. All denna variation av kringliggande utrustning gör det synnerligen svårt att utveckla en monteringslösning som fungerar för alla konfigurationer. I samråd med Metenova fattades beslutet att avgränsa projektet från montering i tekniskt rum och enbart fokusera på utvecklingen av en monteringslösning för renrum, där det finns mindre kringliggande utrustning och där utrymmet är mer standardiserat.

Det framgick i intervjuer med Fresenius Kabi att torisfäriska blandningstankar med tankplattor monterade i botten är den mest frekvent förekommande konfigurationen. Det framkom också att det är vanligt med en tankplatta som är placerad i en vinkel på en blandningstank med torisfärisk botten. Tankplattans vinkel varierar generellt mellan 0 och 30 grader. Utifrån denna data ställdes kravet att monteringslösningen ska tillåta vinkelställning av drivenheten mellan 0 och 30 grader, för att möjliggöra linjering av fläns mot tankplatta. Funktionerna och rörelserna som önskas utav monteringslösningen kan ses i Figur 24, där även en tankplatta i vinkel visualiseras.



Figur 24 Visualisering av hur drivenheten måste kunna förflyttas i förhållande till blandartanken. Källa Metenova.

5.3 Montering – steg för steg

Nedanför beskrivs resultaten utifrån observationer som gjorts på monteringsprocessen och intervjuer om denna process. För att skapa en bättre överblick så delades hela monteringsprocessen upp i delmoment. De identifierade delmomenten lyder som följande:

- Montera drivenhet på monteringslösning
- Transport och styrning av drivenhet
- Linjering av drivenhet mot tankplatta
- Placering och åtdragning av skruvar

Montera drivenhet på monteringslösning

Belastningen som montören upplevde uppfattades variera mycket beroende på tillvägagångssätt under monteringen. De olika observerade sätten var att montera helt för hand, att ta hjälp av ett lyftbord eller den belgiska monteringslösningen, där drivenheten monteras på en vagn. Det upplevda besväret att montera drivenheten skiljde sig markant mellan dessa lösningar. Att montera för hand upplevdes mycket besvärligt medan den belgiska monteringslösningen såg till att monteringen blev enkel och smärtfri. Det ansågs därefter essentiellt att kunna fastställa position av drivenhet och därmed inte behöva tänka på vikten av drivenheten under resterande delmoment. Därmed togs beslut att monteringslösningen ska tillåta montering av drivenhet.

Transport och styrning av drivenhet

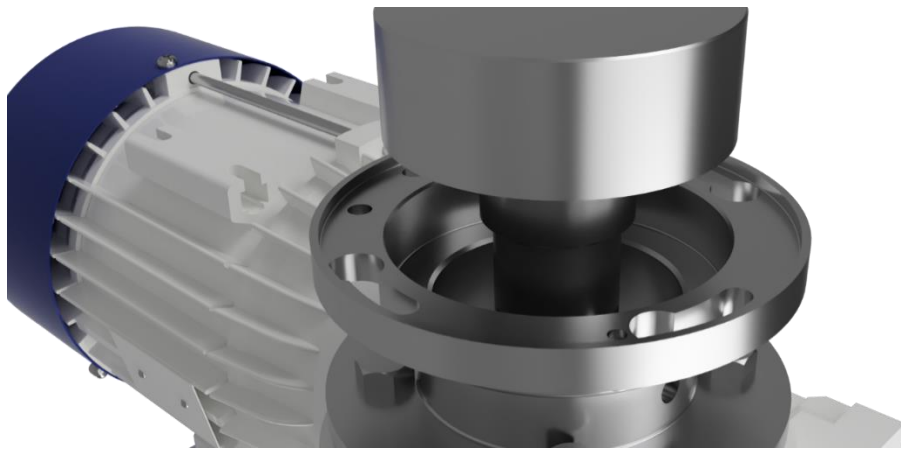
Att kunna transportera drivenheten framkom var mer vanligt, då det stundtals gjordes på befintligt lyftbord eller pallyftare. Det beslutades att den monteringslösningen monteras på ska kunna transporteras och detta med hjul.

Styrning av monteringslösning ansågs viktigt för att grovt kunna placera drivenheten nära tankplattan innan själva monteringen tas vid. I och med det beslöts det att transportereringen ska ske via länkhjul så att styrning kan ske via låsta hjul.

Linjering av drivenhet mot tankplatta

Efter att ha närmat sig tankplattan så påbörjas linjering av drivenheten. Linjeringen syftar på att föra in magnethuvudet så rakt som möjligt i linje med tankplattan. Efter diskussion framgick det att magneten ska hanteras varsamt och inte stöta emot tanklockets inre väggar för mycket. Existerande hjälpmedel, så som lyftbord, löser bara höj- och sänkning i vertikalt led. Den lösningen kräver av montören att vinkla drivenheten själv, samtidigt som höjning sker. Positionen som det arbetet kräver är inte ergonomisk och det önskas att monteringslösningen

kan höjas i samma led som den inställda vinkeln. Segmentet linjering kan delas upp i tre delmoment som lyder: Vinkling, höj- och sänkning i vinkel och linjering av skruvhål. Linjering av skruvhål syftar på att säkra upp flänsen mot tankplattan så att vikten avlastas inför åtdragning av skruvar. På modeller ZG7 och nedåt så kan flänsen på drivenheten vara utformad som en bajonettfläns. Detta hjälper monteringen då skruvarna kan sitta förmonterade på tankplattan och flänsen skruvas på i en roterande rörelse. Bajonettflänsen trär då över skruvarna i de större hålen, se Figur 25, och roteras in i den smalare skåran som då säkerställer position. Detta sätter också krav på en möjlig rotation kring magnethuvudet och beslut fattades att detta ska monteringslösningen inneha.



Figur 25 Rendering av bajonettfläns.

Placering och åtdragning av skruvar

Placering och åtdragning av skruv syftar på förvar av skruvar då dessa ska användas till att säkerställa montering. Ett uppmärksammat problem var att räkna sig efter verktyg i en besvärlig arbetsposition. Här kan det ibland vara nödvändigt för montör att bära upp vikten av drivenheten mot tankplattan medan denne räcker sig efter verktyg eller skruvar. Ett beslut fattades att tillåta verktyg och skruvar att vara nära till hands under monteringen.

5.4 Ergonomi – resultat av ergonomiska analyser

Under analysmetoden PEPA, där varje enskilt delmoment av monteringen samt nedmontering analyserades djupare, framgick det att delmomenten vinkling av drivenhet samt höjning och sänkning av drivenhet såg mest fysisk ansträngning. Analysen utgick från ett fall då montör hade ett lyftbord att ta hjälp utav. Resterande moment fick relativt bra betyg om hjälp av lyftbord fanns tillgängligt. PEPA-analysen vid användning av prototypen XPL visade på en förbättring på både dessa moment, där faktorer som styrka, precision, uthållighet och grepp fick bättre betyg. Processen av att nedmontera drivenheten analyserades också i form av en PEPA. Delmomentet att sänka drivenheten från tankplattan fick hög ansträngning, då den behöver fångas när dess magnetism lossar från mixerhuvudet. När drivenheten sitter monterad på XPL så sker det inget ryck när magnetismen lossar. Därmed behövs ingen ansträngning och det finns inte heller någon klämrisk då drivenheten faller ner. Analysen visade att flertalet faktorer så som styrka, precision, grepp samt belastning på kroppen gick från hög belastning till låg vid jämförelse mellan lyftbord och XPL.

Den ergonomiska analysmetoden REBA utfördes även den på de två förutnämnda delmomenten. Resultaten visade på att arbetsställningarna var undermåliga och positionen montören befann sig i under vinkelinställning av drivenheten gav betyget 11. Detta innebär en kritisk nivå och en drastisk förändring gällande arbetet bör implementeras direkt enligt metoden. Analysen som utfördes med prototypen XPL resulterade i siffran 6, innebärande medium risk vid fortsatt arbete. Belastningen har alltså sänkts med nästan hälften utifrån dessa siffror. Märkvärdt är att den stora förändringen speglas av att med XPL slipper montören bära upp vikt vid inställning av vinkel och behöver därmed inte ha armarna i en besvärlig position. En REBA-analys utfördes även på momentet höjning- och sänkning av lyftbord. Då detta moment behöver ske i samband med vinkelinställningen så behöver montör sitta knäböjd och pumpa upp lyftbordet för hands. Denna position resulterade i ett betyg på 9, hög risk för skada vid fortsatt arbete. Denna position utvärderades inte med prototypen XPL då lösningen helt kringgår behovet av montör att vara knäböjd under höjnings- och sänkningen på lyftbordet. Detta på grund av att montör kan ställa in vinkeln i förväg och då nyttja benen till att pumpa upp höjden. Det kan alltså påpekas att prototypen XPL har resulterat i en god förbättring i ergonomin för montering av drivenhet.

5.5 Kravspecifikation

Resultaten utifrån analysfasen sammanställdes i en kravspecifikation (bilaga G) där krav samt önskemål på slutprodukt listades. Viktiga delar från den kan läsas nedanför.

Prestanda

- Förkorta total monterings tid till maximalt 5 minuter
- Minska antalet montörer som krävs vid montering till max 1
- Tillåta enkel montering av monteringslösning på lyftbord
- Tillåta vinkling av drivenhet mot tankplatta i spannet 0 – 30 grader

Användningsmiljö

- Uppfylla kraven för användning i renrumsmiljö
- Ingen risk för vätskeläckage
- Tillåta enkel rengöring av samtliga ytor

Tillverkning

- Ska kunna tillverkas med bockning eller skärande bearbetning
- Tillverkningskostnad ska maximalt vara 20 000 kr

Ergonomi

- Avlasta användare från tunga lyft
- Medföra ergonomisk arbetsposition hos användare

Kompatibilitet med drivenheter

- Kompatibel med drivenhetsmodell ZG7
- Kompatibel med Lowering Device
- Tillåta låsning med bajonettfläns

6 Lösningsförslag på delproblem

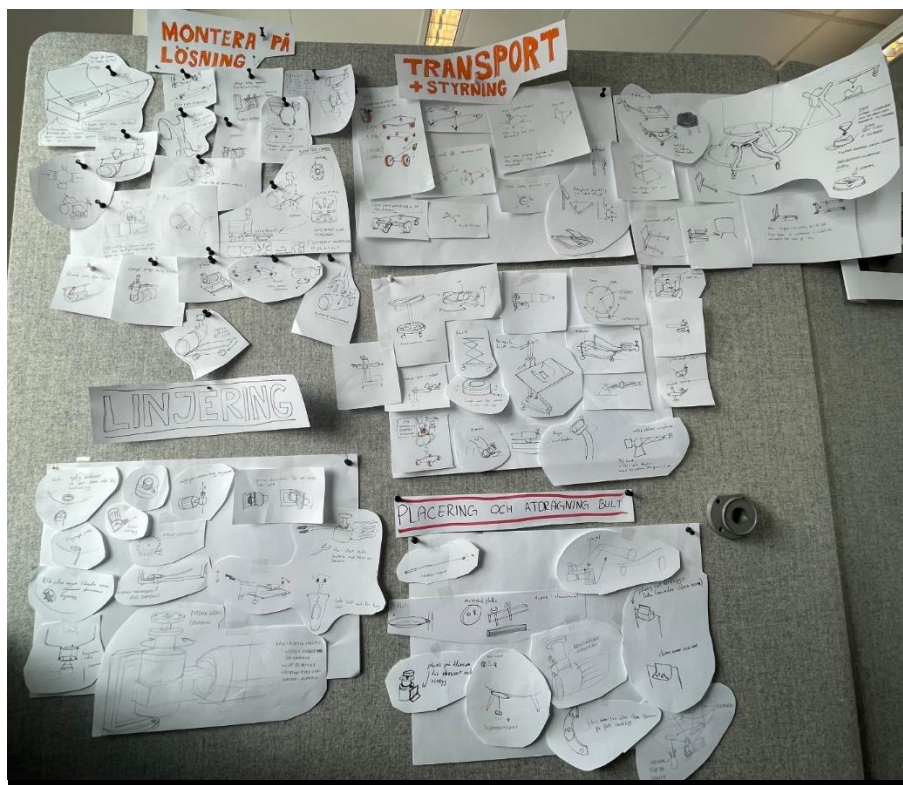
I detta kapitel beskrivs de valda dellösningarna för respektive delmoment, slutkonceptet och utvärdering av detta genom test av prototyp. I bilaga H beskrivs produktutvecklingsprocessen och vilka metoder som användes i kronologisk ordning.

6.1 Dellösningar

Nedan beskrivs resultatet från idégenereringen på olika dellösningar, samt de principer som tillämpas i slutkonceptet. Utifrån HTA:n för montering med monteringslösning som kartlägger de olika delmomenten, genererades idéer på olika lösningar. Vissa av delmomenten slogs ihop inför idégenereringspassen och resulterade i följande uppdelning:

- Montera drivenhet på monteringslösning
- Transport och styrning av drivenhet
- Linjering av drivenhet mot tankplatta
- Placering och åtdragning av skruvar

I Figur 26 nedan kan man se resultatet av de fyra idégenereringspassen.

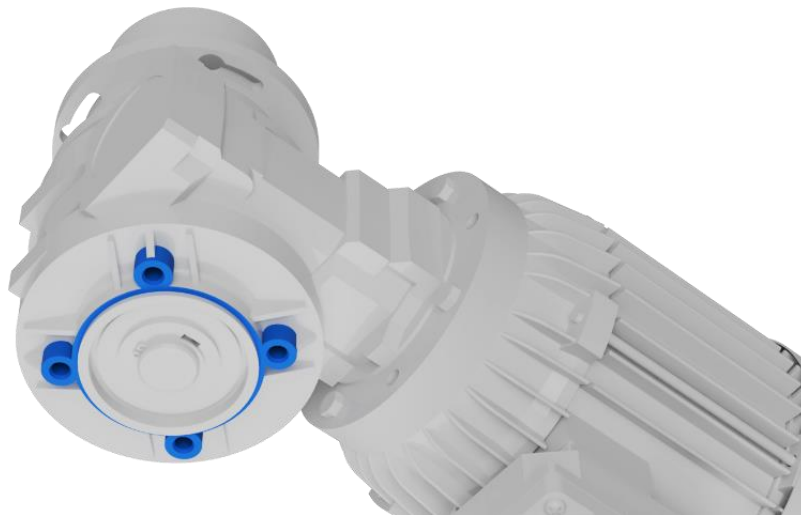


Figur 26 Resultatet från fyra idégenereringspass på de olika delmomenten.

6.1.1 Montera drivenhet på monteringslösning

”Montera drivenhet på monteringslösning” syftar på att fästa drivenheten på monteringslösningen, för att sedan tillåta säker förflyttning och linjering av drivenheten.

Här utforskades många olika lösningar, som att greppa runt drivenheten på olika sätt samt att använda redan befintliga fästpunkter på drivenheten. I bilaga I beskrivs de lösningar som sållades och anledningen bakom sållningen. Det undersöktes även om man skulle kunna fästa delar permanent på drivenheten redan vid tillverkning av komponenterna för att underlätta montering. Inspirationen till detta hämtades från en intervju med skaparen av den belgiska monteringslösningen, som beskrivs i avsnitt 3.3.3. Den lösning som togs vidare till slutkonceptet blev en kombination av att använda de befintliga skruvhålen under vinkelväxeln, se Figur 27 nedan, samt att fästa något på drivenheten permanent.



Figur 27 Skruvhål som kan användas som monteringspunkter på drivenheten markerade med blått.

I stället för att fästa drivenheten direkt i monteringslösningen med skruvar, skapades en adapter mellan drivenhet och monteringslösning, som monteras i skruvhålen under växellådan. Adaptern sitter färdigmonterad på drivenheten när kunden får drivenheten. Alternativt eftermonteras den hos de kunder som redan har drivenheter installerade.

En sådan adapter hade lett till minskad monterings tid samt gjort lösningen mer ergonomisk och lätthanterlig, då man rotationen runt magnethuvudet kan ske kontrollerat. Genom att ha samma infästning mellan adapter och resterande monteringslösning, men variera adapters storlek och hålbild efter olika modeller av drivenheter, kan flera typer av drivenheter hanteras med en och samma monteringslösning.

6.1.2 Transport och styrning av drivenhet

”Transport och styrning av drivenhet” syftar på att transportera drivenheten till plats för montering. Detta syftar dock endast på den grova förflyttningen och inte de finjusteringar som behöver göras för att matcha tankplattans vinkel eller för att linjera monteringshålen. Detta delmoment kan delas upp ytterligare: horisontell förflyttning, vertikal förflyttning och styrning. Den horisontella förflyttningen beslutades att göras med hjul, då det avlastar användaren och fungerar i renrum. En annan idé som utforskades var att ha en stationär monteringslösning bredvid tanken, men då man av praktiska skäl inte vill ha en monteringslösning bredvid varje tank behöver den också kunna flytta på sig. Hjulkonfigurationen undersöktes också, delvis genom utforskande tester där diverse vagnar med olika hjulkonfigurationen styrdes in under bord som skulle symbolisera tankar. Här framkom att länkhjul var att föredra, då de tillåter förflyttning i alla led. Ytterligare en idé var att ha en triangulär bas med tre hjul för att öka framkomligheten mellan tankens ben, men på grund av problem med stabilitet sållades det bort. För att se övriga dellösningar och varför de sållades bort, se bilaga J.

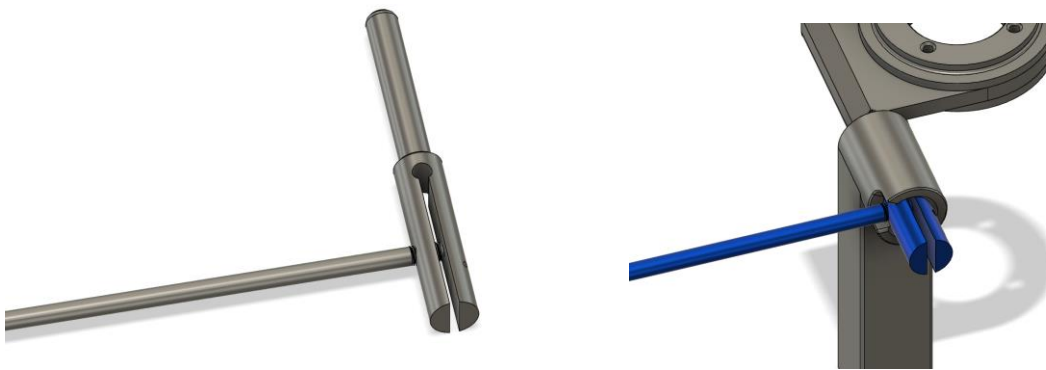
För vertikal förflyttning, undersöktes hydraulisk pistong, men att endast ha en sådan hade blivit ostabilt. Hydraulik är också en risk i renrum då det kan förekomma läckage och kontaminera rummet. Vajerlösningar med block och talja undersöktes också men valdes bort på grund av komplexitet. Att höja drivenheten med en kuggstång undersöktes också, men på grund av den ojämna profilen lämpar den sig inte för renrum. Att höja drivenheten med en hävstång filtrerades också bort eftersom det inte hittades någon bra lösningen för att låsa drivenheten i önskad höjd.

Den valda lösningen för transport och styrning är att nyttja ett befintligt lyftbord i vilken en monteringslösning fästs. Ett lyftbord löser vertikal förflyttning, horisontell förflyttning samt styrning och förekommer i renrumsanpassade modeller. Denna lösning medför även möjligheten att använda kundens befintliga lyftbord för monteringslösningen.

6.1.3 Linjering av drivenhet mot tankplatta

”Linjering av drivenhet mot tankplatta” syftar på att matcha skruvhålen på tankplattan med hålen på drivenhetens fläns, samt att matcha vinkeln av flänsen med tankplattans vinkel. Ett behov som identifierades under informations- och analysfasen var att steglösa justeringar är viktigt för att möjliggöra precis linjering, vilket hölls i åtanke under idégenereringsprocessen. Tidigt under projektet bestämdes det att linjering av skruvhål ska ske genom att rotera drivenheten runt magnethuvudets axel. Genom att rotera drivenheten runt magnethuvudets axel,

behåller drivenheten sin position i horisontalled, även när drivenheten roteras. På så vis kan vinkel och höjd ställas och låsas innan den slutliga rotationen sker för att linjera hålbilderna. För att justera vinkeln av flänsen beslutades det att drivenheten fästs på en axel via adaptorn. Adaptorn och drivenheten roterar runt axeln för att justera vinkeln. För att låsa drivenheten i önskad vinkel undersöktes olika lösningsförslag se bilaga M. Den valda lösningen består av en lång stång med handtag i ena änden och gängor i andra änden. Stången skruvas in i en axel med ett spår i mitten (se Figur 28). När stången skruvas in, expanderar axeln vilket leder till att friktionen ökar mellan axeln och höljet som omsluter den, varpå vinkeln låses.



Figur 28 Mekanism för låsning av vinkel.

Metoder för att underlätta linjeringen undersöktes också. Dessa bestod i stor utsträckning av externa, tankmonterade detaljer och inkluderade lösningsförslag som ”pinnskruv”, ”styrskärm” och ”gummibussning”. Se bilaga L för mer information om respektive lösningsförslag och varför de filterades bort.

6.1.4 Placering och åtdragning av skruvar

Placering och åtdragning av skruvar syftar på delmomentet att placera och dra åt skruvarna genom flänsen och tankplattan för att montera drivenheten på blandningstanken. Genom hela utvecklingsprocessen var en central tanke att lösningen bör medge god framkomlighet och underlätta monteringen av skruvar.

Idégenereringspasset på denna delfunktion kom att kretsa kring att underlätta monteringen genom diverse bonusfunktioner eller tillägg på existerande lösningar. Under observationerna noterades det ett behov av att ha en dedikerad plats där man lägger skruvar och verktyg då de ibland tappas och rullas bort. En lösning som togs fram var att ha en magnetisk yta, formad som en list eller en cirkel, för att kunna fästa sina skruvar och verktyg. Då skruvarna och verktygen kan vara av rostfritt stål hade detta dock inte fungerat, då rostfritt stål generellt inte har magnetiska egenskaper. Alternativa enklare lösningar var att ha en skål man kan fästa på

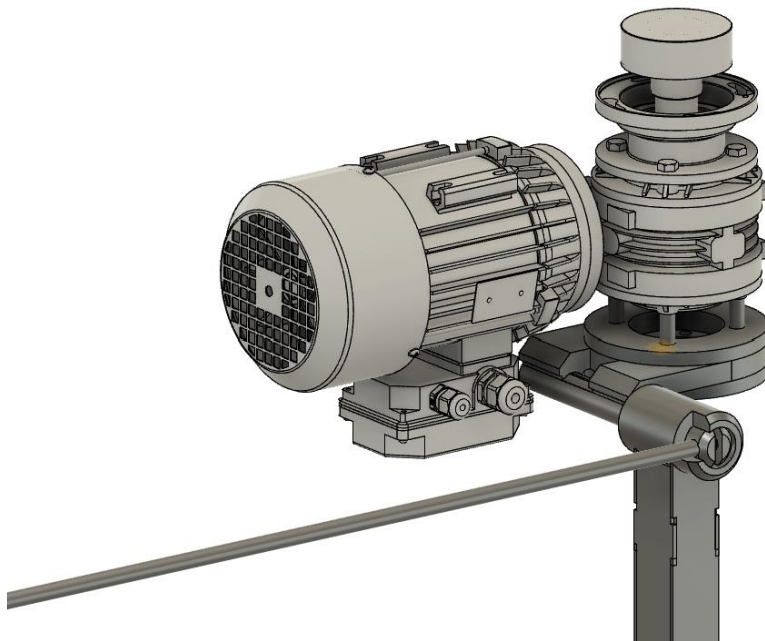
drivenheten på diverse punkter. Detta för att kunna placera skålen där den är minst i vägen men mest tillgänglig vid montering.

6.2 Koncept som utvärderades med prototyp

Ovannämnda dellösningar resulterade i konceptet "Expansionslås" (kommer benämnas som XPL i resterande text). Ett annat koncept som applicerar liknande dellösningar med viss variation och extra funktionalitet, togs också fram till detta stadiet. Konceptet kallas "Scott Russell" och beskrivs i bilaga P.

XPL är ett koncept som fungerar som ett tillägg till ett lyftbord. Monteringslösningen underlättar linjeringen av drivenheten mot tankplattan på blandningstanken genom att hålla drivenheten i rätt vinkel vid montering, samtidigt som den kan roteras för att matcha skruvhålen på tanken.

Konstruktionen är i rostfritt stål och består delvis av en adapter som sitter monterad under drivenhetens växellåda. På lyftbordet finns en påmonterad konstruktion med en axel i vilken adaptern fästs. Runt denna axel kan adaptern och drivenheten roteras för att ställa in rätt vinkel. För att ställa drivenheten i önskad vinkel, höjs och sänks stången som sticker är gängad i axeln. Genom att rotera stången expanderar axeln, vilket ökar friktionen mellan axeln och dess hölje och vinkeln låses. Se Figur 29 för CAD-underlag som användes för att skapa prototypen.



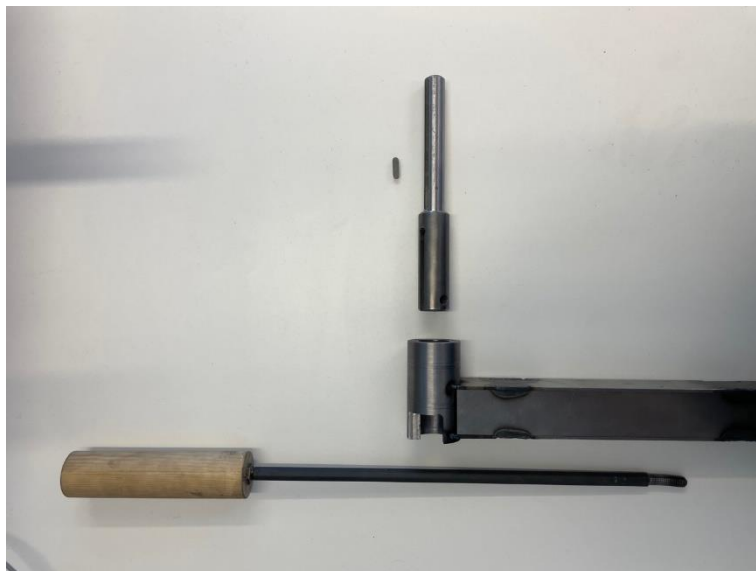
Figur 29 CAD-underlag av slutkoncept som användes för att skapa prototyp.

6.3 Tillverkning och utvärdering av prototyp

Funktionsprototyper i stål, se Figur 30, tillverkades på konceptet XPL och Scott Russel. Det här kapitlet beskriver vad som testades med prototypen på konceptet XPL och vilka slutsatser och lärdomar som togs från dessa tester. Se bilaga P för de slutsatser och lärdomar som togs från testerna på konceptet Scott Russel. För att förstå tillverkningsprocessen av de båda prototyperna läs bilaga Q.

Det som testades med prototypen för XPL var hur enkelt det var att fästa drivenheten med adaptorn på monteringslösningens axel. Det undersöktes även hur låsningen av vinkeln fungerade i olika lägen samt hur tungt det var att justera drivenhetens vinkel. Ytterligare utvärderades adaptorn och hur väl rotationen runt magnethuvudet fungerade.

Prototypen bekräftade att konceptets funktioner fungerade. Utöver detta identifierades det att handtaget var av för tunt gods och vek sig vid höga laster, vilket åtgärdades till den slutliga produkten genom att göra handtagets diameter tjockare. Det noterades även att gängan längst ut på handtaget var för lång då stor del av den inte användes. Längden på gängan minskades därför för att inte vara längre än nödvändigt då den lätt samlar smuts och är klenare än resten av handtaget. Låsning av vinkeln behövde även förbättras ytterligare. För att låsa vinkeln genom att rotera handtaget krävdes ganska stort moment. För att göra detta enklare och mer ergonomiskt beslutades det att lägga till en skruvskalle längst ut på handtaget. Detta för att kunna använda en nyckel för att rotera handtaget och lättare uppnå det moment som krävs.



Figur 30 Prototyp av XPL.

7 ZG Mounting Tool

ZG Mounting Tool är en monteringslösning som är anpassad för Metenovas mest sålda drivenhet ZG7, men kan även göra kompatibel med ZG-modeller av kringliggande storlek genom viss anpassning vilket tas upp senare i kapitlet. ZG Mounting Tool är en utveckling och förfining av konceptet Expansionslås. Monteringslösningen är gjord för användning i renrum och fungerar som ett tillägg till ett renrumsanpassat lyftbord. Monteringslösningen manövreras av en person och effektiviserar arbetet med montering, samtidigt som den bidrar till bättre ergonomi för montören då monteringslösningen bär drivenhetens vikt.

Monteringslösningen underlättar linjeringen av drivenheten mot tankplattan genom att hålla drivenheten i önskad vinkel vid montering. Detta görs genom att vinkla drivenheten med ett handtag kopplat till en axel. Genom att vrida handtaget låser man axeln och därmed drivenhetens vinkel. Man kan även rotera drivenheten runt magnethuvudet för att matcha skruvhålen på tanken. Detta görs med hjälp av det pressförband som är integrerat i en adapter som är monterad i befintliga skruvhål under drivenhetens vinkelväxel.

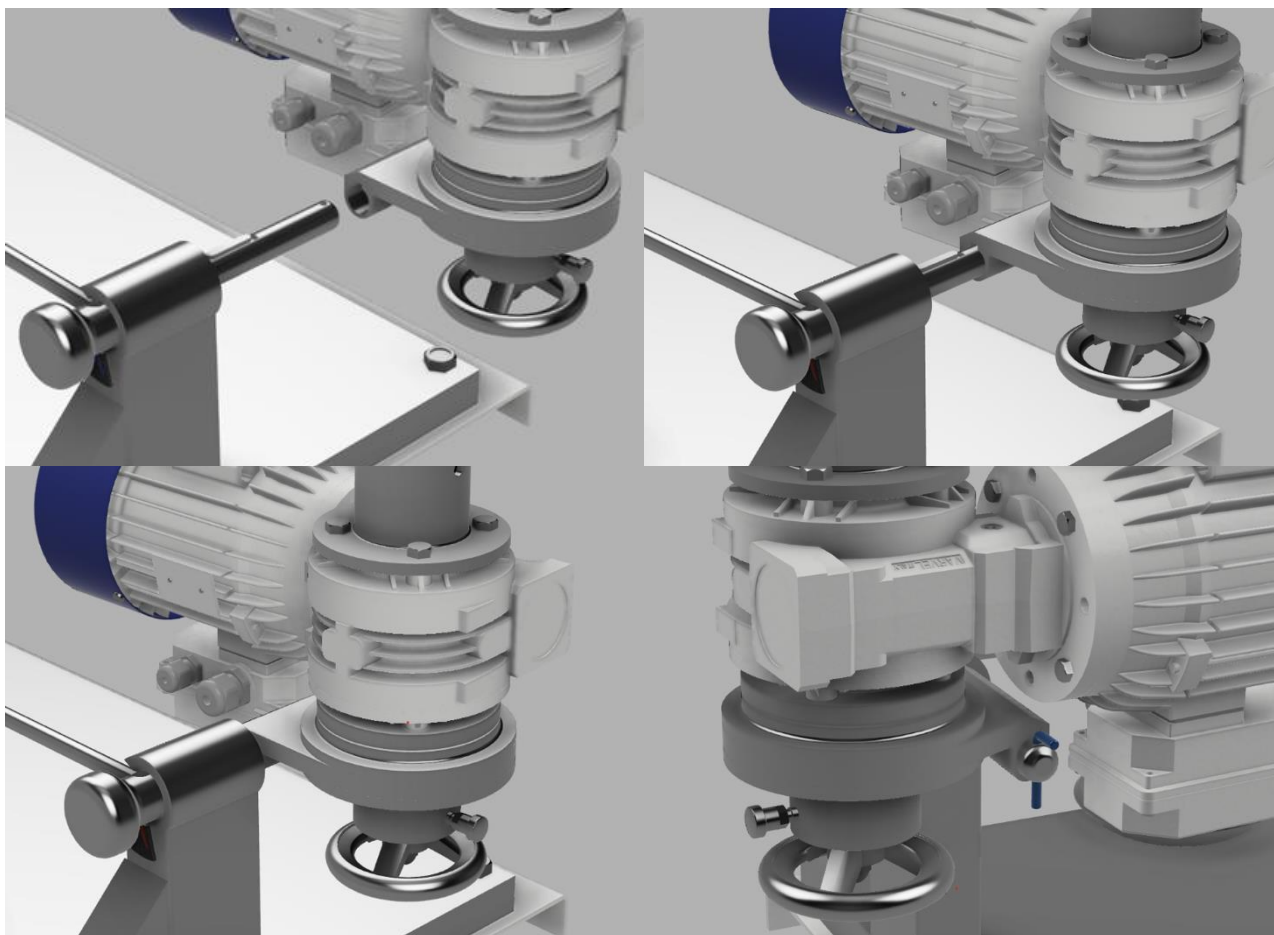
Vid montering förs magnethuvudet in i tankplattan genom att vagnen rullas in under tanken och lyftbordet höjs successivt. När drivenheten väl är monterad i tanken dras axeln ur och lyftbordet körs undan, för att tillåta sista åtdragning av skruvar.

7.1 Användning

I detta kapitel beskrivs användningen av monteringslösningen i detalj med HTA:n för montering med monteringslösning som grund, se bilaga C.

7.1.1 Montera drivenhet på monteringslösning

För att fästa drivenheten på monteringslösningen träs drivenheten med adaptern på en axel, som kan ses i Figur 31. När drivenheten har trätts på och axeln bär drivenhetens vikt, justeras drivenheten manuellt för att matcha kilspåret i adaptern med kilen på axeln. Kilen ser till att drivenheten inte roteras runt axeln. När drivenheten är på plats på axeln och skjuten hela vägen in låses den med en sprinter i axeln, se rendering i högra hörnet på Figur 31, för att säkerställa att drivenheten inte glider av.



Figur 31 Montering av drivenhet på monteringslösning.

I rendering uppe till vänster: Drivenhetens adapter linjeras upp med axeln på monteringslösningen.

I rendering uppe till höger: Drivenheten träs på axeln, som nu bär drivenhetens vikt.

I rendering nere till vänster: Adapterns kilspår har linjerats med axelns kil och adaptern har trätts på hela vägen.

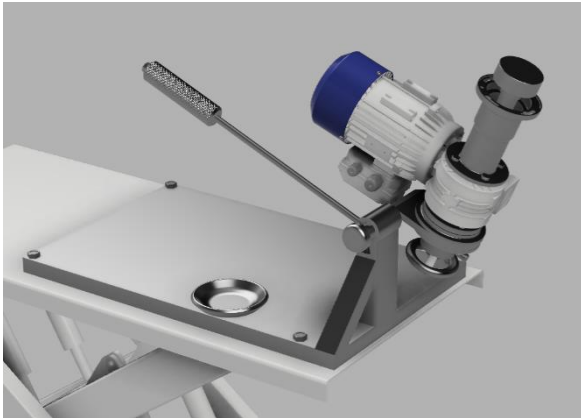
I rendering nere till höger: Sprintern i blått träs genom axeln för att förhindra att drivenheten glider av.

7.1.2 Transport och styrning av monteringslösning till tank.

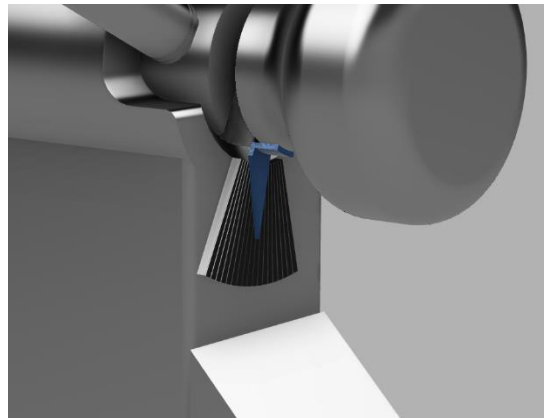
För att flytta drivenheten till rätt position under blandningstanken samt höja och sänka den används ett lyftbord, i vilken monteringslösning är fastmonterad. För att flytta vagnen till tankplattan rullas den genom att montören skjuter vagnen framför sig. Lyftbordets styrs med befintliga handtag, eller genom att greppa på valfri plats på drivenheten eller monteringslösningen. Då lyftbordet har länkhjul kan monteringslösningen dras eller skjutas i alla riktningar, för att positioneras korrekt under tanken. För att höja och sänka drivenheten, höjs och sänks lyftbordet.

7.1.3 Linjering av drivenhet

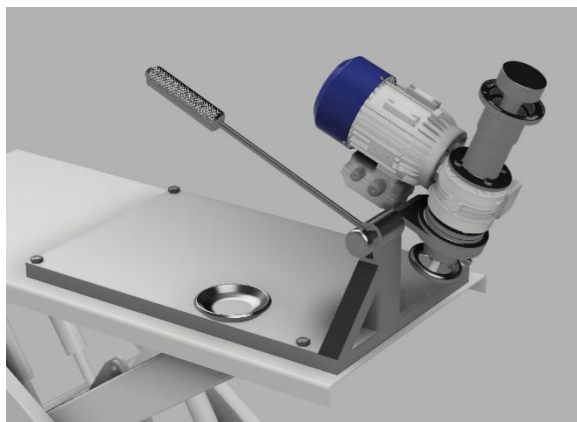
För att ställa vinkeln på drivenheten och matcha den mot vinkeln på tankplattan roteras axeln. Detta görs genom att höja och sänka stängen med handtag som sticker ut från axeln, se figur 33. Om tankplattans vinkel är känd sedan innan, kan axeln justeras till önskad vinkel med hjälp av gradskivan som syns i figur 32. För att låsa vinkeln i önskad position roteras handtaget medsols, vilket expanderar axeln och låser vinkeln genom friktion mot dess omslutande hölje. Detta illustreras i figur 34.



Figur 34 Justering av drivenhetens vinkel.

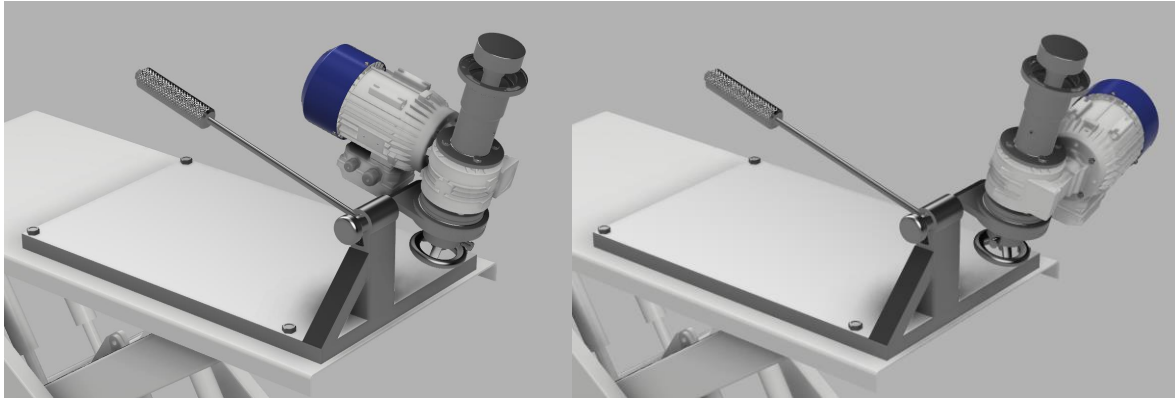


Figur 33 Gradskiva som visar drivenhetens vinkel.

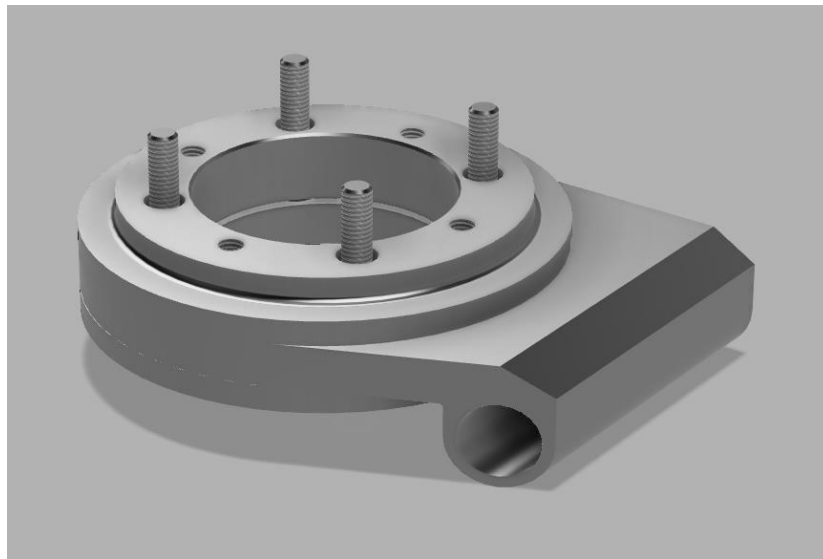


Figur 32 Illustration av låsning av monteringslösningens axel.

Innan montering på tanken behöver även monteringshålen på drivenhetens fläns linjeras med skruvhålen på tankplattan. Detta görs genom att drivenheten greppas och roteras runt magnethuvudets centrum, se Figur 35 på nästa sida. Adaptern som sitter monterad under drivenhetens växellåda tillåter denna rotation, se Figur 36 på nästa sida.



Figur 35 Rotation av drivenhet runt magnethuvudet.

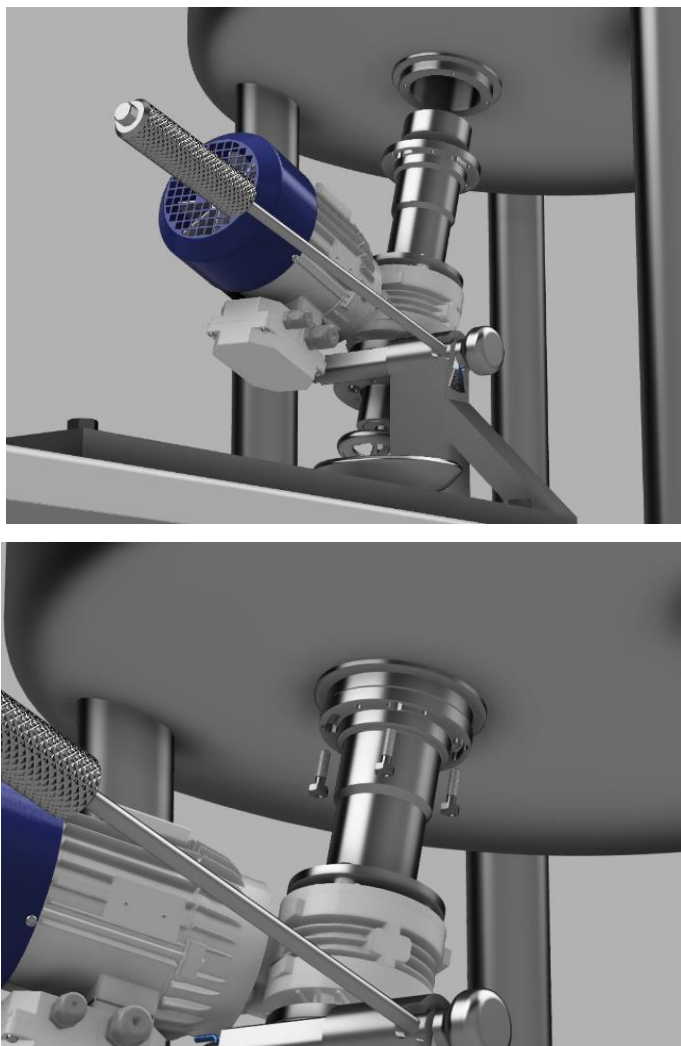


Figur 36 Rendering av adaptern.

Drivenhetens magnethuvud förs sedan in i flänsen genom att lyftbordet höjs stegvis och skjuts framåt. Har drivenheten bajonettfläns som på bilderna, fästs monteringskruvar i tankplattan innan montering. Då linjeras monteringshålen på flänsen mot skruvarna på tankplattan. När flänsen på drivenheten ligger mot tankplattan och skruvskallarna har gått igenom hålen på bajonettflänsen roteras drivenheten medsols. Drivenheten kan då hänga i skruvskallarna och monteringslösningen kan plockas bort.

7.1.4 Åtdragning av skruvar

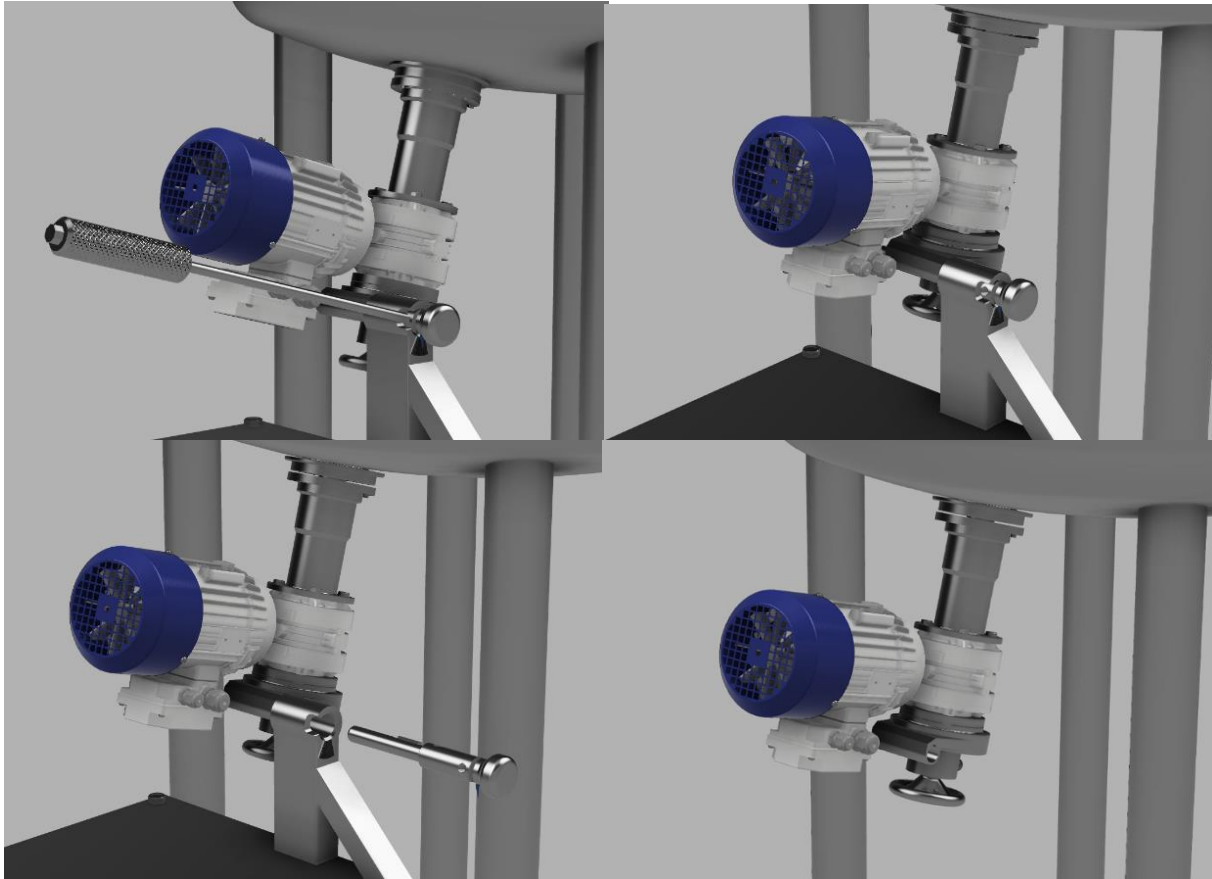
När drivenhetens magnethuvud befinner sig i tankplattan och flänsen ligger mot tankplattan som i Figur 37, gängas skruvarna i. För att skapa mer utrymme under blandningstanken och underlätta åtkomsten av skruvarna kan några av skruvarna gängas i och monteringslösningen plockas bort. Resterande skruvar kan då gängas i och dras åt lättare. Har drivenheten bajonettfläns kan monteringslösningen på liknande sätt plockas bort för att sedan dra åt skruvarna.



Figur 37 Drivenheten på plats, monterad mot tankplattan.

7.1.5 Lossa monteringslösning

För att lossa monteringslösningen dras sprinten först ur axeln. Handtaget roteras sedan så att axeln inte längre är låst och kan tillåtas att dras ur. Vid behov, kan handtaget gängas ur för att underlätta utdragning av axeln. När axeln är utdragen, flyttas lyftbordet med monteringslösningen bort från blandningstanken, se Figur 38.



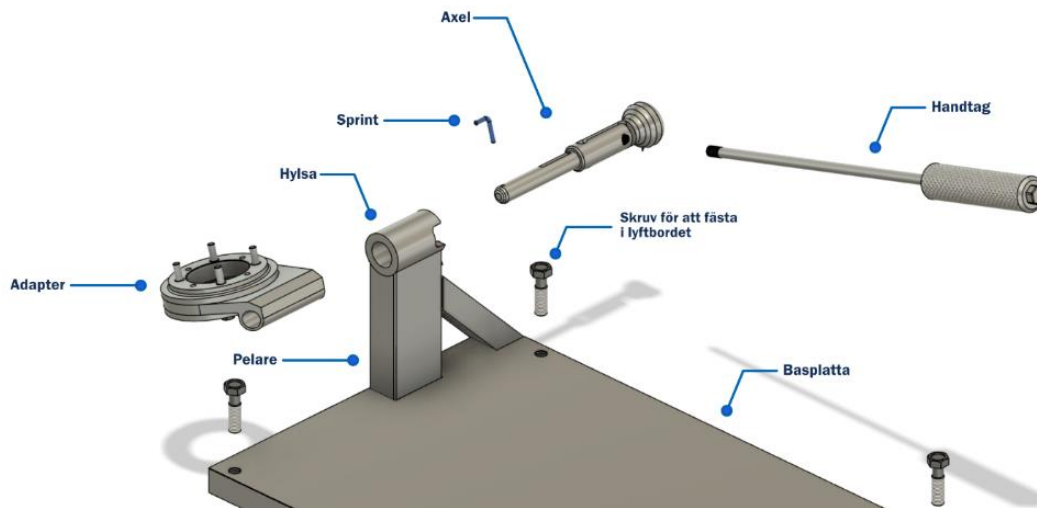
Figur 38 Lossning av monteringslösning.

7.1.6 Nedmontering av drivenhet

För att montera ned drivenheten, transporteras monteringslösningen till drivenheten som sitter monterad på tanken. Höljet positioneras sedan för att linjera med adaptern, axeln förs in och drivenheten säkras med sprinten. Därefter skruvas monteringskruvarna loss, drivenheten förs ut ur magnetplattan genom att successivt backa och sänka lyftbordet.

7.2 Utformning

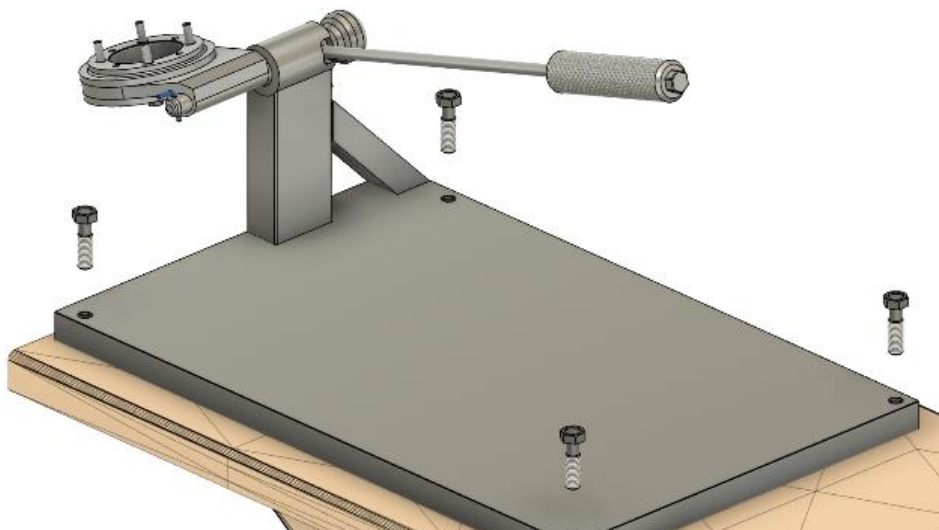
I detta kapitel beskrivs monteringslösningens utformning och motiveringen till designbesluten. Hela monteringslösningen är gjord i rostfritt stål för att vara renrumsanpassad. I Figur 39 nedan syns en sprängskiss på monteringslösningens komponenter.



Figur 39 Sprängskiss av monteringslösning.

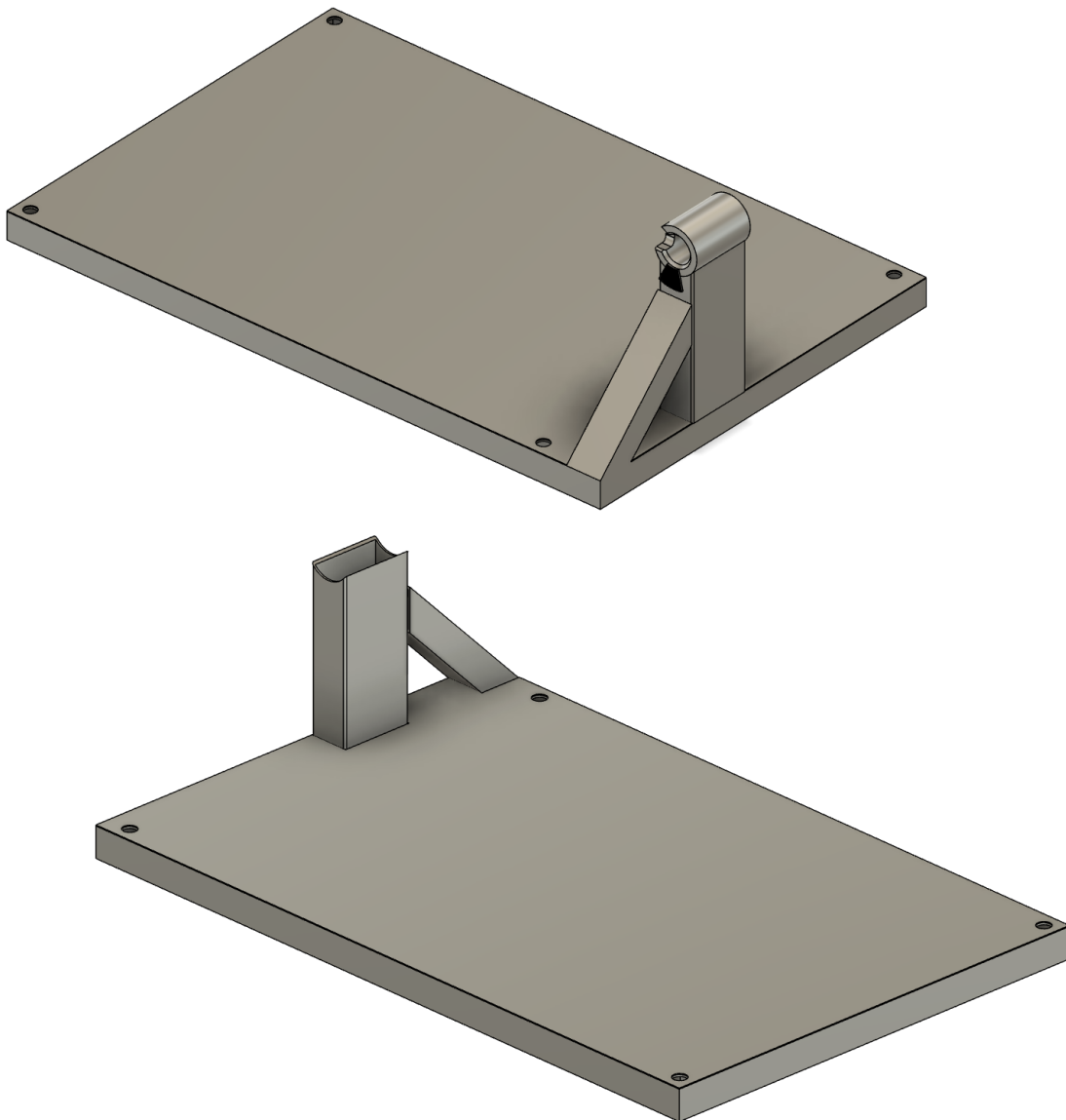
7.2.1 Basplattan

För att flytta drivenheten till rätt position under blandningstanken samt höja och sänka den används ett befintligt lyftbord med länkhjul. Monteringslösningen fästs på det höj- och sänkbara bordet genom att skruva fast en basplatta med fyra skruvar se Figur 40 på nästa sida. Basen är utformad för att täcka en stor del av lyftbordets yta för att ge så mycket stöd till monteringslösningen som möjligt.



Figur 40 Montering av basplatta på lyftbord.

Basplattan består av en ram i fyrkantsprofiler som täcks av en plåt i rostfritt stål, se Figur 41. Detta för att minska risken för att smuts ska fastna i hörnen. Plåten förenklar även rengöring i renrum. Från basplattan sticker en fyrkantsprofil upp, kallad pelaren, som stabiliseras av en diagonal fyrkantsprofil. Fyrkantsprofilen ämnar att förstärka pelaren som belastas av drivenhetens vikt. Täckplåten har utskärningar för pelaren och den diagonala fyrkantsprofilen som sitter fastsvetsade direkt i ramen för extra hållfasthet. Pelarens höjd är anpassad för att rymma en ZG7 Lowering Device utan att slå i täckplåten.

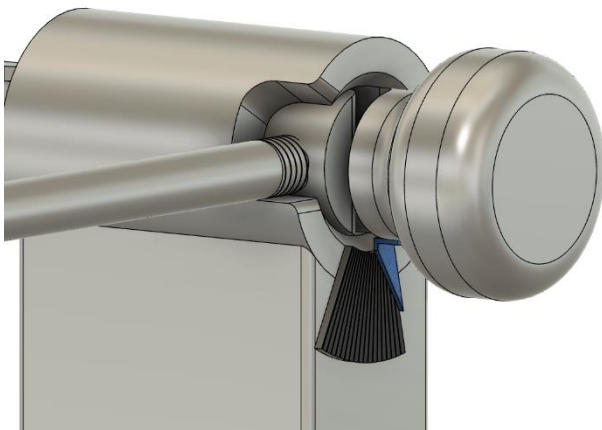


Figur 41 Basplattan.

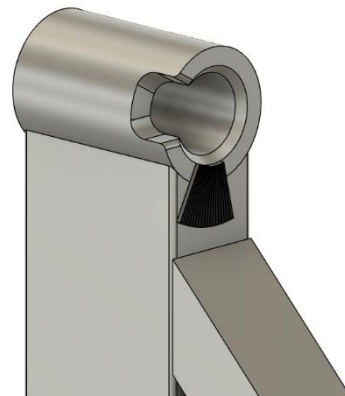
7.2.2 Höljet och gradskivan

Ställning av vinkel är en central del av monteringen av Metenovas drivenheter eftersom de är monterade i en vinkel mellan 0 - 30 grader i förhållande till golvet. Vinkeln sker genom rotation kring en axel genom en hölje, se figur 43. Gradskivan sitter på höljets högersida och har en blå markör för ökad synlighet. Observera att gradskivan i konceptet är märkt från 0 till 30 grader, vilket inte syns i figurerna.

Höljet är urfräst där handtaget ska sitta och begränsar vinklingen av drivenheten till mellan 0 och 30 grader. Skulle montören glömma att låsa drivenhetens vinkel och släppa handtaget kommer drivenheten inte att rotera okontrollerat, utan stanna vid noll graders lutning. Höljets bredd, diameter och godstjocklek är dimensionerade för att ta drivenhetens vikt och hantera det moment som uppstår när drivenheten är monterad på axeln. För bild utan genomgående axel, se figur 42.



Figur 43 Höljet med genomgående axel och handtag.

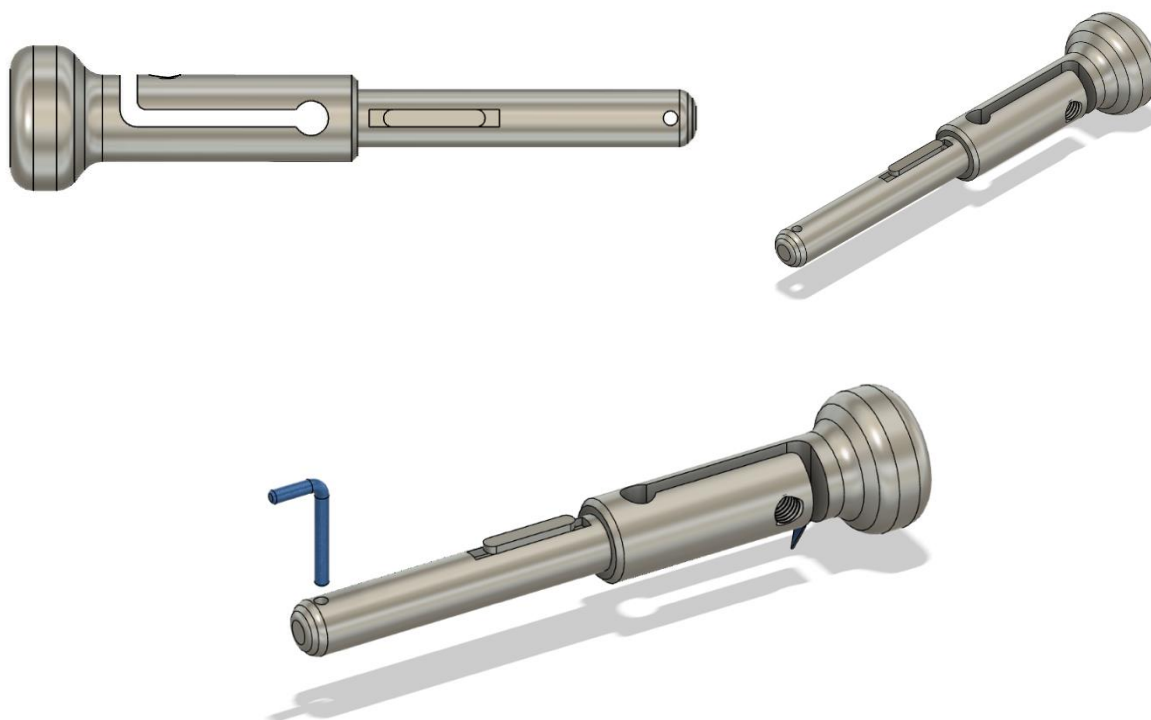


Figur 42 Höljet utan genomgående axel.

7.2.3 Axeln och handtaget

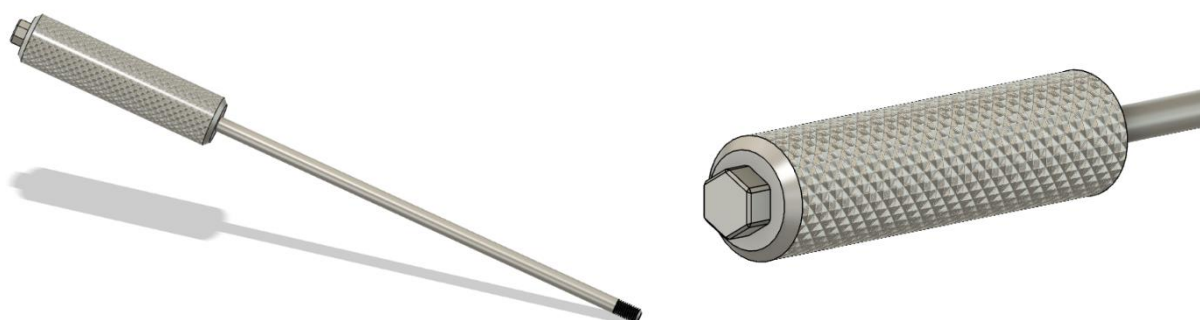
ZG Mounting Tool gör det enkelt och bekvämt att vinkla drivenheten genom att ha en lång hävarm med ett handtag på för att styra vinkelsättningen av drivenheten. Detta gör att belastningen blir låg och att man får god kontroll på vinklingen.

Med samma handtag låses sedan vinkeln i önskad position genom att skruva handtaget medsols så att axelns pressförbandsfunktion låser vinkeln. Axeln har ett urfräst spår som kan ses i Figur 44, vilket tillåter axeln att expanderas när handtaget skruvas in i axeln. Det skapas då tillräckligt hög friktion mellan axelns utsida och höljets insida för att låsa drivenheten i önskad vinkel. Spåret är förstorat längst in för att minska kraften som krävs för att expandera axeln och således låsa vinkeln, se Figur 44.



Figur 44 Rendering av axel.

Handtaget längst ut på hävarmen har tjockare diameter för att öka moment vid rotation och är lätrrad för att medge gott grepp samt för att tydliggöra interaktionspunkten. Längst ut på handtaget sitter en skruvskalle, se Figur 45, som möjliggör åtdragning av handtaget med fast nyckel. Detta för att lättare uppnå det moment som krävs för att säkert låsa axeln och drivenhetens vinkel. Denna skruvskalle har samma dimensioner som de skruvar som används för att fästa drivenheten i tankplattan, vilket gör att ett och samma verktyg kan användas för båda moment.

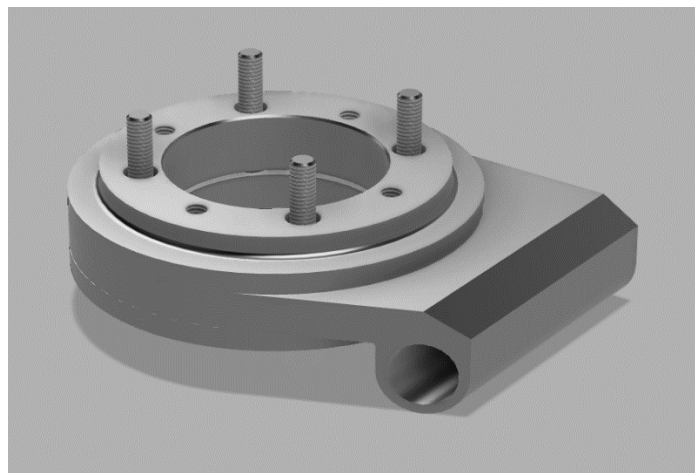


Figur 45 Rendering av handtag.

På axeln som låser vinkeln mot höljet, sitter en kil som syns i Figur 44. Denna gör att drivenheten sitter låst på axeln. Kilen löper inte längs hela axeln, för underlätta monteringen av

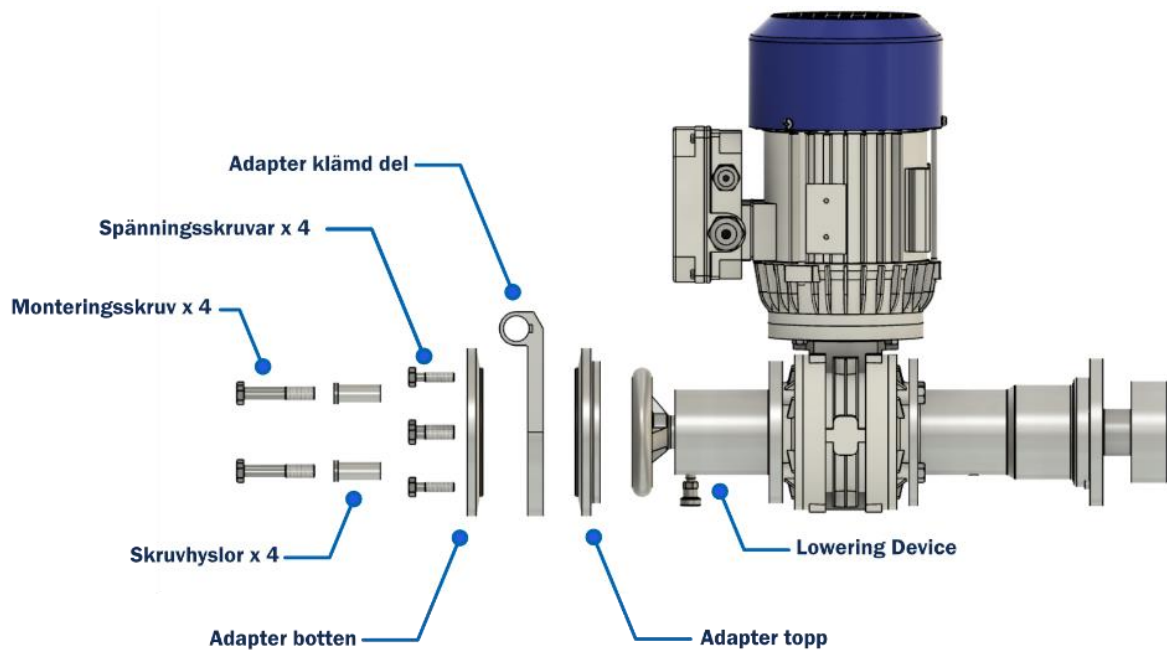
adaptern på axeln. Om kilen löpt hela vägen, hade det krävts hög precision under belastning för att fästa drivenheten på axeln, eftersom den hade behövt riktas in utan avlastning. Genom att ha kilen längre in kan man låta den delen av axeln utan kil bära drivenhetens vikt samtidigt som man linjerar adaptern med kilen. Ena änden på axeln är avrundad för att lättare föras in i höljet och för att lättare träs på adaptern och drivenheten. Axeln har även en knopp i andra änden som ska underlätta utdragning av axeln. Knoppen ska även vara lättrad för att signalera att det är en interaktionspunkt och för att förbättra greppet. I andra änden av axeln finns ett hål som tillåter en sprint att monteras för att låsa drivenheten och axeln när drivenheten monterats på monteringslösningen. se Figur 44.

7.2.4 Adaptorn



Figur 46 Rendering av adaptorn.

Adaptern är baserat på ett klämförband, se Figur 46, Figur 47 och Figur 48 på nästa sida. Botten och toppen trycker ihop "klämd del" och skapar därmed friktion emellan dem. Botten och toppen monteras under drivenhetens växellåda i befintliga gängade monteringshål med hjälp av fyra "monteringsskruvar" som går igenom var sitt skruvhölje. Skruvhöljet försäkrar att botten och toppen sitter fast i drivenheten utan att påverka klämförbandet. Klämdelen har ett cylindriskt hål med kilspår i vilken tidigare nämnda axeln monteras för att koppla adaptern till resterande monteringslösning.

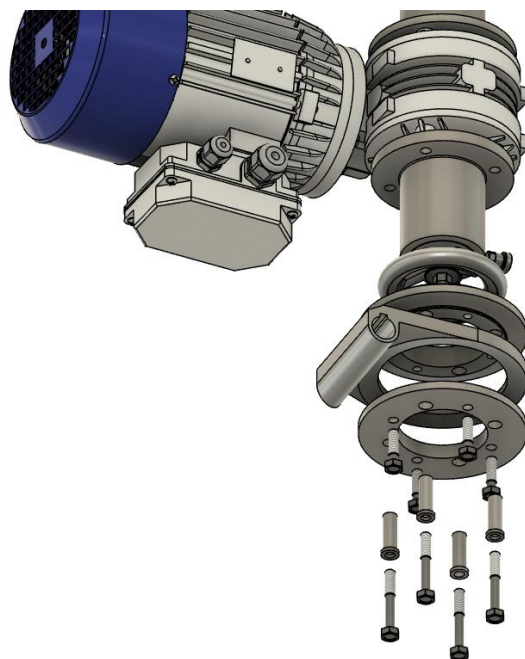


Figur 47 Sprängskiss i sidoperspektiv av adapter och drivenhet.

Botten och toppen av adaptorn är koniskt formade vilket ökar anläggningsytan och gör dem självcentrerande i relation till den klämda delen. Den klämda delen är utformad så att axelhålet är på ”insidan” av drivenheten det vill säga under drivenheten emellan motorn och växellådan. Detta är så att tyngdpunkten är så nära axeln som möjligt för att minimera det moment drivenheten utövar på expansionslåset (friktionen mellan axel och hölje).

Friktionen i klämförbandet styrs genom momentåtdragning av fyra ”spänningsskruvar”. Dessa skruvar trycker ihop toppen och botten och ökar friktionen mot den klämda delen. Detta gör att rotationen blir trögare. Trögheten måste justeras så att drivenheten med lätthet kan roteras, men samtidigt låser sig själv i det läge den släpps i. Momentet av dessa spänningsskruvar behöver justeras efter den drivenhet som monteringslösningen ska hantera för att säkerställa korrekt friktion i förbandet i relation till drivenhetens vikt. Den krävda friktionen bör beräknas för att hålla momentet då drivenheten är roterad i 90 grader och vinklad i 30 grader, eftersom detta ger upphov till störst moment i adaptorn.

Adaptorn är asymmetrisk för att tydligt hänvisa vilken sida av adaptorn som ska monteras mot axeln. Drivenheter med Lowering Device har en ratt som är i vägen för monteringen. På sådana drivenheter måste ratten tas av, sedan kan adaptorn monteras och slutligen kan ratten monteras på igen. Av och på montering av ratten går snabbt och ska därmed inte märkvärdigt förlänga monteringsprocessen av adaptorn.



Figur 48 Sprängskiss i perspektiv för att visa hur adaptern monteras på drivenheten.

7.3 Uppfyllande av kravspecifikation

Det här kapitlet beskriver hur den slutliga monteringslösningen uppfyller det centrala kraven och hur de har uppfyllts.

- **Minska antal mantimmar vid montering**

Kravet att förkorta monteringsstid sattes delvis för att göra användning av monteringslösningen lockande för användaren. Även om monteringslösningen gjort arbetet mindre belastande, skulle produkten troligtvis inte använts om det krävde längre monteringsstid.

Kravet uppfyllande verifierades vid tester av prototyp (6.3) som visade att monteringsstiden minskade gentemot hur montering sker i nuläget (3.3). Kravet uppfylls av att drivenheten lätt förmoteras på produkten som sedan underlättar lyft och linjering av drivenheten och på så sätt minskar tiden vid montering.

- **Uppfylla krav för användning i renrumsmiljö**

I kapitel 5 beskrivs kraven som finns på produkter som ska vara i renrum. Produkten anses uppfylla för dom identifierade kraven för renrum enligt GMP:n (5.1). Uppdragsgivaren anser också efter en kort genomgång av produkten att den uppfyllnad av kraven för renrums miljö.

- **Minska påfrestningen för montören**

Vid utvärdering av prototyp (6.3) tyder dom ergonomiska analyserna (PEPA och REBA) att påfrestningen hos montören har minskat. Därmed är kravet av minskad påfrestning för montören uppfyllt.

- **Kompatibel med ZG-7**

Funktionstesterna av prototypen (6.3) visade att produkten var kompatibel med både utföringen av ZG-7 och des vikt.

8 Diskussion

Detta avsnitt diskuterar och utvärderar det genomförda arbetet, det slutliga konceptet och potentiella förbättringsförslag. Vidare ämnar diskussionen att motivera de val som gjorts under processen och om dessa speglar projektets syfte.

8.1 ZG Mounting Tool

Nedan diskuteras och utvärderas det slutliga konceptet för monteringslösningen – ZG Mounting Tool – och dess potentiella förbättringsområden.

8.1.1 Realiserbarhet

En av projektets stora leverabler är ett slutligt koncept som fungerar och är realiserbart för Metenova ur ett produktionsperspektiv. Efter prototypbyggande, utvärdering och diskussion med Metenova, anses ZG Mounting Tool ha goda möjligheter att uppfylla dessa kriterier. Den konstruerade prototypen visar att de mekaniska principerna fungerar och att tillverkningen av den kunde genomföras med begränsade tillgångar visar på att den definitivt är realiserbar.

Framöver kommer konceptet att förfinas och tillverkas i samarbete med Metenova, där mer avancerade tillverkningsmetoder kan användas, ytfinheten förbättras och dimensioner finaliseras.

8.1.2 Val av koncept efter prototyp tillverkning

Valet av konceptet XPL, som senare utvecklades till ZG Mounting Tool skedde successivt genom bortsällning av koncept som inte uppfyllde utsatta krav i samma utsträckning. I helhet, kan valet motiveras av XPL:s enkla utformning och intuitivitet.

I tidigt skede av projektet uppmärksammades det via observationer och intervjuer att det finns ett intresse för att kunna höja och sänka drivenheten i den ställda vinkeln. Detta för att minska risken för skada på magnethuvudet vid införsel i tankplattan. Lösningförslaget Scott Russell togs fram i syfte att lösa detta moment. Se bilaga P för en beskrivning av detta koncept. För Scott Russel konstruerades en prototyp i samma upplösning som XPL. Dess funktion utvärderades och konceptets mekaniska principer kunde bekräftas vara realiserbara. Utvärderingen visade dock även på många brister sett till renrumsanpassning och användning. Konceptet kräver många rörliga delar med irreguljära ytor och höjningsfunktionen är mycket tidskrävande och kräver handledsrörelser som inte är ergonomiska. Detta syftar till skruvandet av handtaget som driver höjningen av drivenheten i satt vinkel. För att höja drivenheten

tillräckligt med denna mekanism, krävs synnerligen många rotationer av handtaget och kräver relativt hög kraft.

I en presentation av slutkoncept för Metenova valdes Scott Russell bort till fördel för XPL. Mekanismen i fråga ansågs önskvärd men behovet upplevdes inte stort nog för att fortsatt utveckla förslaget. Prototypen i fråga var producerad i samma upplösning som XPL, men med svårare utformning och mer komplex funktionalitet upplevdes den troligen mindre förfinad i denna upplösning. Att XPL blev utvald till slutprodukt beror på att den i dess enkla utformning fortfarande löser monteringen tillräckligt effektivt, även om Scott Russel löser en funktion som inte XPL gör.

8.1.3 Förbättringar och brister

Montering av drivenhet på monteringslösning

Det valdes att låta drivenheten förmonteras på slutprodukten för att kunna avlasta vikt från montören. Designen landade i en adapter som förmonteras på drivenheten där tanken är att den ska sitta kvar där tills drivenheten tas ur bruk. Detta medför en extra vikt på den redan tunga drivenheten. Denna vikt är inte önskvärd men beslutet motiveras med att tiden som montören behöver bära drivenheten fysiskt i stort sett elimineras under monteringsprocessen, vilket anses kompensera tillräckligt.

Adaptorn skapar också ett extra moment inför monteringen under tank, då den behöver monteras på själva lösningen innan. Detta går inte helt i linje med projektets mål med en så enkel lösning som möjligt men avvägning har gjorts att total monterings tid ändå minskar, vilket går i linje med projektets syfte.

Om intresset finns att skala upp XPL för att tillåta montering av större drivenheter så kan ett problem gällande kilen uppstå. Då det krävs en viss precision för att montera på drivenheten på axeln så kan det vid tyngre drivenheter bli svårt med en montör och därmed kräva fler. Svårigheten hade varit att hålla upp en tung drivenhet och sedan precis föra in adaptorns kilspår över kilen. Detta arbete går an med en 22 kg tung ZG7 men av egen uppfattning kommer det bli tungt med viktökning.

Transport och styrning

Det valda sättet att transportera och styra drivenheten landade i ett befintligt lyftbord. En tydlig brist är ifall att slutkund som intresserar sig för monteringslösningen inte har ett lyftbord vid arbetsplatsen så behöver ett sådant köpas till. I samtal med Metenova så framkom idén att sälja

ett lyftbord tillsammans med lösningen för dem som behöver, eller bara lösningen för dem som sedan innan har ett lyftbord.

Vad som motiverar beslutet är att vid idégenerering så uppdagades inget bättre transportmedel än en vagnliknande struktur. Att designa en egen vagn som är mer anpassad efter tankutformningar diskuterades men landade i att en sådan vagn kommer se brister i diverse aspekter, som till exempel lyftkraften. Ett lyftbord löser problemen som uppmärksammades och diskussion landade i att sätta en egen vagn i produktion inte vore hållbart när fullt fungerande lösningar finns på marknaden.

Linjering

Delmomentet linjering delades efter observation upp i tre delar. De är följande: Rotation, höjning- och sänkning i vinkel samt linjering av skruvhål. Av dessa tre så är endast rotation den applicerade delfunktionen på XPL. Anledning till detta är att efter diskussion så ansågs det inte längre nödvändigt att uppfylla alla tre. Gällande linjering av skruvhål var tanken att det inte behövdes någon extra detalj för att säkerställa det, då adaptorns friktionsled tillät ett tillräckligt noggrant arbete. Efter testning av prototyp så bekräftades detta. Gällande höjning och sänkning i satt vinkel så ansågs det onödigt av Metenova, då det inte tillför tillräckligt stora fördelar för att kompensera för den extra komplexiteten i utformning.

Placering och åtdragning av skruvar

Det var tänkt att en skål skulle vara placerad på basen av ZG Mounting Tool för att underlätta placering av skruvar. Det beslutades efter diskussion att den gick för mycket emot idén om att hela produkten ska vara lättrenörlig. Vid användning av ZG Mounting Tool kan skruvar i stället placeras på bottenplattan så stannar skruvar där om lyftbordet körs försiktigt.

Hållfasthet

Slutprodukten ZG Mounting Tool kommer att produceras helt i rostfritt stål. För att optimera hela konstruktionen, hade hållfasthets- och utmattningsanalyser behövts genomföras. Prototypen som konstruerades designades utifrån ZG7 med dimensioner som ansågs säkra att tåla dess vikt. Detta bekräftades i verkstadstester där alla delar höll förutom gängorna i slutet av handtaget, som böjdes aningen. Det påpekades att dessa var aningen feldimensionerade från start och en uppdatering har implementerats i CAD-filerna för att tåla framtida tester. Projektet tar inte i beaktning huruvida ZG Mounting Tool tål att hantera större drivenheter utan det lämnas åt Metenova att utforska vid intresse.

Ergonomi

Ett av projektets huvudsyften var att förbättra ergonomin vid montering av drivenheter. En förbättring av ergonomin har bekräftats i form av REBA- och PEPA-analyser som utförts. De bekräftande analyserna har bara utförts i kontrollerad miljö på personer utan monteringsvana. I och med att testerna utförts i en miljö som inte helt speglar den riktiga renrumsmiljön så kan en felkälla vara att positionerna som analyserats inte är helt representativa för verkligt arbete. För att säkerställa god ergonomi hade fler analyser behövts utföras och prototyper uppdateras utefter dem, men det hanns inte med under projektets tidsram.

De analyser som utfördes där montering med hjälp av lyftbord ställdes mot montering med hjälp av ZG Mounting Tool hade önskvärt visat en än mer förbättrad ergonomi. Vad som är värt att ha i beaktning är att oavsett vad så kommer du till slut behöva ha nacken i en onaturlig position, då du arbetar i låg höjd och behöver kolla uppåt. Med framtagen lösning så behövs åtminstone inte detta ske under kritiska moment där montör arbetar med vikt samtidigt som dålig kroppsposition uppnås.

8.2 Validitet av genomförandet

Metenova distribuerar främst drivenheter runtomkring Europa och inte så mycket runtom i Sverige. Det har därför funnits en brist på mängd personer att träffa som besitter både monteringsvana och som kan visa upp monteringen i en verklig miljö. Konsekvenser av detta syns i mängden data som kunde insamlas. Då det endast fanns chans att utföras ett besök hos slutkund, där det inte fanns tillgänglighet till att besöka renrum, så har ingen observation gjorts gällande arbete i renrumsmiljö. Det hade gynnat projektets validitet om den faktiska miljön fanns tillgänglig att utföra analyser och tester i. Den data som samlats in kan ändå betraktas som tillräcklig då montörer med vana av renrumsarbete har intervjuats.

Mängden intervjuer med aktiva montörer inom branschen kan betraktas som låg. Detta kan medföra svårigheter i att få ut rätt information ur en intervju, då en intervjumall gärna analyseras och uppdateras mellan intervjuer. En felkälla finns också i att ingen intervju med någon tankkonstruktör utförts. Information gällande hur olika blandtankar ser ut och hur stor variationen är har samlats av befintliga montörer samt säljansvarig på Metenova. Projektet har utgått från den informationen då den ansågs tillräcklig. Ett mer extensivt arbete hade kunnat utföras för att ta reda på mer exakt vilka blandningstankar som ZG Mounting Tool är kompatibel med, men har inte gjorts på grund av att existerande lyftbord används och storleken på dem inte är justerbara. Det lämnas därmed till inköpare att ta reda på viktiga mått av Metenova.

Utvärdering av prototyperna kan anses bristfälliga då det inte utförts några på personer med monteringsvana. Dimensionerna som prototypen innehar är satta utefter kravställningen som är baserad på tankritningar och intervjuer. Det hade gynnat slutprodukt att ha blivit testad på av personer med vana som hade kunnat ge feedback på dimensioner så som handtagets längd till exempel, för att säkerställa så dimensionerna passar så många blandartanksutförningar som möjligt.

8.3 Etik och samhällsaspekter

Projektets grundidé har alltid varit att skapa en enkel lösning åt Metenova. Detta råkar också falla i linje med hållbarhet, då slutprodukt inte behöver vara extraordinär för att klara av sitt jobb. Detta i sin tur leder till att formerna på produkten blir lätta att konstruera vilket leder till mindre material- och energiåtgång i fabrikerna. Materialet behöver oavsett vara i rostfritt stål för att klara av renrumskriterierna och produkten behöver därmed inte märkvärdigt mycket material för att uppnå en stabilitet, då det är ett väldigt tåligt material. Materialet i sig är också mycket återvinningsbart.

Valet att använda en redan existerande produkt i form av lyftbord ser till att utsläpp till följd av produktion inte blir lika högt som om projektet designade en egen vagnlösning. Företag i denna bransch eller liknande har ofta någon sorts lyftanordning för att transportera tyngre objekt. Utformningen på dessa kan vara annorlunda, som till exempel en pallyftare i stället för ett lyftbord. En tanke och ett önskemål är att ZG Mounting Tool ska vara kompatibel med så många lyftanordningar som möjligt genom en mindre modifiering av basen.

Livslängden hos produkten är inte heller testad men tros kunna förhållas lång med tanke på materialval och att den inte kommer slitas ut genom för extensiv användning.

I dess helhet så anser inte gruppen att ZG Mounting Tool påverkar samhället särskilt mycket. Produktionen, trots småskalig, anses försvarbar då montörer upplever verkliga problem av monterings existerande problem. Etikfrågan har inte så mycket att tillägga. Projektet avser förvisso att reducera mängden personer som krävs för att montera en drivenhet, men uppfattningen är att mängden arbeten inte kommer minska tack vare detta.

8.4 Effekten av avgränsningar

Att designa omkring olika utformningar på blandtankar och rumsmiljöer har varit en svårighet under projektets gång. Det är en praktisk omöjlighet att designa utifrån alla möjliga utformningar. Målet har i stället blivit att skapa en lösning som en så stor del av målgruppen som möjligt kan använda. Det har diskuterats huruvida fokus borde hamna på de blandartankar där montering är riktigt svårt på grund av dess utformning. Diskussionen landade i att det finns för många olika utformningar i dessa miljöer att produktionen för denna lösning hade blivit ineffektiv. Detta i sin tur leder till dyrare produktion vilket leder till färre köpare, vilket i rent vinstintresse inte är gynnsamt för Metenova.

Projektet har valt att avgränsa sig till modeller av storlek ZG7 som krav och designen har utgått från den storleken. Denna avgränsning motiverades med att det är den vanligaste modellen och inom den modellen så är 7 den vanligaste storleken. Det finns betydligt tyngre modeller än denna och värt att beakta är att ZG Mounting Tool inte är testad för större lösningar. Argumentationen blev att en enkel utformning som ZG Mounting Tool är enkel att skala upp och designen har också haft i åtanke att framtida produktion enkelt ska kunna satsifiera flera storlekar av modellen ZG. För att säkerställa säkerhet för användandet av lösningen så behöver tester utföras.

Valet att designa utifrån modellen ZG ansågs ske naturligt då mängden av andra sorters drivenheter ute på marknaden är så pass låg. En lösning som hjälper vid montering av alla modeller lämnas till framtidens produktion, i enhällighet med Metenova.

8.5 Förbättringspotential

Vid framtida arbete med ZG Mounting Tool där målet är att få ut en produkt på marknaden så bör några saker tas i beaktning. Dimensioner av samtliga delar på slutprodukten bör sättas med utgång från och hållfasthets- samt utmattningsanalyser.

Behovet av en lösning som har lägre minimihöjd än ett typiskt lyftbord hade kunnat utforskas. Om ett stort behov hade uppmärksammats så hade det funnits värde i att designa ett eget lyftbord med lägre minimihöjd för att komma åt de lägst belägna tankplattorna i branschen.

Höjden på pelaren på ZG Mounting Tool är numera designat utifrån höjden på Lowering Device. I framtida utveckling hade en placering av pelaren längre fram på lyftbordet vara värt att utforska. Med en placering längre fram så hade Lowering Device haft utrymme att befinna sig utanför lyftbordet. Detta hade tillåtet en lägre högsta punkt på drivenheten när den är monterad på ZG Mounting Tool. En konsekvens av denna placering hade kunnat vara att tyngdpunkten befinner sig för långt fram och får lyftbordet att tippa över, men det går också att räkna på.

Vid test av prototyp uppe på ett lyftbord så framkom det att ett längre lyftbord kan skapa komplikationer med effektiviteten. Ett lyftbord har ofta höj- och sänkningsmekanismen längst bak vid handtaget, i form av en pedal. Placeringen av pedalen gör det omöjligt att höja och sänka lyftbordet medan du roterar in bajonettflänsen på skruvarna. Detta kan ge skäl till att se över en design av ett egenproducerat lyftbord där pedalen för höjning kan befinna sig vid sidan av bordet. Det kan också vara av värde att ha ett mindre lyftbord då de flesta modellerna inte har ett behov av ett lyftbord med kapacitet för 150 kg, vilket hade lett till enklare manövrering. Som det ser ut i branschen nu så är tolkningen att befintlig ZG Mounting Tool är tillräcklig, ett lyftbord designat av Metenova vore i så fall enbart för optimering.

8.6 Processen och genomförandet i dess helhet

Arbetet har fungerat bra i stort och metoderna som valts ut har bidragit till utvecklingen. Även fast det mesta har fungerat bra så hade saker kunnat ske smidigare och mer optimerat tidsmässigt. Till exempel hade fler videointervjuer kunnat bokas in på egen hand för att få en bättre helhetsbild tidigt i projektet. I tidigt skede så skedde mycket planering i väntan på att få träffa montörer i person. Under denna tid hade till exempel en prototyp av en tank kunnat byggas upp för att ge mer kvalitativ feedback vid prototyptestandet. Vid idégenerering hann det diskuteras fram en del lösningsförslag som spelar in på tekniskt rums behov och krav. Detta då projektet inte hade avgränsat sig från tekniska rum förrän efter besök hos Fresenius Kabi. Dessa förslag har troligtvis gynnat projektet med att inte låsa sig vid en sorts lösning för tidigt, men det är trots allt tid lagd på att designa i fel riktning i och med avgränsningen. I och med att det tog tid att etablera exakt vad för krav som bör sättas på produkten, i och med en snäv lösningsrymd, så har en del designarbete skjutits på i processen. Till exempel har byggandet av prototyper skett relativt sent och insikter från testning av prototyper har därmed också kommit sent. Hade projektet genomförts igen så hade en tydligare planering i tidigt skede gjorts för att hamna på rätt spår i tidigt skede.

9 Slutsatser

En av de centrala lärdomarna från projektet är att många av de problem som identifierats hade kunnat undgått genom mer genomtänkt fabriksplanering. Läkemedelsproducenter skulle gynnas om deras elektriker, rörläggare, fabriksplanerare, mixerleverantörer och tankbyggare hade ett mer holistiskt synsätt och bättre kommunikation. I stället leder denna brist till att tankarna omges av utrustning som sprinklers, kabelstegar och rör som gör det svårt att hitta en monteringslösning som passar alla fall. Att åtgärda detta hade gjort det möjligt att applicera ZG Mounting Tool i tekniskt rum men också underlättat för mycket annat underhåll.

En ytterligare lärdom är att en enkel lösning kan vara bättre än en komplex. En monteringslösning med låg komplexitet är ofta billigare att tillverka, lättare att rengöra och mer intuitiv för användaren. Det är också viktigt att förstå att en lösning som uppfattas som komplex och svår att använda troligen inte kommer användas. Inte heller om den tar längre tid att montera med monteringslösningen kontra manuell montering.

Projektets slutsatser är att det inte går att komma fram till en monteringslösning som löser monteringen för alla drivenheter och för alla blandningstankar i både renrum och tekniskt rum. Det finns många yttre parametrar som styr om en monteringslösning kommer fungera eller inte, som drivenhetens storlek och kringliggande utrustning runt tankarna som elkablar och sprinklersystem. Genom att avgränsa problemrymden och endast fokusera på renrum går det att hitta fungerande lösningar, som med ZG Mounting Tool.

De ergonomiska analyserna som utförts på ZG Mounting Tool visar på förbättrad ergonomi hos montören. Lösningen effektiviserar arbetet med att den endast kräver en montör samt underlättar en ansträngande monteringsprocess. ZG Mounting Tool bidrar inte heller till kontamineringsrisker i renrum då montören aldrig behöver nudda golvet annat än med fötterna. Ytterligare kräver lösningen bara en montör under en kortare tid i renrummet, vilket minskar antal mantimmar som krävs vid montering.

ZG Mounting Tool fungerar väl för att lösa montering av drivenheter i renrum. Med sin design förbättrar den ergonomin och effektiviserar arbetet, samtidigt som den är renrumsanpassad. Detta gör ZG Mounting Tool till en realistisk och värdebringande monteringslösning för montörerna. Allt detta leder till att deras magnetblandare blir mer attraktiva för deras kunder och visar att Metenova är ett företag som också fokuserar på arbetsmiljön runt sina produkter.

10 Referenser

- Bligård, L.-O., & Berlin, C. (2022). *Pepa 1.1 - TTA Fysisk ergonomi*. Hämtat från https://chalmers.instructure.com/courses/20043/files/2287880?module_item_id=301997
- CLIN. (u.d.). *Cleanroom-industries*. Hämtat från PVC or Polypropylene for cleanroom: <https://www.cleanroom-industries.com/en/resources/item/505-pvc-or-polypropylene-for-cleanroom>
- Europeiska Kommissionen. (den 22:a Augusti 2022). The Rules Governing Medicinal Products in the European Union Volume 4 EU Guidelines for Good Manufacturing Practice for Medicinal Products for Human and Veterinary Use. *The Rules Governing Medicinal Products in the European Union Volume 4 EU Guidelines for Good Manufacturing Practice for Medicinal Products for Human and Veterinary Use*. Bryssel, Belgien: Europeiska Kommissionen. Hämtat från https://health.ec.europa.eu/system/files/2022-08/20220825_gmp-an1_en_0.pdf
- Hignett, S. &. (2000). Rapid entire body assessment (REBA). *Applied ergonomics* 31, ss. 201-205. Hämtat från [https://doi.org/10.1016/s0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/s0003-6870(99)00039-3)
- Metenova AB. (2024). *Help me choose my mixer*. Hämtat från Metenova: <https://www.metenova.com/help-me-choose-mixer/>
- Russell, J. S. (1803). *Storbritannien Patentnr 2741*.
- Solvay. (2015). *Lesker*. Hämtat från KetaSpire® PEEK Powders: https://www.lesker.com/polymer-coatings/pdf/ketaspire_peek_offers_higher_purity_and_toughness_en.pdf
- Ulrich, K. T., & Steven, D. E. (2012). *Produktveckling, konstruktion och design*. New York: McGraw-Hill Education.

11 Bilagor

I bilagor finns dom explicita resultaten av olika metoder som för olika metoder (så som HTA, REBA, PEPA, KJ och Kravspecifikation). Intervjumallen presteras också. Produktutvecklingsprocessen presenteras i kronologisk ordning samt dom olika koncepten som tog fram ut med. Motiveringar till bortsällning och vidareutveckling presteras också.

A. Intervjumall

Intervjumallen för semi-strukturerade intervjuer med huvudsyfte att ge en bred bild av problemet samt ge information om kringliggande utrustning.

Generella frågor:

1. Vilken erfarenhet har du av att montera drivenheter?
 - a. Skulle du kunna uppskatta hur många drivenheter du har monterat?

Montering

2. Vad består dina uppgifter av?
 - a. Vilka modeller monterar ni mest?
 - b. Finns det några skillnader i att montera de olika modellerna? (ZG, HP, HS)
3. Gå igenom monteringsprocessen för oss i detalj.
 - a. Monteras alltid drivenheten ned innan den underhålls?
 - b. Hur lång tid uppskattar du att av- och påmonteringen tar?
 - c. Hur många brukar krävas för montering av de större drivenheterna?
 - d. Vad upplever ni för problem med monteringen av drivenheten.
 - i. Vad är svårast?
 - e. Hur påverkar kringliggande utrustning monteringen av drivenheten (ex. mätutrustning, utlopp på tanken)?
 - i. Brukar det försvåra hanteringen?
 - f. Använder ni något hjälpmedel under montering (verktyg)?
 - i. Vad för något och varför? Hur underlättar det?
 - g. Hur varierar monteringshöjden på tankarna ni arbetar med?
 - h. Har ni någon erfarenhet av arbete i Cleanroom?
 - i. Vilken standard av Cleanroom är drivenheten anpassad för?
 - ii. Vad är er upplevelse av att montera drivenheter i Cleanroom?
4. Förekommer det underhåll i närheten av drivenheten som måste kunna komma åt?
 - a. Finns det något som rör tanken, mixerhuvudet eller drivenheten som underhålls?
5. Får era montörer gå igenom någon form av förberedande utbildning för monteringen av drivenheterna?

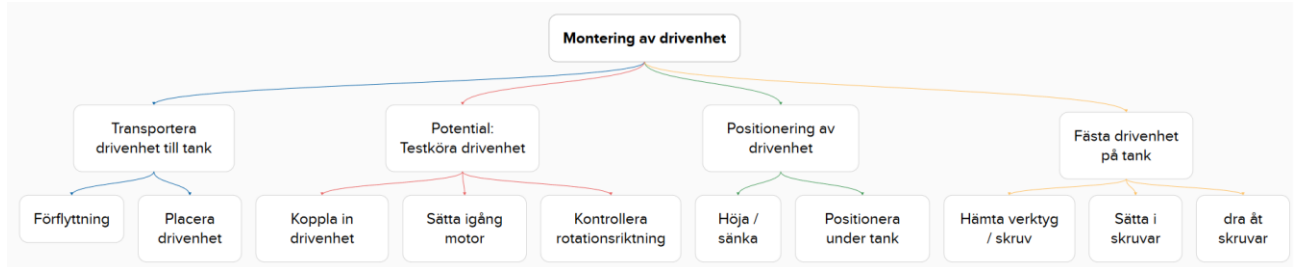
B. KJ-analys

KJ analys baserat på intervjuerna, analysen resulterade i en djupare förståelse om kontexten och monteringen.

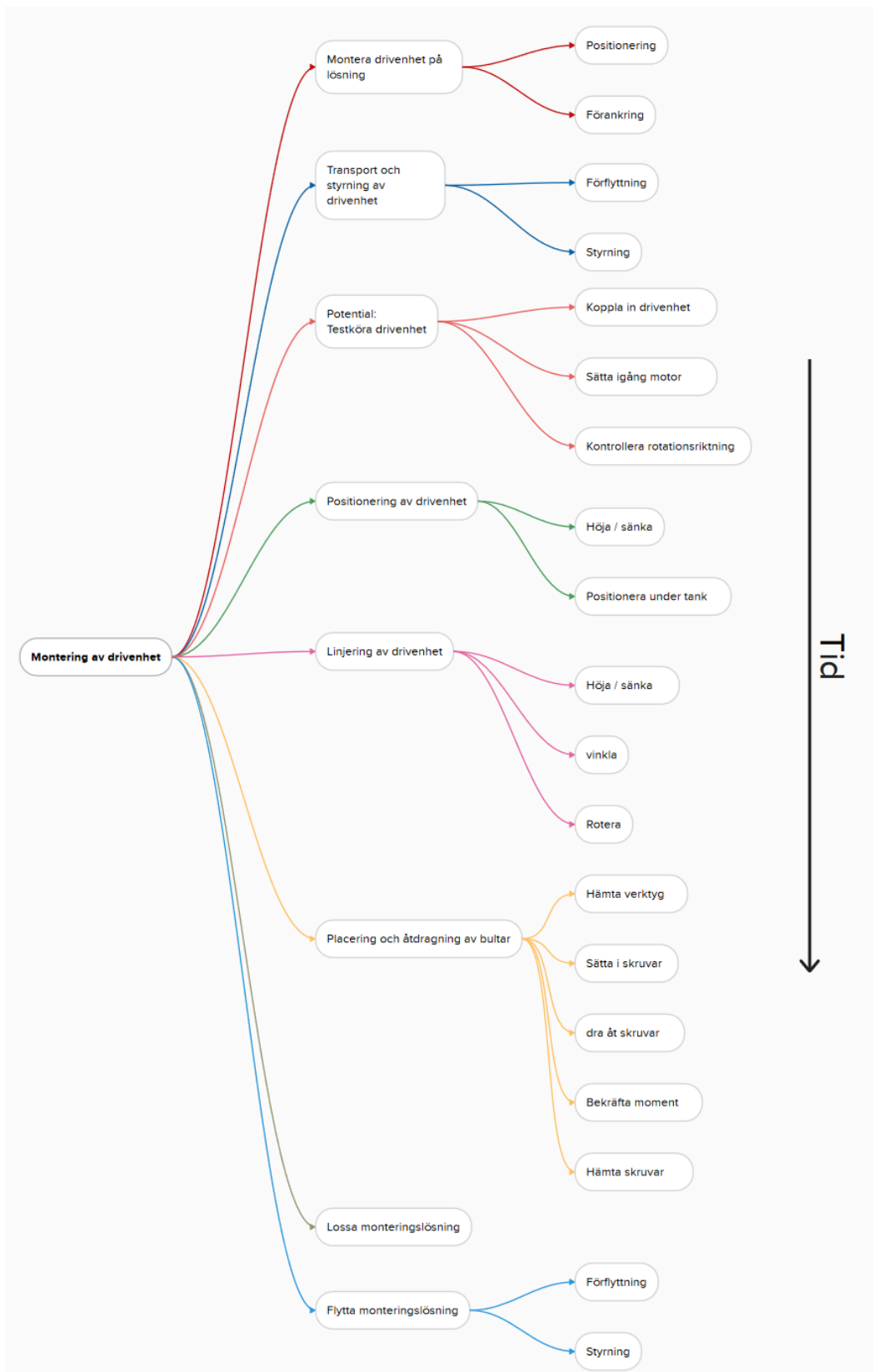


C. HTA, Hierarchical Task Assessment

HTA:n delade upp monteringen av drivenheten i mer konkreta delmoment som används som grund i vidare analyser. Två HTA:s skapades en för manuell montering, se Figur 49, och en för montering med hjälp av en monteringslösning se Figur 50.



Figur 49 HTA för manuell montering.



Figur 50 HTA för montering med monteringslösning, Notera att den är "stående" i jämförelse med Figur 49 och delmomenten utförs i fallande ordning.

D. PEPA - Physical Ergonomics Product Assessment

I denna bilaga uppvisas resultat från den ergonomiska analysmetoden PEPA. Metoden avser att förtydliga vilka moment och rörelser som står för mest fysisk börda under monteringen. Dessa resultat ansågs särskilt viktiga att designa utifrån.

PEPA:n för montering av drivenhet med hjälp av lyftbord gjordes utifrån en observation av montering samt nedmontering av drivenhet utförd av en utvecklingsingenjör på Metenova. Eftersom att drivenheten som användes vid detta tillfälle inte representerar de drivenheter projektet fokuserar på, har justeringar i analysen gjorts för att få ett mer träffsäkert resultat. Detta syftar framförallt på att den observerade drivenheten kunde hållas fast mot tankplattan med magnetkraft, vilket inte stämmer generellt för de drivenheter monteringslösningen avser att behandla.

Uppgift: montering av drivenhet mha lyftbord

Physical Ergonomics Product Assessment (PEPA)	Montera drivenhet på lösning	Transportera drivenhet till tank	Positionera under tank	Höja/sänka	Vinkling av drivenhet	Sätta i skruvar	Dra åt skruvar
(1) Hantering (Hålla, Förflytta, Impuls, Fånga)	Förflytta	Förflytta	Förflytta	Förflytta	Förflytta	Förflytta	Förflytta
(2) Styrka	H	L	L	M	H	L	M
(3) Precision	L	M	M	M	H	H	L
(4) Uthållighet	H	L	L	M	H	L	M
(5) Grepp	H	L	L	M	H	H	L
(6a) Nacke	L	L	M	L	M	M	M
(6b) Axlar/Skuldror	M	L	L	M	M	M	H
(6c) Arm/armbåge	H	L	L	M	H	L	M
(6d) Hand/ handled	H	L	L	M	H	M	M
(6e) Fingrar	H	L	L	M	H	M	M
(6f) Rygg	H	L	L	M	H	L	M
(6g) Ben/ knä	M	L	L	H	H	M	M
(6h) Fot/fotled	L	L	L	L	L	L	L
(7) Yttre omständigheter	Gröndräkt Saker i vägen	Gröndräkt Saker i vägen	Gröndräkt Saker i vägen Utrvmmesbrist	Gröndräkt Saker i vägen Utrvmmesbrist	Gröndräkt Saker i vägen Utrvmmesbrist	Gröndräkt Saker i vägen Utrvmmesbrist	Gröndräkt Saker i vägen Utrvmmesbrist

Tabell 1 PEPA för monteringen med hjälp av ett lyftbord.

Uppgift: Avmontering av drivenhet mha lyftbord

Physical Ergonomics Product Assessment (PEPA)	Hämta verktyg	Dra ut skruvar	Placera undan skruvar	Sänka drivenhet med muskelkraft	Förflyttning	Placera undan drivenhet
(1) Hantering (Hålla, Förflytta, Impuls, Fånga)		Förflytta		Fånga	Förflytta	Förflytta
(2) Styrka		L		H	L	H
(3) Precision		H		H	L	L
(4) Uthållighet		M		M	L	M
(5) Grepp		H		H	L	H
(6a) Nacke		M		M	L	L
(6b) Axlar/Skuldror		L		H	L	H
(6c) Arm/armbåge		L		H	L	H
(6d) Hand/ handled		M		H	L	H
(6e) Fingrar		M		H	L	H
(6f) Rygg		L		H	L	H
(6g) Ben/ knä		L		H	L	H
(6h) Fot/fotled		L		L	L	L
(7) Yttre omständigheter		Saker i vägen Utrymmesbrist		Saker i vägen Utrymmesbrist	Saker i vägen Utrymmesbrist	Gröndräkt

Tabell 2 PEPA för avmonteringen med hjälp av ett lyftbord.

Uppgift: montering av drivenhet mha XPL

Physical Ergonomics Product Assessment (PEPA)	Montera drivenhet på lösning	Transportera drivenhet till tank	Positionera under tank	Höja/sänka	Vinkling av drivenhet	Sätta i skruvar	Dra åt skruvar
(1) Hantering (Hålla, Förflytta, Impuls, Fånga)	Förflytta	Förflytta	Förflytta	Förflytta	Förflytta	Förflytta	Förflytta
(2) Styrka	H	L	L	L	M	L	M
(3) Precision	L	M	L	L	M	H	L
(4) Uthållighet	H	L	L	L	L	L	M
(5) Grepp	H	L	L	M	L	H	L
(6a) Nacke	L	L	M	L	L	M	M
(6b) Axlar/Skuldror	M	L	L	L	L	M	H
(6c) Arm/armbåge	H	L	L	M	M	L	M
(6d) Hand/ handled	H	L	L	M	L	M	M
(6e) Fingrar	H	L	L	M	L	M	M
(6f) Rygg	H	L	L	M	M	L	M
(6g) Ben/ knä	M	L	L	H	H	M	M
(6h) Fot/fotled	L	L	L	L	L	L	L
(7) Yttre omständigheter	Gröndräkt Saker i vägen	Gröndräkt Saker i vägen	Gröndräkt Saker i vägen	Gröndräkt Saker i vägen	Gröndräkt Saker i vägen	Gröndräkt Saker i vägen	Gröndräkt Saker i vägen

Tabell 3 PEPA för monteringen med hjälp av XPL (uppskattningsvis).

Uppgift: Avmontering av drivenhet mha XPL (uppskattning)

Physical Ergonomics Product Assessment (PEPA)	Hämta verktyg	Dra ut skruvar	Placera undan skruvar	Sänka drivenhet med muskelkraft	Förflyttning	Placera undan drivenhet
(1) Hantering (Hålla, Förflytta, Impuls)		Förflytta		Fånga	Förflytta	Förflytta
(2) Styrka		L		L	L	H
(3) Precision		H		L	L	L
(4) Uthållighet		M		L	L	M
(5) Grepp		H		L	L	H
(6a) Nacke		M		L	L	L
(6b) Axlar/Skuldror		L		L	L	H
(6c) Arm/armbåge		L		L	L	H
(6d) Hand/ handled		M		L	L	H
(6e) Fingrar		M		L	L	H
(6f) Rygg		L		L	L	H
(6g) Ben/ knä		L		L	L	H
(6h) Fot/fotled		L		L	L	L
(7) Yttre omständigheter		Gröndräkt Saker i vägen		Gröndräkt Saker i vägen	Gröndräkt Saker i vägen	Gröndräkt

Tabell 4 PEPA för monteringen med hjälp av XPL (uppskattningsvis).

E. REBA – Rapid Entire Body Assessment

I denna bilagan uppvisas resultat från den ergonomiska analysmetoden REBA. Metoden avser att förtydliga vilka mindre kroppsliga rörelser som skapar ett ackumulativt fysiskt besvär under monteringen. Dessa resultat ansågs särskilt viktiga att designa utifrån.

REBA analys av vinkelinställning mha lyftbord

A:	Score:
Neck	2
Trunk	3
Legs	2
Posture A	5
Force/Load	2
Score A	7

B:	Score:
Upper Arm	4
Lower Arm	1
Wrist	2
Posture B	5
Coupling	3
Score B	8
Activity	1

Final REBA score: **11**

"Very high risk, implement change"

Tabell 5 REBA analys av vinkelinställning m.h.a. lyftbord.

REBA analys av höj- och sänkning mha lyftbord

A:	Score:
Neck	3
Trunk	2
Legs	3
Posture A	6
Force/Load	2
Score A	8

B:	Score:
Upper Arm	1
Lower Arm	2
Wrist	2
Posture B	2
Coupling	1
Score B	3
Activity	1

Final REBA score: **9**

"High risk, investigate and implement change"

Tabell 6 REBA analys av höj- och sänkning m.h.a. lyftbord.

REBA analys av vinkelinställning med XPL till hjälp

A:	Score:
Neck	2
Trunk	2
Legs	2
Posture A	4
Force/Load	0
Score A	4

B:	Score:
Upper Arm	4
Lower Arm	1
Wrist	1
Posture B	4
Coupling	2
Score B	6
Activity	0

Final REBA score: **6**

"Medium risk, further investigate, change soon"

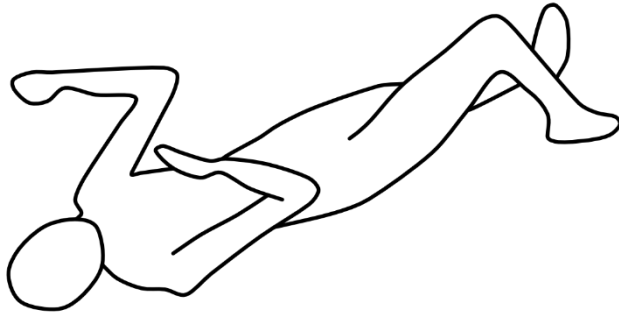
Tabell 7 REBA analys av vinkelinställning med XPL till hjälp

F. Genomförande av ergonomiska analyser av montering i tekniskt rum

En REBA-analys genomfördes för tre arbetspositioner utifrån observationen hos Fresenius Kabi i tekniskt rum. Denna analys visar på hur invecklad monteringsprocessen är i tekniska rum med mycket kringliggande utrustning och hinder av olika slag och låg delvis som grund vid beslutsfattandet om avgränsning till renrum.

Undersökningen täcker hela monteringen av en ZG7-modell där två montörer hjälptes åt för att lösa uppgiften. Den ena montören låg på marken och förde upp drivenheten ovanför sig, den andra satt på ett knä bredvid och hjälpte styra in samt att lätta vikt från medarbetaren. De moment som analyserades var tre stycken: liggande montör som för upp drivenheten och styr in den mot tankplattan (figur 51), liggande montör som drar åt skruvar (figur 52) samt assisterande montör som hjälper styra och lättar vikt från medarbetaren (figur 53). Figurer hittas på följande sidor

Utvärderingen möjliggjordes av att videor togs på hela processen och utifrån dessa genomfördes tre REBA-analyser. Resultatet av metoden framställs numeriskt utifrån en mall och representerar hur farligt en arbetsposition anses utifrån ett ergonomiskt perspektiv



Figur 51 Position 1: Montör som lyfter drivenheten liggandes.

REBA analys

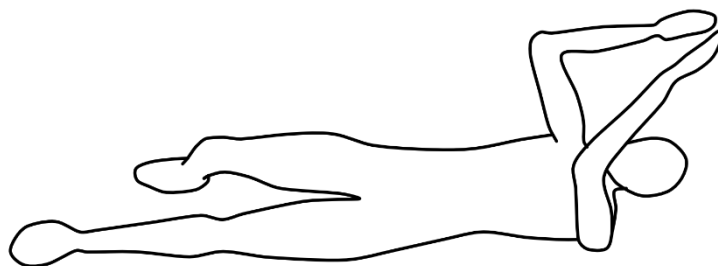
A:	Score:
Neck	1
Trunk	1
Legs	1
Posture A	1
Force/Load	3
Score A	4

B:	Score:
Upper Arm	4
Lower Arm	2
Wrist	3
Posture B	7
Coupling	3
Score B	10
Activity	1

Final REBA score: **10**

"High risk, investigate and implemnt change"

Tabell 8 REBA analys baserat på position 1.



Figur 52 Position 2: Montör som skruvar in skruvar mellan flänsen och tankplattan liggandes.

REBA analys

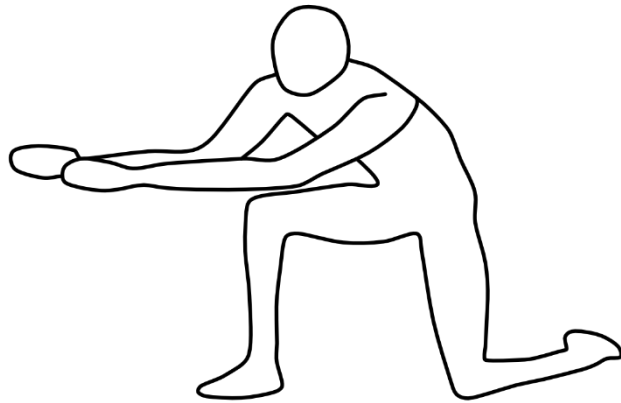
A:	Score:
Neck	2
Trunk	1
Legs	1
Posture A	1
Force/Load	2
Score A	3

B:	Score:
Upper Arm	5
Lower Arm	2
Wrist	2
Posture B	3
Coupling	1
Score B	4
Activity	2

Final REBA score: **5**

"Medium risk, futher investigate, change soon"

Tabell 9 REBA analys baserat på Position 2.



Figur 53 Position 3: Montör som styr drivenhet och skruvar in skruvar mellan fläns och tankplatta.

REBA analys

A:	Score:
Neck	3
Trunk	4
Legs	1
Posture A	4
Force/Load	2
Score A	6

B:	Score:
Upper Arm	5
Lower Arm	1
Wrist	2
Posture B	7
Coupling	3
Score B	10
Activity	2

Final REBA score: **12**

"Very high risk, implemnt change"

Tabell 10 REBA analys baserat på Position 3

Uppgift: montering av drivenhet två personer

Physical Ergonomics Product Assessment (PEPA)	Förflyttning	Placera drivenhet	Positionera under tank	Höja/sänka	Hämta verktyg / skruv	Sätta i skruvar	Dra åt skruvar
(1) Hantering (Hålla, Förflytta, Impuls, Fånga)	Förflytta	Förflytta	Hålla	Förflytta		Förflytta	Förflytta
(2) Styrka	H	H	H	H		L	M
(3) Precision	L	M	H	H		H	H
(4) Uthållighet	M	L	H	H		L	M
(5) Grepp	H	H	H	H		H	L
(6a) Nacke	L	L	M	M		M	M
(6b) Axlar/Skuldror	M	M	H	H		L	H
(6c) Arm/armbåge	H	H	H	H		L	M
(6d) Hand/ handled	H	H	H	H		M	M
(6e) Fingrar	M	M	M	M		M	M
(6f) Rygg	H	H	H	H		L	M
(6g) Ben/ knä	M	H	H	H		L	L
(6h) Fot/fotled	L	L	L	L		L	L
(7) Yttre omständigheter	Gröndräkt Saker i vägen	Gröndräkt Saker i vägen	Gröndräkt Saker i vägen Utrymmesbrist	Gröndräkt Saker i vägen Utrymmesbrist		Gröndräkt Saker i vägen Utrymmesbrist	Gröndräkt Saker i vägen Utrymmesbrist

Tabell 11 PEPA analys för montering av drivenhet i tekniskt rum, två personer.

Uppgift: Avmontering av drivenhet två personer

Physical Ergonomics Product Assessment (PEPA)	Hämta verktyg	Dra ut skruvar	Placera undan skruvar	Sänka drivenhet med muskelkraft	Förflyttning	Placera undan drivenhet
(1) Hantering (Hålla, Förflytta, Impuls, Fånga)		Förflytta		Fånga	Förflytta	Förflytta
(2) Styrka		L		H	L	H
(3) Precision		H		H	H	L
(4) Uthållighet		M		M	L	L
(5) Grepp		H		H	H	H
(6a) Nacke		M		L	M	L
(6b) Axlar/Skuldror		L		H	L	H
(6c) Arm/armbåge		L		H	L	H
(6d) Hand/ handled		M		H	M	H
(6e) Fingrar		M		M	M	M
(6f) Rygg		L		H	L	H
(6g) Ben/ knä		L		H	L	H
(6h) Fot/fotled		L		L	L	L
(7) Yttre omständigheter		Gröndräkt Saker i vägen Utrymmesbrist		Gröndräkt Saker i vägen Utrymmesbrist	Gröndräkt Saker i vägen Utrymmesbrist	Gröndräkt

Tabell 12 PEPA analys för nedmontering av drivenhet i tekniskt rum, två personer.

G. Kravspecifikation

I denna bilaga visas listningen av behov och krav, dels ställda från Metenova, dels identifierade i informationsinsamlingsfasen.

Imers	Dokumenttyp	Designspecifikation				
	Projekt	Monteringslösning för drivenhet				
dare: Grupp G/21		Skapad: 2024-02-05				
		Modifierad: 2024-04-16				
Kriterier		Krav som uppfyller funktion	K/O	Vikt	Verifieringsmetod	Referens (kravställare)
Funktion(er)						
HF 1	Möjliggöra enkel montering av drivenhet	1.1				
DF 1.1	Montera drivenhet på monteringslösning	1.1.1				
DF 1.2	Transportera drivenhet till tank	1.1.2				
DF 1.3	Höja drivenhet till tankplatta	1.7				
DF 1.4	Linjera vinkel mot tankplatta	1.3				
DF 1.5	Föra in magnethuvud i tankplatta	1.4				
DF 1.6	Linjera bulthål	1.1.3				
DF 1.7	Drå åt bultar	1.5				
DF 1.8	Montera av monteringslösning från drivenhet	1.6				
HF 2	Möjliggöra enkel avmontering av drivenhet	1.1				
DF 2.1	Transportera monteringslösning till tank	1.1.2				
DF 2.2	Montera drivenhet på monteringslösning	1.1.1				
DF 2.3	Lössa bultar	1.5				
DF 2.4	Sänka drivenhet från tankplatta	1.7				
DF 2.5	Montera av drivenhet från monteringslösning	1.1.4				
Kriterier		Målvärde	K/O	Vikt	Verifieringsmetod	Referens (kravställare)
1.	Prestanda					
1.1	Förkorta total monteringstid	5 Minuter	K		Test av prototyp	Projektgrupp
1.1.1	Tidseffektivera montering av drivenhet på monteringslösning	20 sekunder	Ö		Test av prototyp	Projektgrupp
1.1.2	Tidseffektivera transport av drivenhet till och från grov monteringsposition	10 sekunder (ca 2 meter sträcka)	Ö		Test av prototyp	Projektgrupp
1.1.3	Tidseffektivera linjering av bulthål	20 sekunder	Ö		Test av prototyp	Projektgrupp
1.1.4	Tidseffektivera avmontering av drivenhet på monteringslösning	20 sekunder	Ö		Test av prototyp	Projektgrupp
1.2	Max antal användare behövda vid montering	1	K		Test av prototyp	Projektgrupp
1.3	Tillåta vinkling av drivenhet mot tankplatta	0-30 grader	K		Test av prototyp	Projektgrupp
1.4	Tillåta införsel av magnethuvud i tankplatta	Höjning i axialled > 70 mm	K		Test av prototyp	Projektgrupp
1.4.1	Tillåta införsel av magnethuvud i tankplatta	Höjning i axialled > 170 mm	Ö		Test av prototyp	Projektgrupp
1.5	Tillåta åtkomst till bultar med nyckel	-	K		Test av prototyp	Projektgrupp
1.6	Tidseffektivera lossning av monteringslösning från drivenhet	20 sekunder	Ö		Test av prototyp	Projektgrupp
1.7	Tillåta höjning och sänkning av drivenhet till och från tankplatta	Vertikal rörelse 700 - 1500 mm (från golv)	K		Test av prototyp	Projektgrupp
1.8	Tillåta enkel montering av monteringslösning på lyftbord	Kompatibel med standard lyftbord storlek(mm): 500;910;8	K		Test av prototyp	Projektgrupp
2.	Användningsmiljö					
2.1	Uppfylla krav för användning i renrumsmiljö		K		-	Renrumsmiljö
2.1.1	Ingen risk för vätskeläckage		K		-	Renrumsmiljö
2.1.2	Tillåta enkel rengöring av samtliga ytor		Ö		-	Renrumsmiljö
2.1.2.1	Minimera horisontella ytor		Ö		-	Renrumsmiljö
2.1.2.2	Minimera svåråtkomliga ytor		Ö		-	Renrumsmiljö
2.1.2.3	Maximera släta ytor		Ö		-	Renrumsmiljö
3.	Livslängd					
3.1	Hålla för 30 användningar per år under tidsperiod	20 år	K		Teoretisk utvärdering	Projektgrupp
3.1.1	Hålla för 30 användningar per år under tidsperiod	40 år	Ö		Teoretisk utvärdering	Projektgrupp
4.	Underhåll					
4.1	Service efter 100 användningar eller 3 år.		K		Teoretisk utvärdering	Projektgrupp
4.2	Minimera servicebehov		Ö		Teoretisk utvärdering	Projektgrupp
5.	Tillverkning					
5.1	Tillverkningskostnad	< 20000 kr	Ö		Teoretisk utvärdering	Projektgrupp
5.2	Ska kunna tillverkas med bockning / skärande bearbetning		K		Teoretisk utvärdering	Metenova
6.	Konkurrerande lösningar					
6.1	Vagn från Belgien	2 min	-		Monteringstid	Metenova kund
6.2	Flera montörer (2-3)	10-30min	-		Monteringstid	Metenova
7.	Distributionsätt					
7.1	Monteringslösning medföljer vid köp av drivenhet		-		-	-
7.2	Tankföretag köper monteringslösning. Slutkund beställer montagehjälp.		-		-	-
10.	Kvantitet					
10.1	Antal enheter som förväntas tillverkas:	ca 100 st	-		-	Projektgrupp
11.	Storlek					
11.1	Ska rymmas genom standard dörröppning	max 710 x 2010 mm	K		Test av prototyp	Projektgrupp
12.	Vikt					
12.1	Maxvikt av produkt	50 kg	K		Teoretisk utvärdering	Projektgrupp
12.2	Maxvikt av produkt	30 kg	Ö		Teoretisk utvärdering	Projektgrupp
13.	Estetik och yttfinish					
13.1	Estetik i linje med Metenovas		Ö		Teoretisk utvärdering	Projektgrupp
14.	Material					
14.1	Rostfritt stål		K		-	Renrumsmiljö
14.2	PEEK		K		-	Renrumsmiljö
14.3	PA		K		-	Renrumsmiljö
15.	Standarder och lagkrav					
15.1	Följa GMP Cleanroom classification	C	K		Teoretisk utvärdering	Renrumsmiljö
15.2	Följa GMP Cleanroom classification	B	Ö		Teoretisk utvärdering	Renrumsmiljö
16.	Ergonomi					
16.1	Medföra ergonomisk arbetsposition hos användare		K		REBA / PEPA	Metenova
16.2	Avlasta användare från tunga lyft		K		REBA / PEPA	Metenova
16.3	Tillåta arbete i skyddsutrustning för renrum		K		Teoretisk utvärdering	Renrumsmiljö
16.4	Möjliggöra förvaring av verktyg		Ö		Teoretisk utvärdering	Möntörer
16.5	Uppfylla REBA-score:	2-3 = low risk, change may be needed	K			
16.6	Uppfylla REBA-score:	1 = negligible risk	Ö			
17.	Säkerhet					
17.1	Förhindra skador på användare vid montering		K		Teoretisk utvärdering	Projektgrupp
17.1.1	Minimera klämskador vid montering		Ö		Teoretisk utvärdering	Projektgrupp
17.1.2	Minimera skärskador på användare vid montering		Ö		Teoretisk utvärdering	Projektgrupp
17.2	Förhindra skador på drivenhet		K		Teoretisk utvärdering	Metenova
17.2.1	Förebygga skador på outer drive head		K		Teoretisk utvärdering	Metenova
17.3	Förhindra skador på tank och kringliggande utrustning		K		Teoretisk utvärdering	Metenova
18.	Kompatibilitet med drivenheter					
18.1	Kompatibel med drivenhetsmodell	ZG7 IP45,55 - EXP (15,3 - 28 kg)	K		Test av prototyp	Metenova
18.1.1	Kompatibel med drivenhetsmodell	ZG5 - ZG10 EXP (10-130kg)	Ö		Test av prototyp	Metenova
18.2	Bära vikt	15,3 - 28 kg (ZG7 IP45,55 - EXP)	K		Test av prototyp	Metenova
18.2.1	Bära vikt	28-130kg (ZG5 IP45,55 - ZG10 EXP)	Ö		Test av prototyp	Metenova
18.3	Kompatibel med lowering device		K		Test av prototyp	Metenova
18.4	Kompatibel utan lowering device		K		Test av prototyp	Metenova
18.5	Kompatibel med flästyper	E0, E100	K		Test av prototyp	Metenova
18.6	Kompatibel med varvtalsensorer	mix head sensor, shaft sensor	K		Test av prototyp	Metenova
18.7	Inte kräva urkoppling av elkablar		Ö		Test av prototyp	Projektgrupp
18.8	Tillåta låsning med bajonettflås	25 grader rotation CW vid montering	K		Test av prototyp	Metenova
19.	Kompatibilitet med tankar					
19.1	Kompatibel med tankar med fyra ben		K		Test av prototyp	Metenova
19.2	Tillåta monteringshöjd	700 - 1500 mm	K		Test av prototyp	Metenova
20.	Specifika krav från uppdragsgivare					
20.1	Ingen elektronik		K		-	Renrumsmiljö

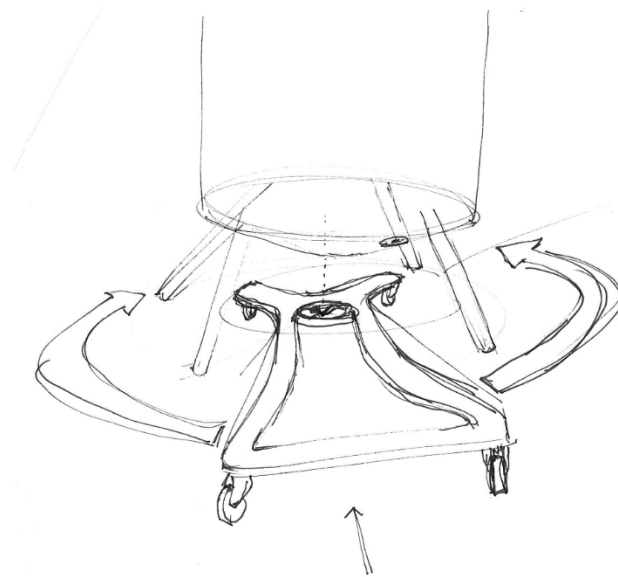
H. Val av koncept

I denna bilaga presenterats produktutvecklingen i en kronologisk ordning från brainstorming på dellösningar till slutkoncept.

Utifrån HTA'n för montering med monteringslösning (bilaga C) idégenererades det fram ett flertal dellösningar med hjälp av brainstorming, mindmapping (4.4) och diskussion.

För att utvärdera de olika dellösningar och gruppens förståelse om problemen konstruerades tre koncept. Konzepten skapades med hjälp av morfologisk matris (4.5.1) och diskussion. Konzept sållades bort och förfinades med hjälp av gruppens kärnvärden (4.5.2).

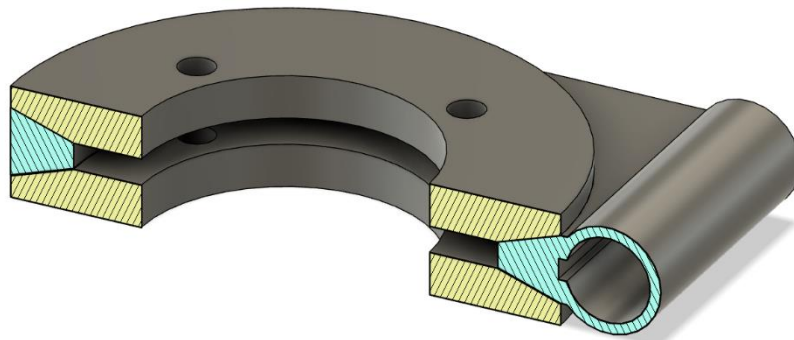
Resultatet blev tre olika varianter av lösningar: "Vagn", "Vajer" och "Stationär" (bilaga N). Den största skilljaren på koncepten är hur de förhåller sig till tanken. Vagnkonceptet använder golvet, vajer konceptet använder tankväggen och det stationära konceptet använder tankbenen. På grund av den stora variationen av tankar valdes det att gå vidare med vagnkoncept. Se exempel i vagnkoncept i figur 54.



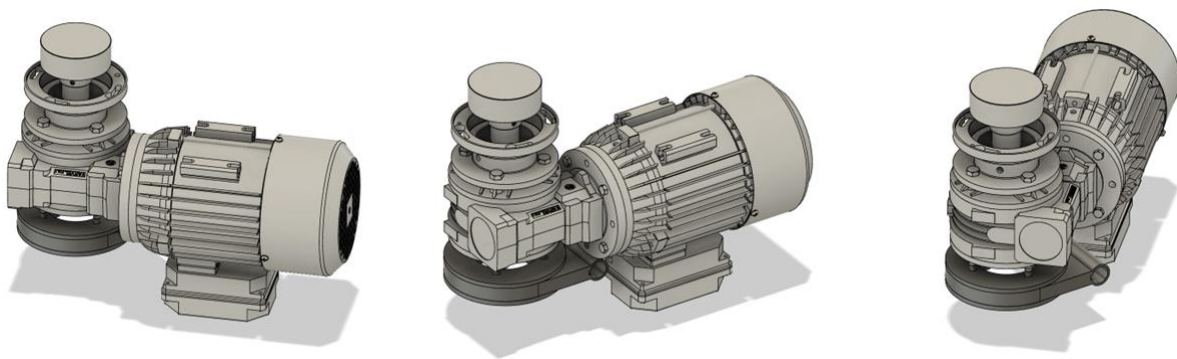
Figur 54 En möjlig utformning av vagnen.

Innan vagn-konceptet utvecklades så idégenererades det vidare på hur drivenheten monteras på vagnen. Resultatet av detta blev en adapter (7.2.4), se figur 55 och 56 på nästa sida. Adaptern

tillgodoser drivenhetens rotation kring magnethuvudet (för att linjera skruvhålen), därav uteslöts den funktionaliteten från vidareutvecklingen av vagn koncepten.



Figur 55 Första generationen av adaptorn.



Figur 56 Adaptorn monterad på drivenheten i tre olika vinklar.

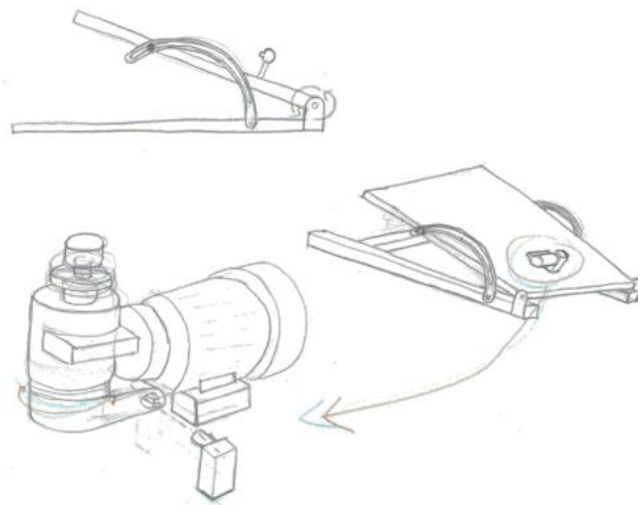
Vagn-koncepten utvecklades till ytterligare fyra koncept: ”Kamerastativet”, ”Snäckväxel armen”, ”Skottkärra” och ”Tillägg till lyftbord” (bilaga O), se figur 57 på nästa sida. Dessa koncept skilde sig i komplexitet och hur mycket användaren måste befinna sig under tanken.

	Lägre komplexitet	Högre komplexitet
Mindre arbete under tanken	”Skottkärra” ”Tillägg till lyftbord”	”Kamerastativ”
Mer arbete under tanken		”Snäckväxel armen”

Efter presentation och diskussion med både uppdragsgivare och opponenter valdes ” Tillägg till

Tabell 13 Hur de olika vagn koncepten kvalificerade

lyftbord” som det koncept som skulle vidareutvecklas. Konsensus var att fokusera på en mindre komplex lösning och nyttja så mycket färdiga komponenter som möjligt.



Figur 57 Skiss av Tillägg till lyftbord och hur drivenheten monteras på den.

Koncept grundade i "Tillägg till lyftbord"

Vidareutvecklingen av "tillägg till lyftbord" var karakteriserad av att minimera antal delar och komplexitet så mycket som möjligt. Flera varianter av "tillägg till lyftbord" idégenererades fram men främst genom diskussion så modifierades och kombinerades varianter. Slutligen kom grunderna till konceptet XPL (7) fram ur en tanke av att minimera antal delar och dess komplexitet. XPL ansågs av gruppen till vis del för begränsande då den inte kunde höja drivenheten i vinkeln av tankplattan. Ett alternativt koncept baserat i den mekaniska kopplingen "Scott Russell linkage" (Storbritannien Patentnr 2741, 1803), nämnt "Scott Russell" (bilaga P) tog fram för att utforska möjligheterna av att höja drivenheten i vinkeln av tankplattan. Det konstruerades varsin prototyp på XPL och "Scott Russell" i metall för att funktions testa principerna bilaga Q.

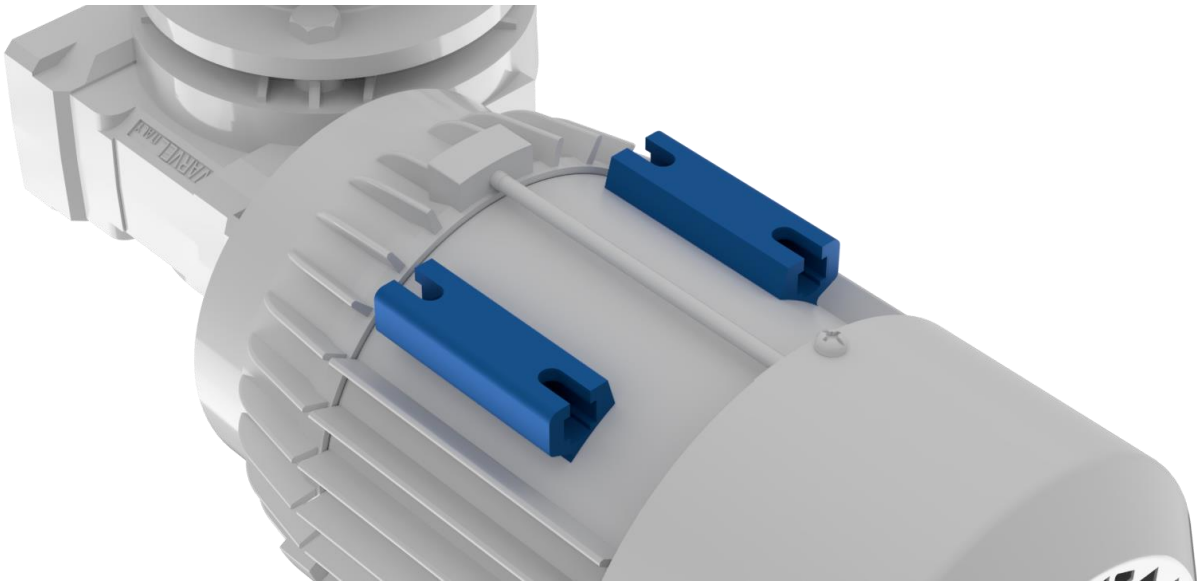
Efter presentation av XPL och "Scott Russell" och diskussion med uppdragsgivaren valdes det att gå vidare med XPL. Consensus var fortfarande att minimera antal rörliga delar och de fördelar "Scott Russell" befann ansågs inte tillräckliga att motivera den ökade komplexiteten.

I. Dellösningar: Montering av drivenhet på monteringslösning

I bilagor I-O redovisas de lösningsförslag på delmomenteten som sållades bort under produktutvecklingsprocessen samt resonemanget bakom dessa beslut.

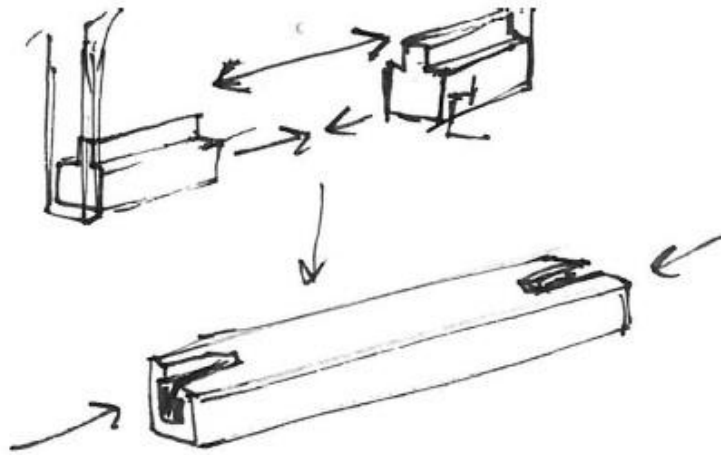
Fotfäste: Infästning i fästpunkt för fötter på drivenhet

En av drivenhetens tillgängliga fästpunkter befinner sig i mitten på ovansidan av drivenhetens kropp. Se figur 58. Dessa möjliggör infästning av fötter till drivenheten – ett alternativ som inte brukas i fallet med Metenovas magnetblandare.



Figur 58 Drivenhet med infästningen för fötterna markerat i blått.

Tanken med denna dellösning var att använda denna fästpunkt till monteringen av drivenheten på monteringslösningen enligt figur 59 på nästa sida.



Figur 59 Skiss av Fästning i fötterna på drivenheten. Två klossar (övre skissen) förs in i vardera sida av fotfästet på drivenheten (nedre skissen).

En stark fördel med denna lösning är att monteringen är mycket enkel och kräver inte några verktyg. Den använder också en monteringspunkt som i dagsläget inte används, vilket gör att den inte stör någon funktion.

Lösningförslaget sållades bort på grund av flera svåröverkomliga nackdelar:

Olika drivenheter har olika dimensioner på fotinfästningen. Detta skulle kräva olika infästningar för varje drivenhet vilket ökar monteringsstid och antal delar. Alternativ lösning skulle vara att möjliggöra mycket stor justering av infästningens dimensioner, vilket skulle medföra hög komplexitet och ökad monteringsstid.

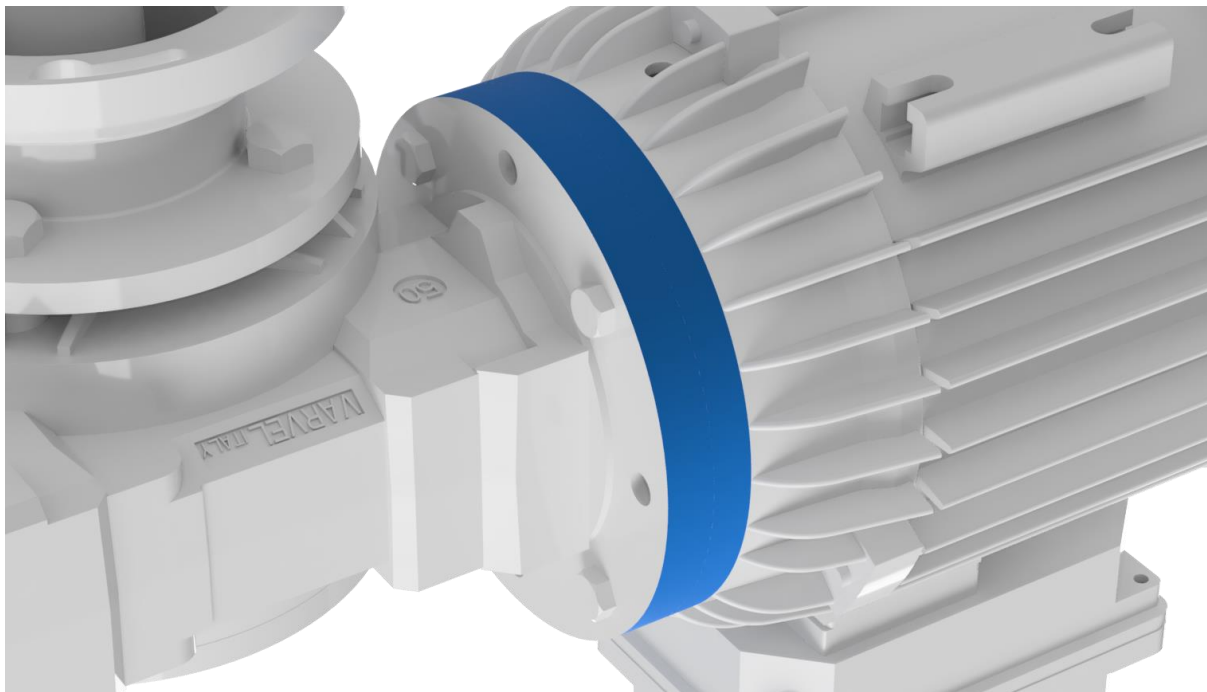
För att linjera drivenheten och tankplattans monteringshål, underlättar möjlighet till rotation kring magnethuvudets centrum. Denna infästning gör det svårt att uppnå denna typ av rotation, eftersom det hade behövt ske under drivenheten, och infästningen är på ovansidan.

Montering på egen hand med denna infästning antas även vara mycket svår, eftersom det skulle kräva att montören håller drivenheten i luften samtidigt som infästningen engageras. Därmed skulle den inte uppfylla kravet på antal montörer som krävs för montering.

Eftersom utrymmet ovanför drivenheten är begränsat av tanken vid montering, ansågs det också olämpligt att placera infästningen här. Nedmontering skulle då kräva relativt hög precision i en troligtvis icke-ergonomisk arbetsposition med böjd rygg och nacke.

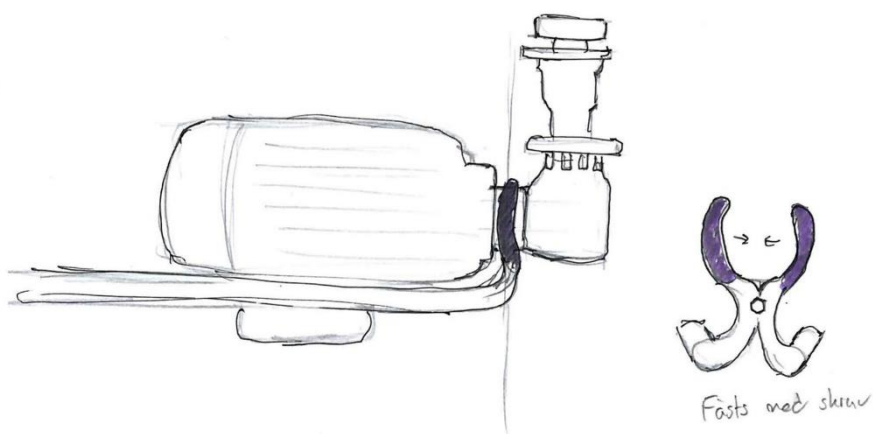
Klogrepp kring drivenhet

I syfte att minimera monterings-tid, föreslogs att drivenheten skulle greppas runt ett cylindriskt parti av drivenhetens kropp i närheten av dess uppskattade tyngdpunkt. Se figur 61.



Figur 61 Drivenheten där greppytan på motorn är markerad i blått.

Detta skulle ske med ett klo-liknande grepp och vara fäst i samma handtag som skulle användas för att styra drivenhetens rörelse. Se figur 60.



Figur 60 Skiss på klo-likande grepp om drivenheten.

Den stora fördelen med detta lösningsförslag ansågs vara att monteringen inte kräver några verktyg och skulle ske på ett intuitivt, tidseffektivt och enkelt vis. Efter vidare utvärdering

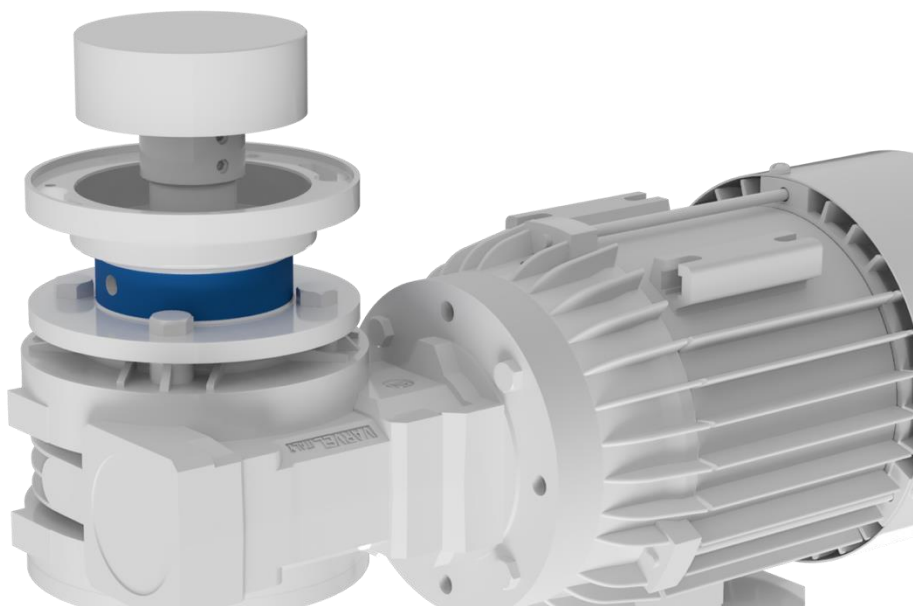
identifierades dock vissa hinder som komplicerade monteringen. Drivenheten måste nämligen stå upp på ellådan för att klon ska kunna greppa runt drivenheten, vilket den inte gör naturligt. Klogreppet behöver - likt ”infästning i fästpunkt för fötter på drivenhet” – anpassas efter varje storlek av drivenhet, eftersom den cylindriska ytan varierar i storlek, vilket medför fler delar och högre komplexitet.

Det råder även tvivelaktigheter kring huruvida greppet skulle kunna göras starkt nog för att förhindra vridning i cylinderytans radiella riktning och därmed inte kunna hålla fast drivenheten stabilt. Vid avlastning av handtagen, hade drivenheten genast släppts, vilket också medför svårigheter vid självständig montering.

Slutligen begränsar handtagens placering möjligheterna till rörelse i sidled, då tankben och annan utrustning riskerar att slås i.

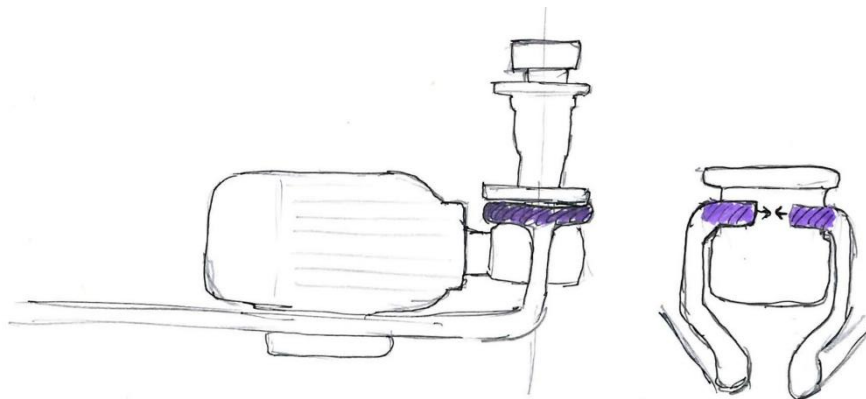
Klämförband runt fläns

En infästning som hade potential att tillåta rotation kring magnethuvudets centrum är ”Klämförband runt fläns” som fäster drivenheten till monteringslösningen genom att klämma runt drivenhetens fläns. Se figur 62.



Figur 62 Drivenheten där greppytan på motorn är markerad i blått.

Rotationen sker i förbandet och justeras genom åtdragning. Infästningspunktens är relativt lättåtkomlig på drivenheten och monteringsprocessen skulle kunna hållas relativt enkel och tidseffektiv. Se figur 63.



Figur 63 Handtag som greppar kring flänsen.

Likt många andra lösningar hade denna infästning krävt anpassning efter olika storlekar på drivenheter, men det som krävde lösningsförslagets bortsällning var dess inkompatibilitet med varvtalssensorer samt svårigheter med tillförlitlig justering av rotationsmotstånd.

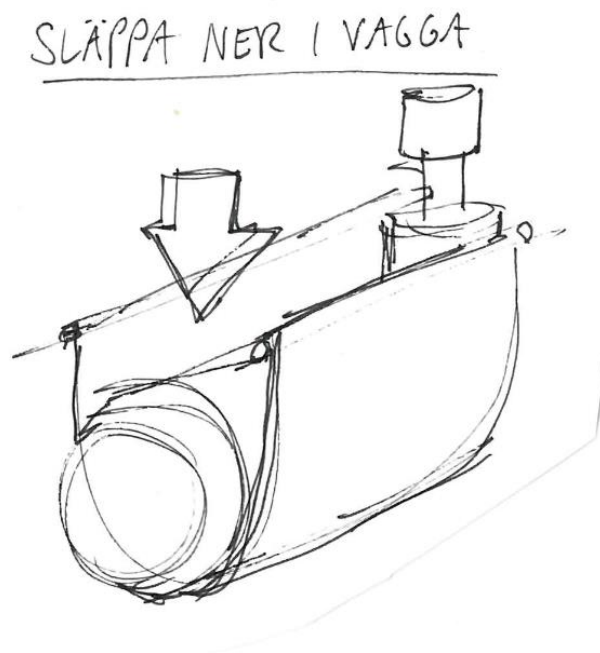
Varvtalssensorer monteras nämligen i eller precis intill flänsen – områden som hade blockerats av detta lösningsförslag.

Justeringen av rotationsmotståndet skulle kräva en ökning eller minskning av spänningen i greppet, men den tillgängliga ytan för kortare flänsar ansågs vara potentiellt för liten för tillräcklig friktion.

Vilande infästning

Lösningsförslaget ”Vilande infästning”, Se figur 64, syftade till att hålla drivenheten genom att placera den i en slags ”vagga” eller på två axlar utan någon extra infästning. Den stora fördelen var enkel och tidseffektiv monteringsprocess samt låg komplexitet.

”Vilande infästning” valdes bort relativt tidigt eftersom den – likt ”Klogrepp kring drivenhet” – inte förhindrar rotation i kroppens radiella riktning. Den tänkta ”vaggan” hade också krävt något slags flexibelt, textilliknande material vilket inte lämpar sig för renrumsmiljö.

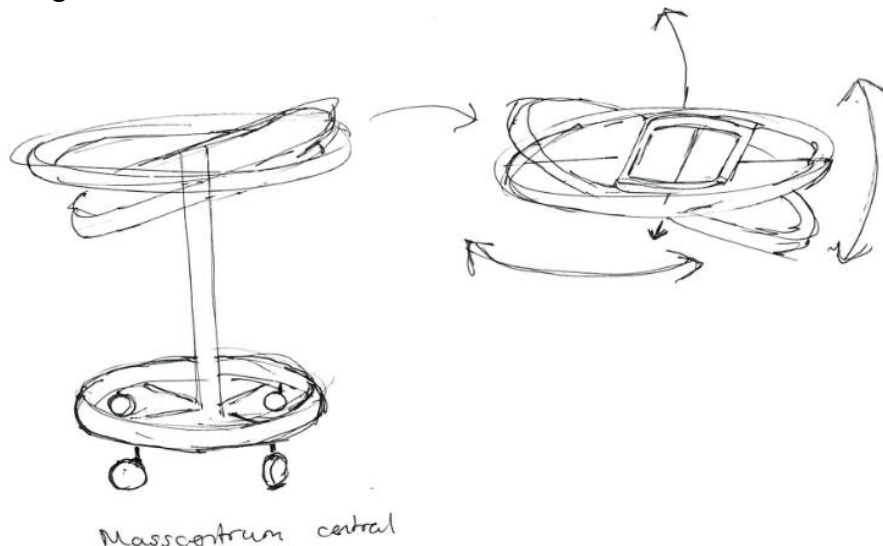


Figur 64 Skiss på hur drivenheten skulle kunna bäras i en vagga.

J. Dellösningar: Transport och styrning

Rörlig pall

Denna dellösning ämnade att ta lite plats, men tillåta mycket rörelse. Pallen har ett mycket litet fotavtryck då dess bas ligger precis under drivenhetens monteringsposition. Den rullas fram på länkhjul. Genom leder för vinkling i två riktningar samt rotation, liknar den ett gyroskop i överdelen. Se figur 65.

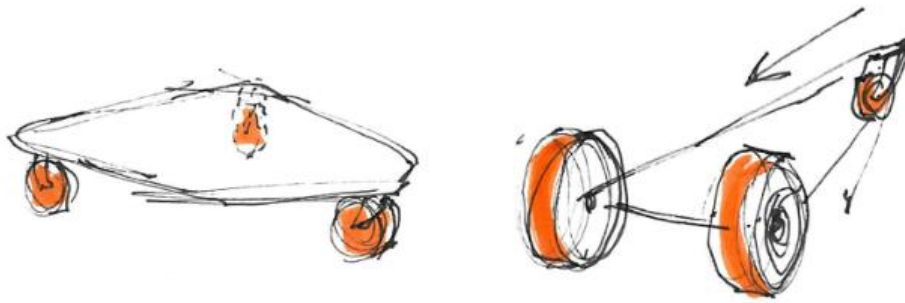


Figur 65 Skiss på "Rörlig pall" och hur överdelen är ledad.

En liten bas medför dock risk för vältnings, särskilt vid höga monteringshöjder och då drivenheten roteras och vinklas. Det ansågs även vara problematiskt att lösa höjning och sänkning av drivenheten med en sådan liten bas utan nyttjandet av hydraulik vilket medför risk för läckage och inte är optimalt för renrumsmiljö.

Triangelformad vagn

För att förbättra åtkomlighet vid montering av drivenhet, föreslogs en vagn med triangelformad bas som tar mindre plats under tanken och därmed inte stöter i vagnens ben i lika stor utsträckning som en rektangulär bas. Den rullas fram på ledade länkhjul och har möjlighet att låsa det ensamma framhjulet för att begränsa rörelsen till rotation kring detta. Se figur 66.

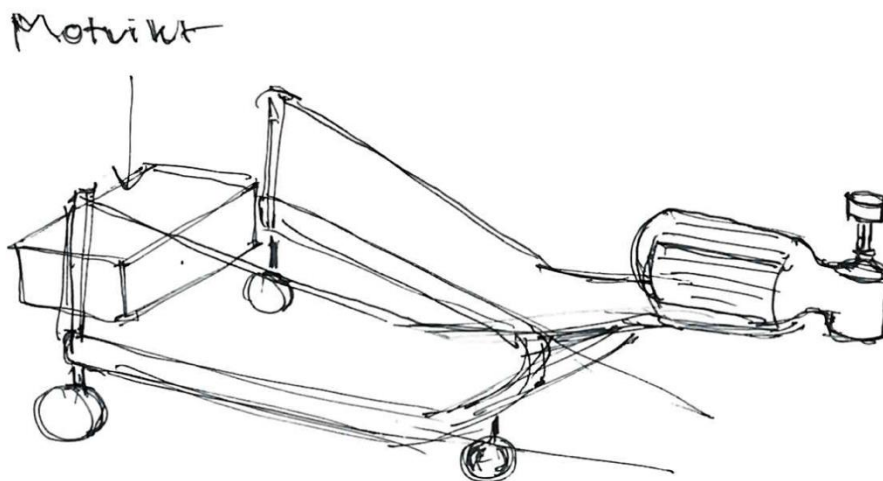


Figur 66 Skiss på triangelformad bas med två olika uppsättningar hjul.

Denna lösning ansågs medföra risk för instabilitet, särskilt vid rotation av drivenhet kring magnethuvudets axel, eftersom detta flyttar tyngdpunkten i sidled, bortanför vagnens bas. Fördelen med potentiellt förbättrad åtkomlighet ansågs inte väga upp för instabilitetsrisken och kostnaden av att tillverka en vagn.

Motvikt

I syfte att ta så lite plats som möjligt under tanken och på så vis undvika annan tankmonterad utrustning och tankben, använder dellösningen ”Motvikt” en stor motvikt för att kunna hålla drivenheten längst ut på en lång arm som förs in under tanken. Se figur 67.



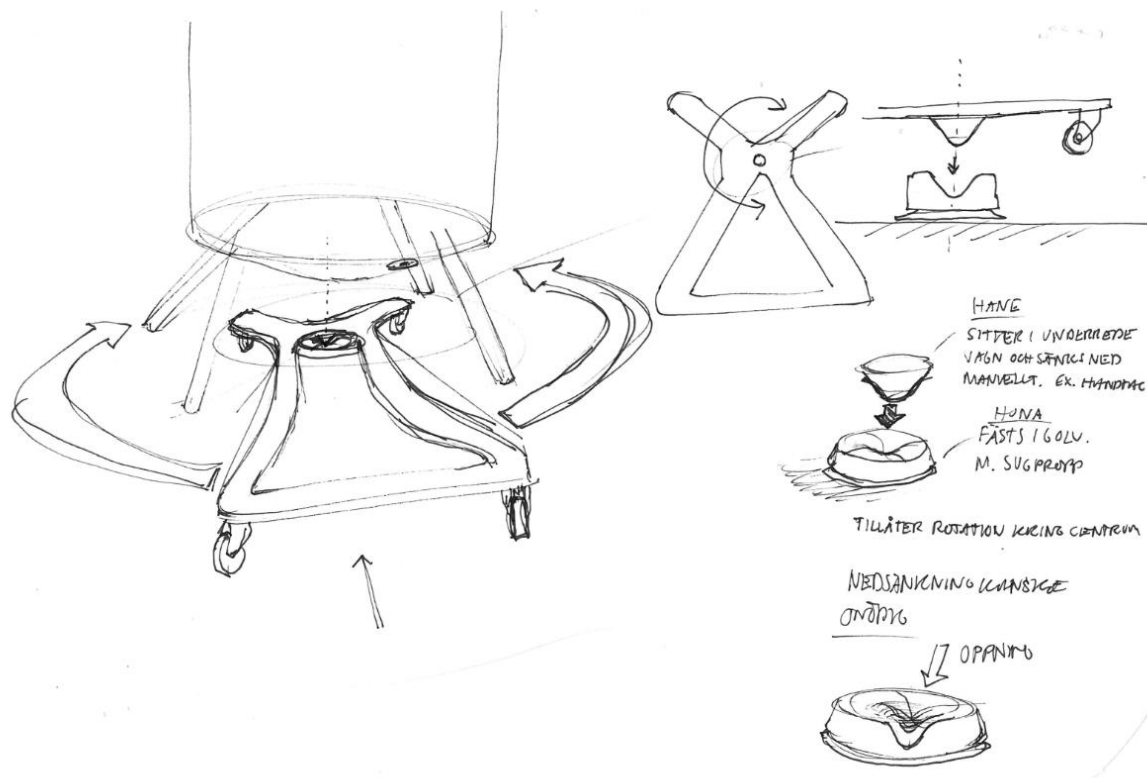
Figur 67 Skiss på hur motvikten skulle kunna implanteras för att distansera vangen från drivenheter.

Den tunga motvikten och den långa armen skulle kräva en stor, otymplig konstruktion med stora ytor som dessutom ökar yta som behöver rengöras vid användning i renrum.

Sugpropp rotationspunkt

Genom att fästa en rotationspunkt på golvet som en vagn på hjul temporärt kan fästas i och rotera kring, var tanken att "Sugpropp rotationspunkt" skulle underlätta den inledande styrningen av drivenheten. Rotationspunkten skulle placeras med en sugpropp mot golvet mitt under tanken så att en fäst vagn enbart kunde roteras kring tankens centrum. Se figur 68.

Detta lösningsförslag sållades bort primärt eftersom dess nytta inte övervägde belastningen av ett extra monteringsmoment. Därtill kommer problematik med att konstruera en sugpropp med det begränsade utbudet av renrumsvänliga material. Varierande golvyta och tankens höjd från golvet medför också potentiella hinder för montering av sugproppen sett till vidhäftning respektive ergonomi vid montering.



Figur 68 Skiss på hur vagnen skulle kunna rotera runt centrum av tanken med hjälp av en "sugkopp" placerad under tanken.

K. Dellösningar: Linjering av skruvhål

Linjeringen av tankplattan och drivenhetens monteringshål är en viktig del av monteringsprocessen. För att underlätta detta delmoment, togs ett antal lösningsförslag fram. I slutändan beslutades det att ingen av dessa hjälpmedel var nödvändiga dels på grund av att de alla kräver extra monteringsstid och fler externa delar, dels eftersom slutkonceptet anses lösa linjeringen på ett så pass effektivt vis att dessa hjälpmedel blir överflödiga.

Linjeringspinne

Ett lösningsförslag vars användning observerades hos Fresenius Kabi är linjeringspinne. Det är en gängstång som skruvas in i en av tankplattans skruvhål innan montering av drivenheten. Vid monteringen styrs denna gängstång in i en av drivenhetens skruvhål och skruvhålen linjeras således vid höjning mot tankplattan. När drivenheten sedan fästs i resterande skruvhål, skruvas gängstången ur och ersätts med en skruv.

En nackdel med denna lösning är att den kräver ett särskilt avstånd från tankplattan innan införsel, vilket kan bli problematiskt vid lägre monteringshöjder. Dessutom finns risk för skador på tankplattans gängor om man av misstag skulle applicera tryck i sidled på änden av gängstången – särskilt för längre gängstänger.

L. Dellösningar: Underlätta linjering av vinkel mot tankplatta

Dellösningarna för att underlätta linjering grundas i att försöka ge montören spelrum vid monteringen så att drivenheten ”linjerar sig själv”. Detta ansågs inte nödvändigt då linjeringen med slutkonceptet skedde så kontrollerat att ytterligare linjeringshjälp inte är nödvändigt.

Styrskärm från tankplatta

Genom att med klämförband fästa en slags skärm i tankplattan var tanken att detta lösningsförslag skulle styra in drivenheten i rätt vinkel genom att erbjuda stöd mot flänsens kant vid upphöjning mot tankplattan. Detta skulle kräva att leden kring vilken drivenheten roterar är tillräckligt fri att den kan vridas vid kontakt mot skärmen.

Förutom extra montering- och nedmonteringstid samt fler externa delar, presenterar detta lösningsförslag ett antal problem.

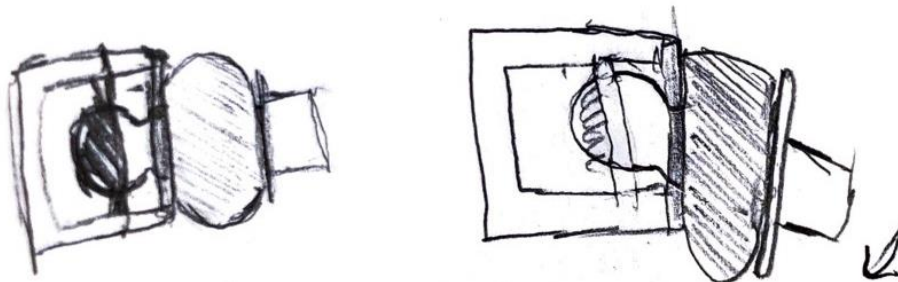
Eftersom flänsen ska glida mot styrskärmen finns en uppenbar risk för att det uppstår repor på flänsen, vilket inte är önskvärt.

För att styrskärmen ska underlätta linjeringen, bör den som minst vara något längre än distansen från magnethuvudets topp till monteringspunkten i flänsen. Beroende på flänslängd, monteringsposition och drivenhetsmodell kan detta innebära att skärmen slår i drivenheten innan monteringsytorna möts, vilket förhindrar monteringen.

Gummibussning

För att möjliggöra exakt linjering av vinkel mot tankplatta utan att kräva att användaren styr rörelsen precist, övervägdes möjligheten att implementera någon form av gummibussning. Denna skulle placeras mellan drivenheten och dess infästning i monteringslösningen för att introducera en viss tolerans i linjeringen. När drivenheten förs upp mot tankplattan, skulle gummibussningen tryckas ihop och fjädra för att kompensera för eventuell precisionsbrist i den manuella linjeringen. Se figur 69 för förklaring.

Lösningförslaget ställer lägre krav på användarens precision och underlättar teoretiskt sett



Figur 69 Skiss på gummibussningen och hur den deformeras under last.

linjeringen. Trots detta, sållades lösningförslaget bort av ett antal olika anledningar.

Renrumsmiljön tillåter som känt ett begränsat urval av material varibland gummi inte är inräknat. För att kringgå detta, diskuterades möjligheter att uppnå samma funktion med en metallkonstruktion, men det ansågs bli för komplicerat och skulle troligen innefatta många små skrymslen, vilket inte heller är lämpligt i renrum.

Efter teoretisk utvärdering av slutkoncept, ansågs även gummibussningen vara överflödig, eftersom manuell justering av vinkel kan ske tillräckligt enkelt och precist.

M. Dellösningar: Linjering av vinkel mot tankplattan

Linjering av vinkel mot tankplattan är centralt för att monteringen ska lyckas. Med en bra lösning kan montören ställa vinkeln på drivenheten exakt och utan ansträngning. Viktigt för lösningen är också att drivenheten och monteringslöningen kan ifrånskopas för att tillåta monteringslöningen att forslas bort när drivenheten är monterad.

Snäckväxel

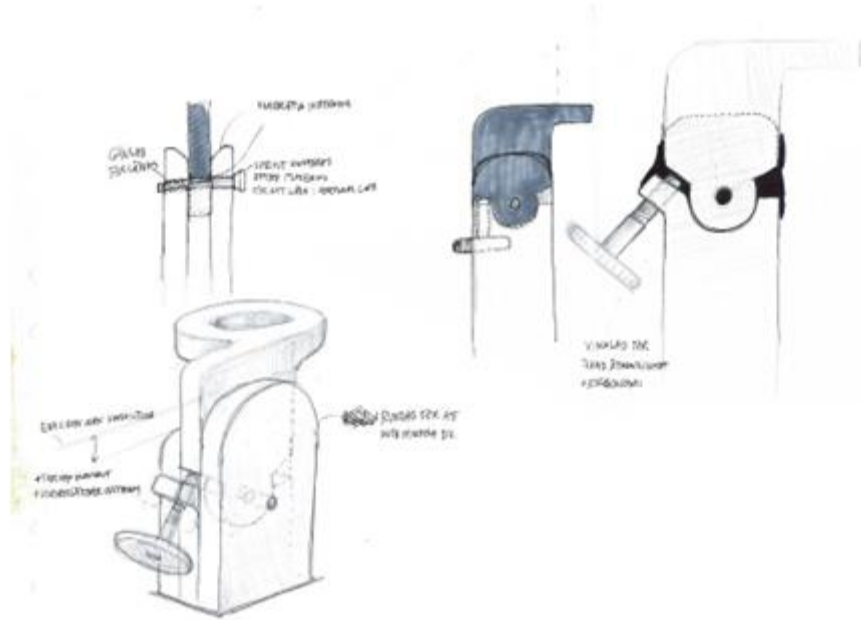
För att möjliggöra justering av vinkel med automatisk låsning, diskuterades användandet av en snäckväxel där inmatningen skulle vara handdriven rotation och utmatningen rotation av drivenheten i önskad riktning.

Den stora fördelen med detta lösningsförslag är den automatiska låsningen och möjligheten till steglös finjustering på ett intuitivt vis. Det hade också möjliggjort användningen av befintliga standardkomponenter.

De övervägande nackdelarna var relaterade till renrummets begränsningar. Vinkelväxlar består i många fall av otillåtna material och många mindre komponenter med svåråtkomliga skrymslen som försvårar rengöring.

Vinkelställning med axel och skruvlåsning

Först förs adaptern ner i ”skålen” som styr lösningen i sidledes. En axel förs genom adaptern för att hindra den från att komma lås. En skruv låser vinklen igenom att drivenheten lutar emot den. Se figur 70.



Figur 70 Skisser på olika varianter av skålen.

Skålen största fördel är att den är lätt att montera drivenheten på monteringslösningen. Då den centrarna sig skälv och enbart en axel behöver föras in för att säkra den.

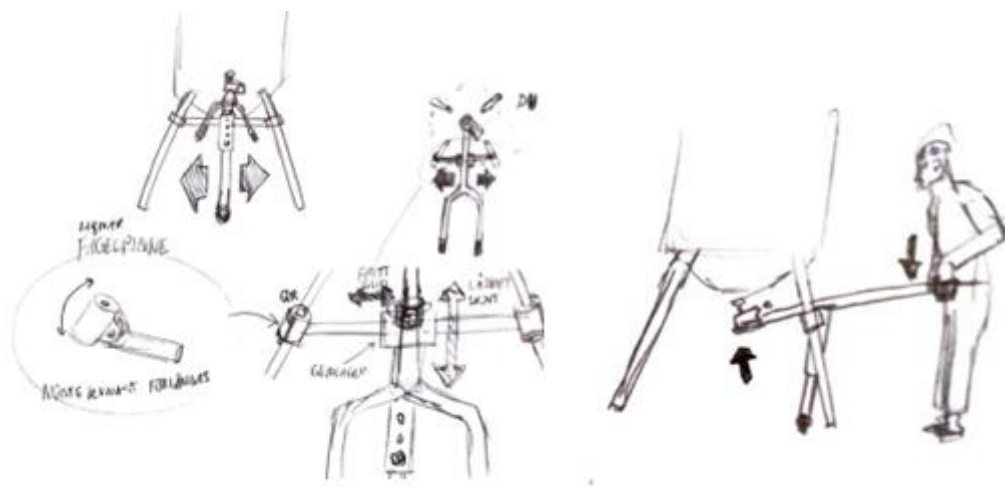
Största nackdelen med skålen var att låsmekanismen för vinklen är långt inifrån där användaren måste befinna sig och blir därmed svårt att hålla drivenheten i en vinkel och låsa den. Skålen ansågs också svår att rengöra då skålen är svåråtkomlig med rengöringsverktyg.

N. Tre skilda koncept

I denna bilaga presenteras tre skilda koncept som representerar tre olika vägar som produktutvecklingen skulle kunna ta. Mest skiljer dom sig i hur dom intrigerar med tanken.

Stationär

Det stationära monteras i tankens ben och stöds av ett teleskopben. Drivenheten transporteras manuellt till monteringslösningen, varefter vinkelställning samt justering i höjddled sker genom höjning och sänkning av en hävarm som underlättar lyftet. Rotation för linjering av skruvhål sker med hjälp av en adapter. Hävarmen kan också skjutas i sid- och djupled för att möta tankplattans position. Se figur 71 för förtydligande.



Figur 71 Den stationära lösningens funktion och konstruktion.

Fördelen med detta koncept är dess enkelhet, intuitivitet och låga fotavtryck.

Konceptet sållades bort av flera anledningar. Konceptet behöver vara anpassningsbart för olika monteringshöjder och utformningar på tankens ben, vilket skapar konflikter med den tidigare nämnda skjutningen i sid- och djupled, som behöver vara olika stora beroende på tankens utformning.

Den stationära monteringslösningens infästning i tankbenen blockerar även montören vid åtdragning av skruvar.

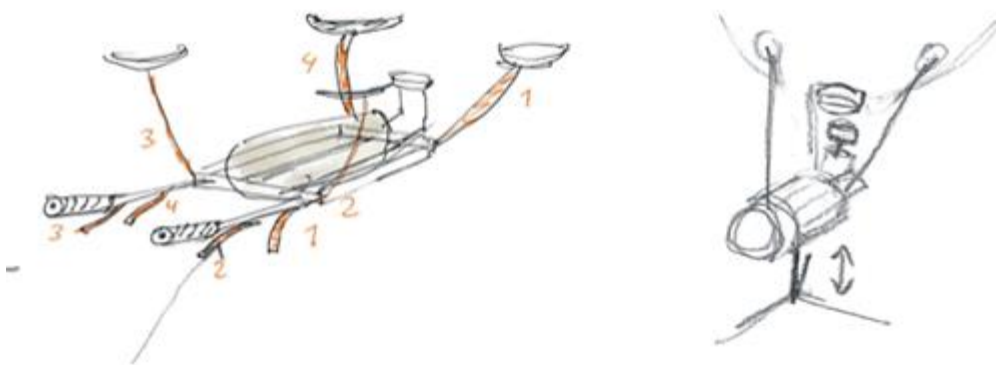
Eftersom förflyttning i höjddled och vinkelställning sker i samma steg, blir justeringsmöjligheterna begränsade och kräver korrekt ställning av teleskopbenet och skjutning i djupled för att nå önskad position.

Att fästa monteringslösningen på tanken blir ett ytterligare delmoment i monteringsprocessen, vilket inte är tidseffektivt och kan kräva arbetspositioner som är bristfälliga ur ett ergonomiperspektiv.

Vajer

Vajer konceptet var baserat på att 3-4 vajrar skulle monteras i drivenheten och tanken för att succesivt lyfta drivenheten till tank plattan. Vajrarna skulle monteras på tanken med hjälp av sugkoppar. Se figur 72.

Figur 72 Två olika varianter av "Vajer"-konceptet.



Största fördelen med vajer konceptet är att det kan appliceras på tankar där det är många saker i vägen. Den symmetriska utformningen skulle också underlätta tillverkning då varje vajer och dess infästning i tanken skulle var identiska.

Anledningen varför konceptet inte vidareutvecklades var att sugkopparnas fäste mot tanken inte kan säkerhetsställas. Ytligare är det tvivelaktigt hur vajrarna skulle dras för att användaren lätt skulle kunna hissa upp drivenheten.

Vagnen

Vagnkonceptet syftar på att drivenheten monteras på en vagn som sedan flyttas in under tanken, där drivenheten sedan monteras i tankplattan. För att drivenheten ska monteras mot tankplattan krävs någon ytterligare funktion för att vinkla och höja drivenheten.

Fördelarna med vagnen är att det är en beprövad metod. Konceptet kan också utnyttja redan färdiga vagnar vilket kan minska konceptets komplexitet och kostnad. Vagnen är heller inte beroende av tankens utformning.

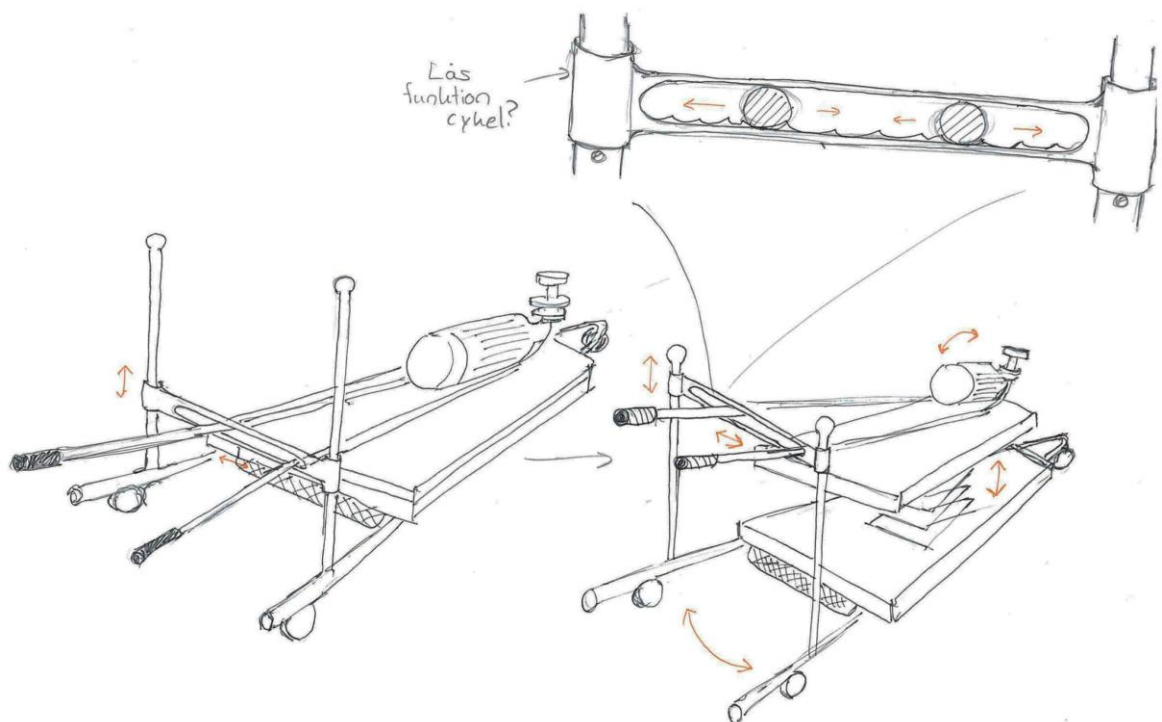
Största nackdelen med vagnen är att den tar upp betydligt mer golvyta under tanken vid montering. Därav är vagnkoncept inte lämpat till monteringsmiljöer med mycket utrustning i vägen (de flesta fallen i tekniskt rum).

O. Vagnkoncept

I denna bilaga presenteras olika varianter av vagnkoncept som utforskar olika nivåer av komplexitet.

Skottkärra

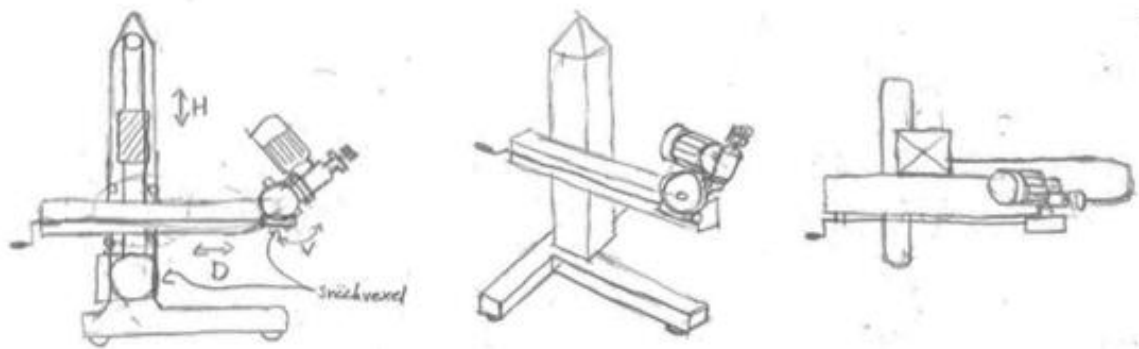
Skottkärnan, se figur 73, baseras på att två armar förlängs från drivenheten som montören använder för att vinkla och rotera med. Drivenheten kan också lyftas uppåt med hjälp av en lyftbords-liknande mekanism. Armarna kan låsas i både höjd- och sidled för att montören ska känna sig ha kontroll under montering. Höjden justeras via pedaler med foten och därmed kan hela monteringsprocessen ske från en distans med hävarmar vilket skapar en komfortabel och ergonomisk montering. Brister som uppdagades var att noggrannhet skulle vara svårt att uppnå. Diskussioner ledde till en lösning med speglar framme vid drivenheten men det slopades snabbt då det inte medför känslan av kontroll som önskas. En annan nackdel var att folk med monteringsvana inte var säkra på huruvida det är önskvärt att sköta monteringen så långt ifrån drivenheten.



Figur 73 Skottkärnan och illustration på låsmekanismen.

Kamerastativ

Kamerastativet, se figur 74, baseras på två axlar, en ”pelare” och en ”arm”. Pelaren ska befinna sig utanför tanken och armen ska sticka in under tanken och bära drivenheten. Vinkeln och rotationen av drivenheten sker allra längst ut på armen. Armen har också en motvikt i pelaren som motverkar viket av armen och drivenheten för att underlätta höjning. Vid montering står montören utanför tanken och styr höjden, djupet och vinkeln av drivenheten. Sedan när magnethuvudet förts in i tankplattans roteras drivenheten och skruvarna kan föras in. Detta arbete sker under tanken.



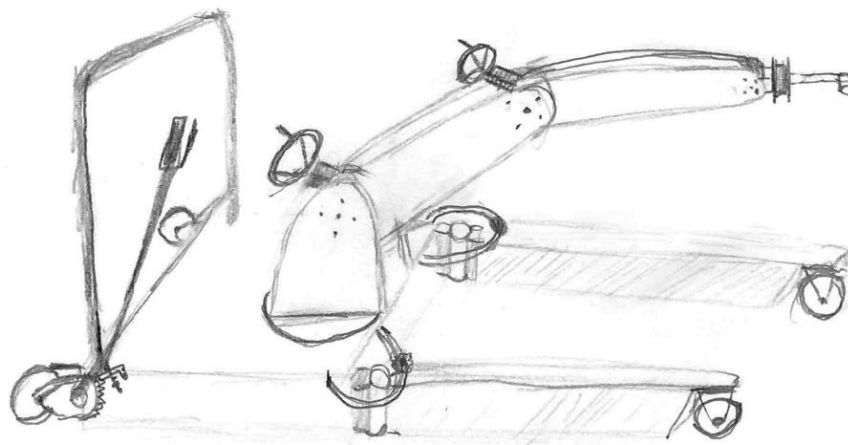
Figur 74 Kamerastativet i olika vinklar.

Största fördelen med kamerastativet är att den befinner sig i majoritet utanför tanken och därmed tillåter att vissa hinder under tanken finns. Arbetet sker också i majoritet utanför tanken och är därmed bättre ur ett ergonomiskt perspektiv.

Största nackdelen med kamerastativet är att det skulle kosta mycket att producera. Detta då den är relativt stor och kräver flertals rörande delar som ska klara stora moment.

Snäckväxel-armen

Snäckväxel-armen, se figur 75, består av en bas och en arm som kan roteras och artikulera. Armen är uppdelad i tre segment som styrs av två snäckväxlar. För att snäckväxlarna är självlåsande så håller armen sig i position. Längst ut på armen sker vinkling och rotation av drivenheten. Basens har två ben som kan vinklas i relation till rasten av vagnen för att lättare undvika annan utrustning under tanken. Bakhjulen kan också vinklas upp och ner med hjälp av ett handtag för att parkera hela vagnen.



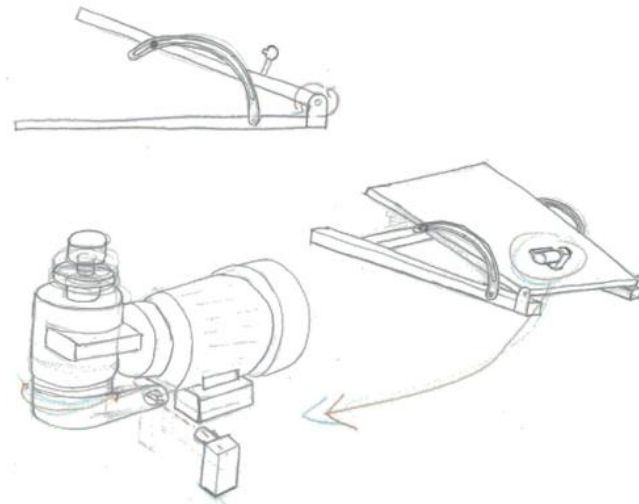
Figur 75 Snäckväxel-armen.

Snäckväxel-armen är anpassningsbar för många olika tankar då den kan artikulera och rotera i ett flertal punkter för att undgå kringligare utrustning. Parkeringsfunktionen ger också en stadig bas till resten av arbetet.

Likt kamerastativet kräver denna lösning många rörliga delar och blir därav lätt dyr, komplicerad och stor. Vid användning kan positionering av drivenheten upplevas ointuitiv då för att flytta drivenheten rakt i något led krävs det att båda snäckväxlarna roteras (inverterad kinematik).

Tillägg till lyftbord

Tillägg till lyftbord, Se figur 76, är ämnad att placeras på ett lyftbord som sköter höjningen. Vinkeln ställs med hjälp av ett en justerbar vinkelplatta. På vinkelplattan sitter en pelare med en axel som adaptorn monterar på.



Figur 76 Tillägg till lyftbord i olika vinklar, visar också hur drivenheten ska monteras.

Fördelarna med konceptet är att den innefattar ett lågt antal komponenter och därav blir billigare att producera. Lågt antal komponenter gör den också lättare att rengöra samt serva om något skulle behövas lagas eller bytas ut.

Största nackdelen med konceptet är att den inte kan höjas i linje med takplattan och kräver därmed att lyftbordet sakta flyttas in och höjs för att resultera i rätt rörelse.

P. Koncept Scott Russell

Scott Russell var det andra konceptet vis sidan av XPL som utvärderades med en prototyp i metall. Båda är baserad i ”tillägg till lyftbord”. I denna bilaga beskrivs konceptet samt utvärderingen av des prototyp

Koncept

Konceptet Scott Russell, Se figur 77 och 78 på nästa sida för funktion, är baserat på ”Tillägg till lyftbord” och länksystemet ”Scott Russel koppling” (Storbritannien Patentnr 2741, 1803). Huvudmålet med Scott Russell är att höja drivenheten i vinkeln av takplattan. Grundidén är att ett drivenheten vinkel ställs till den av takplattan och positioneras sedan med hjälp av lyftbordet. Sist höjs drivenheten in i tankplattan i en rörelse med hjälp av länksystem. Skruvhålen linjeras sedan med hjälp av adaptern (7.2.4). Länksystemet översätter en translation vinkelrätt från tankplattan till en translation i vinkeln av tankplattan som lyfter drivenheten. Translation vinkelrätt mot tankplattan drivs av en gängstång som roteras med ett handtag.



Figur 77 Scott Russell monterad på en bas som sedan monteras på ett lyftbord. Visas i två vyer.

Största fördelen med Scott Russell är att positioneringen av magnethuvudet i takplattan sker i en rörelse, därav sker monteringen snabbare och mindre risk att skada magnethuvudet.

Varför Scott Russell inte vidareutvecklades var på grund av det stora antalet rörande delar. Stort antal rörliga delar höjer priset att producera den och försvårar rengöring. Fördelen av förflyttning i vinkel av takplattan ansågs inte nog för att rättfärdiga den ökade komplexiteten.

Utvärdering av prototyp



Figur 78 Scott Russell med drivenheten förmonterad med hjälp av adaptorn. Visar hur drivenheten vinklas och sedan translateras i den vinkeln.

En prototyp i metall tillverkades av Scott Russell, se bilaga Q för tillverkningsprocess.

Scott Russel prototypen är komplicerad med många delar. Den delas upp i 3 komponentgrupper vilket är pelaren, styrskenan och höjningslänkaget. Det som testades med prototypen var framför allt stabiliteten och hur ansträngande det var att höja och sänka drivenheten.

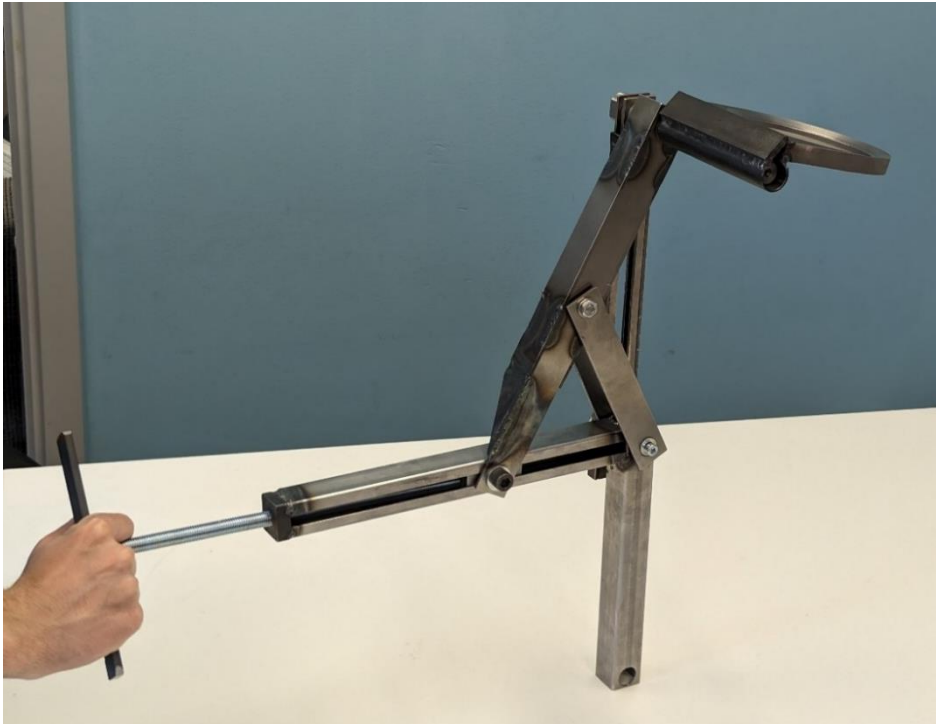
Vid testning av prototypen visade det sig att den skulle behöva vara kraftigare i konstruktionen eftersom den böjde sig mycket vid på lagd last vilket inte var så förtroende ingivande. De kräves också en till axel för att ge styrskenan mer stabilitet. Det tydligaste vid testningen var att stigningen på gängstången var för låg eftersom de tog flera minuter att höja drivenheten hela vägen upp.

Q. Prototyp tillverkning

Denna bilaga behandlar berör tillverkningen av prototyperna på koncepten XPL och Scott Russell, se figur 79 och 80.



Figur 79 Prototyp av Scott Russell med en del av adaptorn monterad för att visa vart drivenheten placeras.



Figur 80 Prototyp av XPL med en del av adaptorn monterad för att visa vart drivenheten placeras.

Stommen

Stommen för XPL, Se figur 81, tillverkades av 3 millimeter tjock plåt som skars ur med vattenskräpare och sedan svetsades ihop.

Höljet tillverkades ur 50 millimeter solid stång som sedan svarvades upp till med invändig diameter på 30 millimeter. Valet att göra höljet så tjock grundar sig i att ge användaren en solid känsla när den använder produkten. Höljet frästes sedan för att tillåta infästning av handtaget och justering av vinkeln.



Figur 81 Stommen till XPL.

För att tillverka Scott Russells bas användes 30 x 30 mm fyrkantsrör. Det borrades hål för att kunna fästa ett hölje i toppen av fyrkantsröret. I den liggande profilen gjordes ett spår genom att fräsa längs med profilen. Spåret är för att kunna fästa länkaget i blocket som går inuti profilen. Plattan som svetsades på änden av fyrkantsprofilen med spåret tillverkades av en bit stål som var 10 mm tjock. Biten sågades till rätt dimension och sedan borrades och gängades ett hål mitt i biten.

Axlar

Axeln för XPL:s ytterdiameter är på 30 millimeter de första 100 millimetrarna för att ge mer kontaktyta och därmed ge högre friktion. Axeln smalnar av till 20 millimeter för att passa med infästnings punkten på drivenheten. Den har också fasats för lättare föra in den i höljet och drivenheten. Se figur 82.



Figur 82 Axel till XPL.

Scott Russells axel är 20 millimeter hela vägen med två frästa sidor i ena änden. Den frästa änden är för att hindra axeln rotation vid höjning och sänkning av monteringslösningen. Den har även ett fräst spår för att montera en kil. Änden på axeln har fasats av för att underlätta montering av drivenheten. Se figur 83.



Figur 83 Axel till Scott Russell.

Handtagen

Handtaget består av en stång samt en tjockare sektion i änden som användaren ska hålla i. För Prototypen konstruerades den i trä men för att den ska fungera i renrum behöver den vara i rostfritt stål. Den smalare sektion är en stång som är gängade i båda ändar för att kunna skruva på axeln och handtaget. Se figur 84.



Figur 84 Handtag till XPL.

Scott Russel-prototypen använder en M12 gängstång för att trycka upp mekanismen. För att underlätta skruvningen monterades ett plattjärn i änden på gängstången, se figur 85.



Figur 85 Handtag till Scott Russell.

Adapter

Adaptern tillverkades av 15 millimeter tjocka stålplattor. De skars ut med en vattenskärare för att sedan svarvas till de önskade måtten.

Kilspåret tillverkades genom att fräsa ett spår i ett rör med rätt innerdiameter och sedan svetsa detta rör på den mellersta adapterplattan. Se figur 87.



Figur 87 Prototyp av adaptorn.

Länkage

Länkaget i Scott Russell är designat på ett sådant sätt att den rör sig i en linjär bana via translation. Länkaget skars ut på vattenskäraren. Plattor skars ut i 3mm tjock plåt. Axeln längst fram i länkaget var en 15mm stålaxel. För att fästa länkaget i blocket som glider inne i fyrkantsprofilen användes en M10 skruv. Bussningarna och brickorna var i mässing, valet av mässing gjordes för att minska friktionen i prototypen. Se figur 88 för en övergripande bild av Scott Russel.



Figur 88 Bild på Scott Russell i profil.