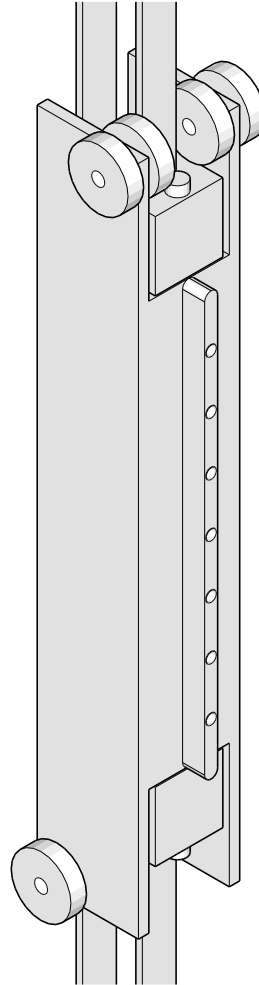
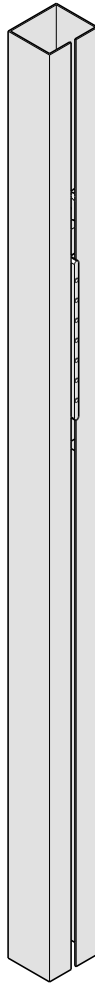




# CHALMERS

---



## Kundcentrerad produktionsutveckling av lyftvagn

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Mekanik

Carl Hellegren

## Förord

Denna rapport är resultatet av examensarbetet skrivet av Carl Hellegren vid Chalmers Tekniska Högskola på Mechatronikingenjörsprogrammet. Examensarbetet faller inom ramen vid Institutionen för Industri och Materialvetenskap och omfattar 15 högskolepoäng. Jag vill fört och främst tacka TAWI som tillät genomförandet utav detta arbete, och ett speciellt tack till David Ranefalk som agerat kontaktperson och handledare hos TAWI. Stort tack även till Peter Hammersberg, min handledare på Chalmers som bidragit med stöd, synpunkter och visat vägen mot ett öppet sätt att tänka under arbetets gång.

Carl Hellegren

## Sammanfattning

Syftet med detta arbetet är att på ett konkret sätt påvisa vikten av att följa en grundlig och strukturerad produktutvecklingsstrategi. Det vill säga vikten av att göra rätt från början och inte slösa på resurser för att nå ett så bra resultat som möjligt till kund. Quality Function Deployment (QFD) heter den metoden använts för att bevisa just detta.

QFD konkretiseras i detta arbetet genom att appliceras efter en önskad kravbild för framtagning av en lyftvagn. Först bryts problemet på ett metodiskt tillvägagångssätt ner, varpå detta sedan analyseras vidare och studeras mer noggrant genom bl.a. Kano metoden för att i större utsträckning förstå kundens behov. En mycket viktig del i QFD sker därefter när dessa krav som till en början kan verka abstrakta och svåra att definiera översätts till fysiskt mätbara parametrar, s.k. tekniska krav. Tillsammans med kundkraven jämförs därefter de tekniska kraven korsvis med varandra för att tydligt kartlägga deras direkta beroende av varandra i matrisen House Of Quality (HOQ). Matrisen HOQ kan ses som kärnan i QFD och används sedan som hjälp till att ta fram en preliminär produktspecifikation varpå sedan konceptgenereringen kan ta avstamp från.

## **Abstract**

The purpose of this work is to demonstrate in a concrete way the importance of following a thorough and structured product development strategy. That is, the importance of getting it right from the beginning and not wasting resources is key in order to achieve as good of a result as possible to the customer. Quality Function Deployment (QFD) is the method used to prove this.

QFD is made concrete in this work by applying it according to a desired requirement of a lifting trolley. First, the problem is broken down on a methodical approach, whereupon this is then further analyzed and studied more carefully through the Kano method for instance in order to understand the customer's needs to a greater extent. A very important part of QFD then takes place when these requirements, which at first may appear abstract and difficult to define, are translated into physically measurable parameters, so-called technical requirements. Together with the customer requirements, the technical requirements are then compared in cross-section with each other in order to clearly map their direct dependence on each other in the matrix House Of Quality (HOQ). The matrix HOQ can be seen as the core of QFD and is then used as an aid to produce a preliminary product specification, after which the concept generation can take off.

# Innehållsförteckning

<b>1. Inledning .....</b>	<b>7</b>
1.1 Bakgrund .....	7
1.2 Syfte .....	7
1.3 Precisering av frågeställningen .....	7
1.4 Avgränsningar .....	7
<b>2 Teoretisk referensram .....</b>	<b>8</b>
2.1 Metoder och verktyg .....	8
2.1.1 <i>Quality function deployment</i> .....	8
2.1.2 <i>Kano-analys</i> .....	8
2.1.3 <i>System boundary diagram</i> .....	8
2.1.4 <i>Brainwriting</i> .....	8
2.1.5 <i>Pughs matris</i> .....	9
2.1.6 <i>Morfologisk matris</i> .....	9
<b>3 Metod.....</b>	<b>10</b>
3.1 Quality Function Deployment .....	10
3.1.1 <i>Definiera problemet</i> .....	10
3.1.2 <i>Undersökning av kundbehov</i> .....	10
3.1.3 <i>Lista och ranka kundkrav</i> .....	10
3.1.4 <i>Undersökning av existerande produkter</i> .....	11
3.1.5 <i>Fastställning av tekniska krav</i> .....	11
3.1.6 <i>House Of Quality</i> .....	11
3.1.7 <i>Produktspecifikation</i> .....	11
3.2 Analys av tekniska krav .....	11
3.3 Konceptgenerering .....	11
3.3.1 <i>Brainwriting</i> .....	11
3.3.2 <i>Morfologisk matris</i> .....	11
3.4 Konceptutvärdering .....	12
3.4.1 <i>Pughs matris</i> .....	12
3.5 Vidareutveckling, tillverkningsmetod och kostnadsevaluering.....	12
3.5.1 <i>Embodiment design</i> .....	12
3.5.2 <i>Detailed design</i> .....	12
<b>4 Fallstudie.....</b>	<b>13</b>
4.1 Quality Function Deployment .....	13
4.1.1 <i>Definiera problem</i> .....	13
4.1.2 <i>Lista kundbehov</i> .....	14
4.1.3 <i>Lista och ranka kundkrav</i> .....	15
4.1.4 <i>Undersökning av existerande produkter</i> .....	17
4.1.5 <i>Fastställning av tekniska krav</i> .....	18
4.1.6 <i>House Of Quality</i> .....	20
4.1.7 <i>Produktspecifikation</i> .....	22
4.2 Analys av tekniska krav .....	23
4.2.1 <i>Tillverkningsmetoder (kostnad)</i> .....	23
4.2.2 <i>Toleranser</i> .....	23
4.2.3 <i>Ytfinhet</i> .....	24
4.2.4 <i>Korrosivitetsklass</i> .....	24
4.2.5 <i>Antal komponenter</i> .....	24
4.3 Konceptgenerering .....	24
4.3.1 <i>Brainwriting</i> .....	25
4.3.2 <i>Morfologisk matris</i> .....	26
4.4 Konceptutvärdering .....	28

4.4.1	<i>Pughs Matris</i> .....	28
4.4.2	<i>Val av koncept</i> .....	28
4.4.3	<i>Slutgiltigt koncept</i> .....	29
4.5	Vidareutveckling, tillverkningsmetod och kostnadsevaluering.....	30
4.5.1	<i>Embodiment design</i> .....	30
4.5.2	<i>Detailed design</i> .....	30
<b>5</b>	<b>Resultat och slutsats</b> .....	<b>31</b>
	<b>Referenser</b> .....	<b>32</b>
	<b>Bilagor</b> .....	<b>33</b>

# 1. Inledning

*I detta kapitlet ges en kort inledande beskrivning till examensarbetet som utförts.*

## 1.1 Bakgrund

TAWI tillverkar elektroniska lyftvagnar som används för att lyfta bl.a. rullar, kartonger, säckar, tunnor, behållare och mycket mer. TAWI vill bredda sin marknad och öka försäljningen genom att erbjuda produkter för användning inom livsmedel- och läkemedelsindustrin. Detta ställer höga krav på produkten där smuts och vatten kan orsaka problem. Det är därför viktigt att enkelt kunna rengöra lyftvagnen ordentligt genom att kunna spola rent den, vilket i sin tur ställer höga krav på konstruktion och material.

TAWI har idag en prototyp på en lyftvagn tillverkad i rostfritt stål avsedd för användning inom detta område. Problemet i dagsläget med denna lyftvagn är att den är mycket kostsam och komplex att konstruera.

## 1.2 Syfte

Syftet med detta arbetet är att höja kompetensen inom produktutveckling hos TAWI genom att generalisera teoriutveckling i form av en fallstudie. För att på så vis bevisa hur man genom att följa en strukturerad arbetsmetodik kan få en tydlig bild över vilka faktorer som är viktigast att fokusera på för att uppnå ett så bra resultat som möjligt när man tar fram nya produkter.

## 1.3 Precisering av frågeställningen

Detta arbetet är utformat efter att anpassa en produktutvecklingsprocess åt kunden genom att välja ut och följa en passande arbetsmetodik och ett urval verktyg för att driva och utveckla deras processer vid framtagning av nya produkter.

- Hur kan man arbeta för att utnyttja sina resurser så effektivt som möjligt för att på bästa sätt lösa ett problem?
- Hur bryter man ner och definierar ett problem ordentligt för att undvika sena kostsamma missar?
- Hur gör man för att ta reda på vilka faktorer som har störst inverkan på produkten och dess slutanvändare?

## 1.4 Avgränsningar

Fokus på detta arbete kommer vara på arbetsmetodiken. Därför kommer inte arbetet att innefatta några detaljerade konstruktionsritningar, djupgående beräkningar eller tillverkningsplaner. De områden av lyftvagnen som kommer behandlas är avgränsade till den mast och transmissionen som lyftvagnen ska ha.

## 2 Teoretisk referensram

*Det här kapitlet ger en kort beskrivning av de teorier som förstudierna lett fram till och som sedan använts i arbetet för att ge en bättre förståelse under arbetets gång, samt att ge en överblick om den kunskap som redan finns och används idag.*

### 2.1 Metoder och verktyg

*Nedan sammanfattas de verktyg och metoder som används som referens under arbetets gång.*

#### 2.1.1 Quality function deployment

Quality Function Deployment, förkortat QFD är en strukturerad och kundcentrerad metod för att utveckla kvalitativa produkter. QFD består av ett flertal olika matriser som länkas samman. Den information som behövs styr på så vis utveckling och insamling av information för den produkt man vill utveckla. QFD kan appliceras i varje fas av en produktutveckling om så behövs, i detta arbete används endast den viktigaste och mest omfattande delen av QFD, vilket är planeringsfasen som används för att skapa ett koncept, den så kallade House Of Quality, förkortat HOQ. HOQ är den viktigaste delen i QFD eftersom den lägger grunden för utvecklingen av en produkt (1).

#### 2.1.2 Kano-analys

Kano-analys är en metod som använts tillsammans med QFD för att bättre bemöt kundens behov vid utveckling av produkten. Detta sker genom att kundbehov delas upp i tre olika nivåer. Dessa består av, baskrav, prestandakrav och omedvetna krav (1).

- Basbehov är behov som kunden förväntar sig att produkten ska klara av och inte tänker på.
- Uttalade behov är behov som inte är absolut nödvändiga men bidrar till en tillfredsställd kund.
- Outtalade behov är behov som kunden inte själv vet om att dem vill ha men blir högt tillfredsställda när dem får reda på det.

#### 2.1.3 System boundary diagram

System boundary diagram används för att bryta ner produktens funktion i olika delsystem och definiera var gränssnitten mellan dessa är, och vad som överförs mellan dem såsom fysisk koppling, energi eller information. På så vis enklare visualisera hur de olika delarna som utgör produkten hänger ihop och interagerar tillsammans, och tydlig avgränsa vilka av dem som ingår i projektet (2).

#### 2.1.4 Brainwriting

Brainwriting är en typ av idégenereringsmetod där ett flertal olika idéer skrivs och skissas ner på ett papper utan någon större kritisk eftertanke för att samla så många olika potentiella lösningar som möjligt. Idéer som kan verka dumma till en början kan väcka inspiration och potentiellt leda till något bättre (1).



### **2.1.5 Pughs matris**

Pughs matrisen är en matris som används som hjälpmedel för att bestämma den bästa lösningen utifrån ett urval genom att vikta dessa mot ett antal självbestämda kriterier. Metoden går till på så vis att alla tänkbara lösningar ställs mot varandra i matrisen, där rangordnas de och betygssätts beroende på hur bra konceptet hanterar de valda kriterierna. Det koncept vars totalpoäng är högst anses då vara den lösningen som är bäst lämpad att hantera problemet (1).

### **2.1.6 Morfologisk matris**

En morfologisk matris används för att enklare ta fram flera olika lösningar på ett problem. Detta sker genom att dela upp flera olika typer av lösningar i mindre lösningar istället för hela koncept. Dessa dellösningar placeras därefter i matrisen, där varje rad representerar en typ av delproblem och varje kolumn innehåller olika typer av lösningar för respektive delproblem. På detta vis kan en mängd olika helhetslösningar tas fram genom att kombinera en dellösning för varje rad (1).

## 3 Metod

*I detta kapitlet presenteras det upplägg som använts för hur metoden och de utvalda verktygen ska appliceras i form av en fallstudie för att komma fram till ett slutgiltigt koncept. Resultatet av denna metod och verktyg framförs i nästa kapitel.*

*Sammanställningen av dessa metoder och verktyg skedde enligt planeringen genom förundersökningar att ta fram en metodik som grund för utveckling av en ny produkt.*



Figur 3.1 – Steg som genomförs under den konceptuella fasen

### 3.1 Quality Function Deployment

Förstudierna ledde bland annat fram till en av de metoderna som tidigare beskrevs i teoretisk referensram, QFD. Genom att implementera QFD styrs arbetet systematiskt genom den information som behövs samlas in och bearbetas för att kunna skapa ett fullständigt HOQ. Nedan följer de steg som utförts för att implementera QFD för att slutligen resultera i den produktspecifikation som produkten senare ska vidareutvecklas utifrån.

#### 3.1.1 Definiera problemet

För att få bästa möjliga resultat med hjälp av QFD är det viktigt att lägga en bra grund där problemet definieras och bryts ner tydligt redan från första början. Detta är något som benämns som extra viktigt i QFD. Detta görs framförallt för att spara värdefull tid och inte behöva gå tillbaka senare i arbetet för att behöva åtgärda något för att problemet missförstås. Desto senare i ett projekt man påträffar fel som behövs åtgärdas desto större blir kostnaderna för att åtgärda det.

För att definiera problemet krävs det att det bryts ner noggrant i mindre delproblem som förses med frågeställningar för att besvara respektive delproblem.

#### 3.1.2 Undersökning av kundbehov

Arbetet utgick från ett visst antal kundkrav som TAWI ville att produkten skulle klara av. Utöver dessa kundkrav utträttades en mindre vidareundersökning över liknande produkter för att undersöka lite mer vad för typ av kundbehov som finns där ute på marknaden, samt se över tänkbara kundbehov som inte redan finns på marknaden idag.

#### 3.1.3 Lista och ranka kundkrav

Efter att en enklare undersökning av kundbehov genomförts sammanställs denna information tillsammans med TAWIs krav i en kravspecifikation.

Efter att kraven fastställts görs en Kano-analys för att få en bättre förståelse för hur de olika kundkraven är viktade gentemot varandra och hur de ska prioriteras. Kundkraven delas här upp i tre olika kategorier, baskrav, prestandakrav och omedvetna krav.

### **3.1.4 Undersökning av existerande produkter**

Efter att kundkravens prioritet bestämts uträttas en djupare vidareundersökning över dessa krav för att undersöka hur liknande produkter på marknaden uppfyller dessa krav. Denna undersökning sker först och främst genom observationer och undersökningar av produktblad.

### **3.1.5 Fastställning av tekniska krav**

Baserat på den information som skett i tidigare undersökningar översätts kundkrav och kundbehov till mätbara tekniska parametrar, s.k. tekniska krav.

### **3.1.6 House Of Quality**

I HOQ implementeras kundkrav och kundbehov enligt kravspecifikationen tillsammans med de tekniska och jämförs korsvis med varann. Resultatet av HOQ ger en rangordning av vilka tekniska krav som har störst inverkan på kundkraven. En annan matris i HOQ, kallat taket beskriver även den korrelation som finns de tekniska kraven sinsemellan. En tredje matris jämför hur bra utvalda konkurrerande produkterna hanterar dessa krav för att utvärdera hur konkurrensen ser ut och vart man bör satsa. Utifrån dessa resultat kan nu resurser prioriteras på de tekniska krav som har störst inverkan på kundkraven.

### **3.1.7 Produktspecifikation**

Slutligen sammanställs resultaten från QFD till en mer detaljerad produktspecifikation för att kort beskriva vad för produkt det är som ska utvecklas och vilka krav som ställs på den. Denna produktspecifikation kommer härnäst användas som en referens för utveckling av produkten. Värt att nämna är att i detta tidiga skede av produktutvecklingen är inte produktspecifikationen helt fastställd. Mer information kan tillkomma och nuvarande information kan komma att ändras allt efter som produkten utvecklas.

## **3.2 Analys av tekniska krav**

Med produktspecifikationen som referens genomförs här en mer djupgående undersökning av de tekniska krav som visat sig ha mest inverkan på kundkraven enligt resultaten i HOQ. Här kan stora delar av resurserna fördelas beroende på hur stor kunskap som eftersträvas och de olika tekniska kravens komplexitet. Dessa undersökningar kan innefatta att gå igenom studier och teknisk litteratur för att förstå sig på de tekniska kraven och dess korrelationer.

## **3.3 Konceptgenerering**

Med produktspecifikationen och de underlag som tagits fram i tidigare avsnitt över de tekniska kraven används denna information för att utforma en konceptgenerering för lösningar på problemet. De metoder som används för denna process beskrivs nedan.

### **3.3.1 Brainwriting**

Brainwriting används här som en första metod för att skissa upp så många olika tänkbara lösningar på problemet som möjligt, utan något större kritiskt tänkande kring om det är fullkomligt realistiska eller ej.

### **3.3.2 Morfologisk matris**

Utifrån de koncept som genererats av den brainwriting som gjorts delas dessa sen upp i mindre dellösningar i en morfologisk matris. Här kombineras flera av de olika dellösningarna med varandra för att ta fram ännu fler koncept.

### 3.4 Konceptutvärdering

Efter att ett antal helhetskoncept tagits fram viktas dessa mot varandra och mot den produktspecifikation som tagits fram i QFD för att bestämma vilket koncept som är bäst lämpat för vidareutveckling. Detta sker i en Pughs matris.

#### 3.4.1 Pughs matris

I Pughs matrisen viktas de koncept som tagits fram i den morfologiska matrisen gentemot kundkraven. Kundkravens vikt är av den dignitet som tidigare fastställts i HOQ. Konceptet betygsätts därefter på hur bra varje lösning hanterar varje specifikt krav. Slutligen summeras poängen för varje koncept där det konceptet med den bästa totala poängen anses bäst lämpat för vidareutveckling.

### 3.5 Vidareutveckling, tillverkningsmetod och kostnadsevaluering

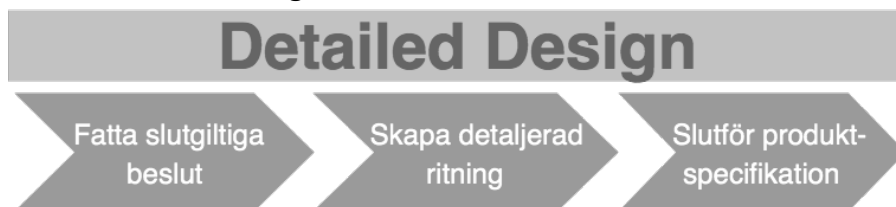
Här tar den konceptuella utvecklingsfasen slut och övergår till nästa fas där konceptet ska börjas ta fysisk form. Här har inget arbete utträttats mer än att ge en kort beskrivning av de steg som är kvar för att gå från koncept till en produkt som är redo att gå ut i produktion. Embodiment design

#### 3.5.1 Embodiment design



Figur 3.2 - Steg som genomförs under Embodiment design fasen

#### 3.5.2 Detailed design



Figur 3.3 - Steg som genomförs under Detailed design fasen

## 4 Fallstudie

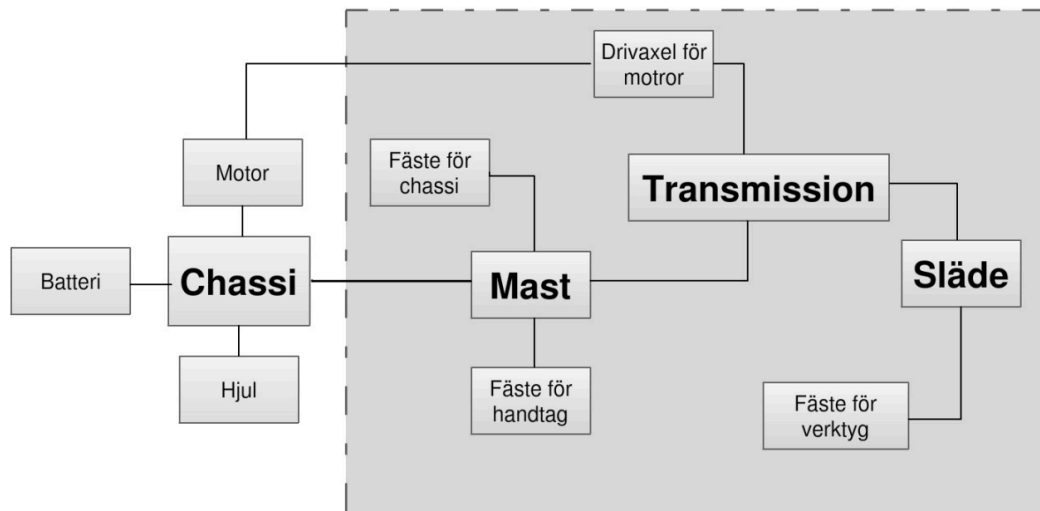
I detta kapitel presenteras resultaten utifrån den metod som beskrevs i föregående kapitel i form av en fallstudie för att generalisera denna teoriutveckling.

### 4.1 Quality Function Deployment

I detta avsnitt presenteras de resultat som gavs genom att följa QFD för att ta fram ett HOQ och en produktspecifikation.

#### 4.1.1 Definiera problem

För att förstå det problem som skulle hanteras bestämdes inledningsvis först en träff med TAWI. Under denna träff beskrev TAWI deras syn på problemet, vad det är för typ av produkt som söks, vilka krav som måste uppfyllas, deras syn på marknaden samt lite övriga önskemål på vad de ville att produkten skulle klara av. Denna information och de intryck som gavs sammanfattades kort därefter för att skapa en egen uppfattning av problemet. Därefter i samförstånd med TAWI bekräftades dessa uppgifter för att säkerställa att problemet förstås på rätt sätt innan arbetet kunde fortsätta. I samband med detta ritades ett s.k. border diagram upp för att förtydliga de delar av produkten som arbetet ska täcka.



Figur 4.1 - Border diagram, visar hur lyftvagnens olika delar hänger samman och vilka som behandlas i detta arbete

Problemet delades därefter upp som beskrivet ovan i samförstånd med TAWI till mindre delproblem. Delproblemen presenteras enligt nedanstående med ett antal frågeställningar gentemot varje delproblem som ska besvaras under arbetets gång.

Tabell 4.1 - Huvudfrågeställning, och delfrågeställningar

<b>Huvudfrågeställning</b>	Hur skapar man på bästa sätt en lösning på en mast för en lyftvagn i rostfritt stål som enkelt kan rengöras, som har en inbyggd vertikal transmission varpå verktyg och tillbehör kan fästas, samt få ner den totala tillverkningskostnaden?
<b>Delproblem</b>	
<b>Masten</b>	Hur ska masten konstrueras?
	Hur ska masten utformas?
	Hur ska masten tillverkas?
	Hur ska masten monteras på chassit och fästas på motorn?
<b>Släden</b>	Hur ska släden konstrueras?
	Hur ska släden fästas på remmen?
<b>Remmen</b>	Hur ska axlarna för remmen fästas?
	Hur ska remmen spännas?
<b>Tillbehör</b>	Hur kan konstruktionen anpassas för nuvarande verktyg?
	Hur kan infästning av handtag monteras?
<b>Kostnad</b>	Hur kan tillverkningskostnaden för konstruktionen reduceras?
<b>Rengöring</b>	Hur kan konstruktionen tillverkas för att bättre tåla vatten?
	Hur kan masten tillverkas för att effektivt kunna rengöras?

#### 4.1.2 Lista kundbehov

Utöver den information som TAWI bidragit med gjordes en vidareundersökning med avsikt att undersöka andra typer av kundbehov som kan ge produkten en konkurrensfördel. Detta utfördes genom att studera konkurrenter och deras lösningar, samt se över nya lösningar. Dessa är sammanfattade tillsammans med TAWIs krav i tabellen nedan.

Tabell 4.2 - Listade Kundkrav, önskemål och nya idéer

Kundkrav, önskemål och nya idéer		
Intressent	Kriterium	Krav/Önskemål
TAWI	Rostfri	Krav
TAWI	Avspolningsbar	Krav
TAWI	Säker	Krav
TAWI	Hållbar	Krav
TAWI	Stabil	Krav
TAWI	Utrymme för montering på chassi	Krav
TAWI	Möjlighet till förspänning av rem	Krav
TAWI/Användare	Vertikal transmission	Krav
TAWI	Låt tillverkningskostnad	Önskemål
TAWI	Anpassning för fäste av verktyg	Önskemål
TAWI	Anpassning för fäste av handtag	Önskemål
TAWI	Enkel konstruktion	Önskemål
Användare	Lätt	Idéer
Användare	Tyst	Ny idéer
Användare	Hopfällbar	Ny idé
Användare	Ergonomisk	Ny idé
Service	Enkelt att byta ut delar	Ny idé
Service	Enkel att utföra service på	Ny idé

#### 4.1.3 Lista och ranka kundkrav

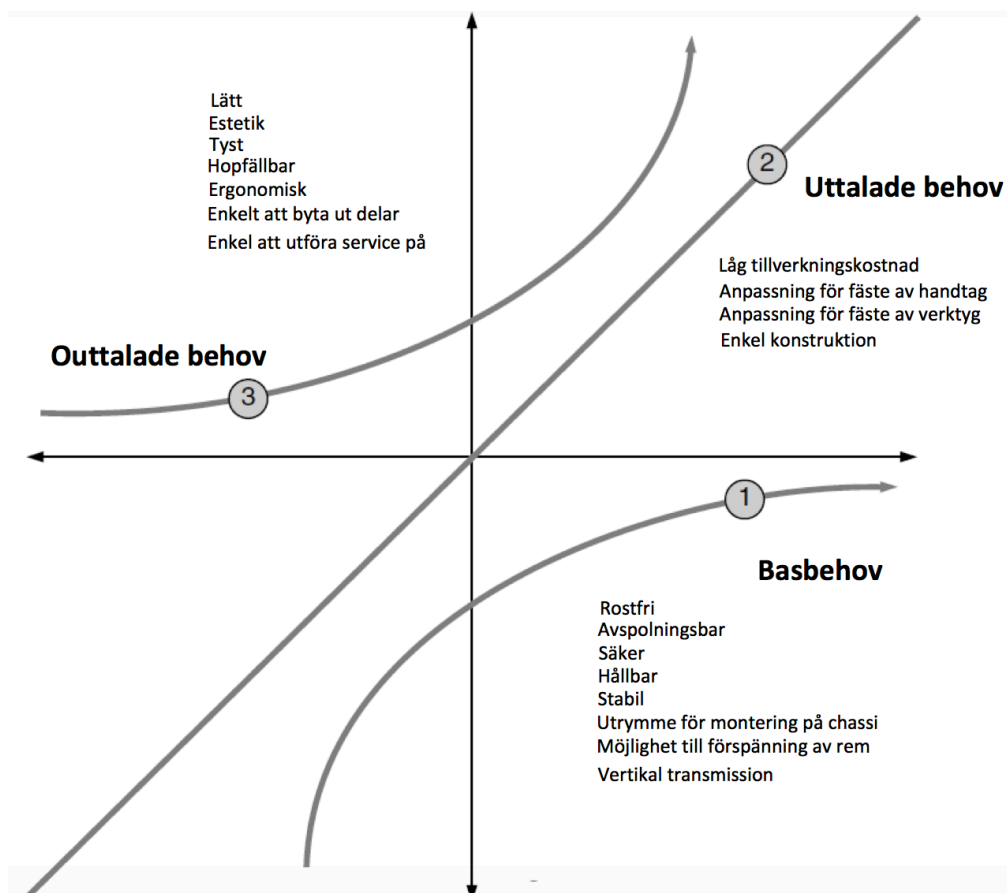
För att få bättre förståelse vilken inverkan de olika kraven och önskemålen har på slutprodukten gjordes en Kano-analys. En Kano-analys utförs genom att dela upp de krav och önskemål som sammanfattats enligt ovanstående tabell i de tre kategorierna; basbehov, uttalade behov och outtalade behov.

**Basbehov (1.)** är de behov som kunden inte direkt tänker på men tar för givet att produkten ska klara av. Lyckas inte produkten uppnå dessa behov skulle det resultera i en missnöjd kund. Eftersom den produkt som ska tas fram är avsedd för livsmedel- och läkemedelsindustrin krävs det att produkten ska vara rostfri och hållas rostfri över tid. Därför förutsätts produkten kunna rengöras enkelt och säkert genom att kunna spola rent den. Utöver detta förväntar sig självklart kunden att produkten ska vara hållbar, stabil och säker att använda. Därav rankas dessa som produktens basbehov.

**Uttalade behov (2.)** är sådant som kunden upplever vara av stor vikt och kan ge anledning till att just denna produkt väljs framför andra produkter. Eftersom denna rapport tillämpas för att skapa en lösning av en mast för TAWI som kund kan dessa behov skilja sig något från en slutanvändares behov. De behov som kommer att ge fördel gentemot andra koncept längre fram i arbetet kommer att vara hur bra lösningen är på att hantera aspekter såsom att vara bra anpassad för TAWIs nuvarande upplaga av verktyg och handtag, enkel konstruktion och låg tillverkningskostnad.

**Uttalade behov (3.)** är sådana behov som kanske varken TAWI eller en slutanvändare tänker på men som kan ge stort värde och en stark konkurrensfördel. Sådana typer av behov kan vara en helt ny typ av teknik som skulle kunna ge en stor fördel gentemot konkurrerande produkter. I detta fall skulle det kunna vara något som hade inneburit att produkten går helt tyst och friktionsfritt, eller en produkt som är enkelt konstruerad så att service skulle kunna underlättas markant, så att delar enkelt kan byta ut eller repareras. En produkt som är optimerad för att vara lätt kan vara en avgörande faktor, eller en fullt hopfällbar produkt för enkel transport och förvaring i mindre utrymmen.

Nedan presenteras alla krav, önskemål och nya idéer i ett Kano-diagram för en mer visuell beskrivning.



Figur 4.2 - Kano diagram, gruppering och uppdelning av kundkrav, önskemål och nya idéer baserat på dess betydelse



Slutligen sammanfattas och om möjligt grupperas kundkrav, önskemål och nya idéer och ges en kort övergripande beskrivning av vad dem innebär.

Tabell 4.3 - Sammanställning av krav

Sammanfattning och gruppering av kundkrav, önskemål och nya idéer	
Grupp	Beskrivning
Låg tillverkningskostnad	Lösningen ska vara så kostnadseffektiv som möjligt för att få ner tillverkningskostnaden
Avspolningsbar	Det är viktigt att masten går att rengöras eftersom detta är ett krav för att den ska få användas inom livsmedel- och läkemedelsindustrin. Masten ska därför tåla att spolas av med vatten, och då heller inte rosta över tid
Enkel konstruktion	Lösningens konstruktion ska vara så enkel/okomplicerad som möjligt för att enklare kunna servas och tillverkas
Anpassningsbar	Anpassad för återanvändning av teknik och delar som används i andra nyutvecklade lyftvagnsserier
Transmission	Masten ska ha funktionen att kunna förflytta en släde vertikalt med hjälp av en rem varpå olika verktyg kan fästas
Monterbar på chassi	Masten ska kunna monteras på ett chassi så drivaxeln för transmissionen kan kopplas in på en motor
Säker	Konstruktionen ska uppfylla de säkerhetskrav som myndigheter kräver
Hållbar	Konstruktionen ska klara de fysikaliska påfrestningarna som den kommer utsättas för, och stå sig över tid
Lätt	Att ha en lätt produkt kan vara bra av flera skäl. T.ex. vid transport eller då den rullas fram
Tyst	Under drift när släden åker upp och ner längs masten med hjälp av remmen avges ljud, dessa ljud är något man kan reducera genom konstruktion
Ergonomisk	Bekväm och säker att använda för kroppen
Estetik	Tilltalande utseende, om man ska ha en lyftvagn ståendes där kunder rör sig kan en produkt som smälter in eller har ett tilltalande utseende vara viktigt
Portabel	Skapa en konstruktion som går att fälla ihop för att ta mindre plats eller gömmas undan i mindre utrymmen då den inte används.

#### 4.1.4 Undersökning av existerande produkter

Den marknadsundersökning av konkurrerande produkter mot respektive kundkrav som genomförts genom observationer, produktdata från webben och från TAWI sammanfattas här nedan.

Först fördes en dialog tillsammans med TAWI över hur dom ser på konkurrensen för liknande modeller. Därefter undersöktes och studerades dessa modeller, dels för att få inspiration samt för att se hur dessa klarar av de olika kundkraven som tagits fram enligt produktspecifikationen.

Nedan presenteras konkurrenter och deras modeller som visade sig vara av mest intresse. Produkterna nedan konkurrerar inom samma område som den produkt som ska tas fram i detta arbete, d.v.s. rostfria och avspolningsbara lösningar avsedda för livsmedels- och läkemedelsindustrin.

## **KAISER+KRAFT**

KAISER+KRAFTs lösning för detta område använder sig av en annan typ av transmission än remtransmission, en s.k. spindeldrivning. Spindeldrivning innebär att den vertikala förflyttningen sker genom att en gängad stav går genom en gängad axel inuti masten, genom att staven snurras förflyttas en typ av mutter som är fäst runt denna gängade stav som i sin tur släden sitter fast på.

## **SVENEMA**

Bra produktinformationen för SVENEMAs produkter var svårt att hitta på nätet, därför kontaktades dessa genom mail för att få lite mer information om deras produkter. Vad som går att tydligt se genom observationer är att SVENEMA använder sig av en utvändigt remtransmission där släden rullar utvändigt på masten. Remmen ser också ut att gå runt en övre axel direkt ner till motorn. Detta skulle innebära att motorn ”samlar in” remmen i chassit vid höjning och ”släpper ut” remmen vid sänkning.

## **HOVMAND**

Inte heller HOVMAND tillhandahåller bra med information om deras produkter på nätet. Genom observationer ser man att HOVMAND använder sig av en liknande invändig transmission med rem, likt det som TAWI har i deras nuvarande modeller. Dock till skillnad från TAWI har HOVMAND här en annan typ av mastkonstruktion med två springor längs masten. Denna konstruktion hade behövt anpassas en del för att vara kompatibel med TAWIs nuvarande släde för anslutning av nuvarande verktyg.

## **PRONOMIC**

Slutligen undersöktes PRONOMICs motsvarande modell. Denna modell är den som mest påminner om TAWIS nuvarande lyftvagnar med en transmission driven av en rem samt en enda springa som sträcker sig längs masten och ett långsmalt lodrätt fäste för verktyg.

### **4.1.5 Fastställning av tekniska krav**

Nästa steg blir att översätta de krav som fastställts i tidigare avsnitt till mätbara tekniska krav. På så vis ska kraven kunna realiserats genom att de tekniska kraven uppnås. När detta utförs är det viktigt att översätta kundkraven på ett så öppet vis som möjligt så att inte de tekniska kraven styrs direkt av kundkraven. Vissa kundkrav kan vara mindre uppenbara än andra, detta är viktigt att tänka igenom noga innan de tekniska kraven bestäms.

**Låg tillverkningskostnad** – Hur mycket någonting kostar att tillverka mäts i en valuta, i detta fall svenska kronor.

**Avspolningsbar** – Att något är avspolningsbart kan till en början verka svårt att översätta till ett mätbart tekniskt krav. För att kunna mäta om något är avspolningsbart bryts denna term ner för att förstå vad det faktiskt innebär, och vad som påverkar huruvida ett föremål är avspolningsbart eller ej. I detta fall, en avspolningsbar mast med inbyggd transmission kan dess avspolningsbarhet påverkas genom t.ex. hur enkelt vatten tillåts rinna av ytorna, eller hur lättåtkomliga de olika delarna är att komma åt och spolas av. Det finns även kapslingsklassningsprov som kan genomföras för att försäkra sig att produkten kan hantera olika typer av påfrestningar. Kapslingsklassning är ett exempel på en klassifikation som

testar hur bra inkapslat en elektronisk utrustning är. Beroende på om masten i sig kommer innehålla någon elektronik eller inte kan denna typ av klassificering vara ett tekniskt krav att uppnå för kundkravet avspolningsbar.

En annan förutsättning att spola rent någonting när det kommer till metall är att den klarar av att hålla sig rostfri. För att få ett material rostfritt kan materialet ytbehandlas genom att t.ex. ytan lackas, målas eller försinkas. Ett material kan också ha rostfria egenskaper såsom rostfritt stål. Rostfritt stål är ett krav från TAWIs sida såväl som juridiska förordningar för användning inom livsmedels- och läkemedelsindustrin. Hur bra ett materials egenskaper är på att motstå korrosion kan bestämmas genom att ta reda på dess korrosivitetsklass. Andra faktorer som kan påverka att ett material som rostfritt stål håller sig fri från korrosion är hur detaljen som konstrueras är utformat. Konstruktionen kan utformas för att så effektivt som möjligt tillåta att vätskor rinner av och inte ansamlas eller tränger sig in någonstans. Materialets ytfinhet kommer till viss del också ha en inverkan på hur lätt en vätska tillåts rinna av ytan så att det inte stannar kvar och fastnar på materialets yta.

**Enkel konstruktion** – Att mäta hur enkel en konstruktion är kan också vara lite svårdefinierat. Ett sätt att definiera detta kan vara hur många olika delar och komponenter konstruktionen består av, och komplexiteten av tillverkning för dessa komponenter. Detta för vidare diskussionen om hur komplexitet kan mätas. Att konstruktionen är enkel kan också innebära att det blir enklare att utföra underhåll av produkten. Komplexiteten för service kan därmed underlättas.

**Anpassningsbar** – Även anpassningsbar kan vara lite abstrakt att mäta. Definitionen för hur anpassningsbar en konstruktion är kan i denna rapport mätas genom antalet tillbehör som är möjliga att återanvända. Såsom handtag och olika typer av verktyg som redan finns tillgängliga på marknaden.

**Transmission** – Transmissionen i sig kan vara svårt att mäta på något sätt. Däremot har transmissionen inverkan på andra mätbara parametrar, såsom ljud, antal delar och komponenter och produktens säkerhet.

**Monterbar på chassi** – Det finns inget direkt sätt att mäta hur monterbar masten är på ett chassi. När det inte går att översätta ett krav till en mätbar parameter klassas dessa som en omätbar begränsning. Detta innebär att det ses som ett krav som inte är valbart, utan måste finnas med i konstruktionen.

**Säker** – Ett sätt att mäta konstruktionens säkerhet är se till att följa de förordningar som finns för hur något är tillåtet att se ut och fungera. För att konstruktionen ska anses säker måste konstruktionen klara av vissa specifika direktiv. I detta fall kan det finnas en klämrisk p.g.a. transmissionen. För att konstruktionen ska anses vara säker måste den klara de maskindirektiv som krävs. Vilket medför krav på CE-märkning.

**Hållbar** – För att masten ska anses stabil och hållbar krävs det att materialets hållfasthetsegenskaper är tillräckliga för de påfrestningar produkten kommer utsättas för. Egenskaper såsom hur masten klarar av att stå emot deformationer under belastning. Ett vanligt sätt att mäta en produkts hållbarhet är produktens livscykel som mäts i tid, och då oftast i år.

**Lätt** – Hur lätt någonting är kan mätas i vikt, KG

**Tyst** – Hur mycket någonting låter kan mätas i decibel, dB.

**Ergonomisk** – Ergonomi kan inte riktigt mätas i form av ett mätbart värde, detta anses därför också som en omätbar begränsning.

**Estetik** – Estetik är något som är direkt omätbart och klassas därför också som en begränsning. Här kan i kombination med egen uppfattning skapas undersökningar för att få en bild av om något är estetiskt tilltalande.

**Portabel**– Att konstruera en mast som kan fällas ihop hade ökat konstruktionens kostnad, dess hållbarhet och komplexiteten genom att fler komponenter hade behövts.

Slutligen sammanfattas alla mätbara parametrarna som är relevanta till tekniska krav enligt nedan.

*Tabell 4.4 - Sammanställning av tekniska krav*

<b>Tekniskt krav</b>	<b>Enhet</b>
Ytfinhet	Ra
Korrosivitetsklass	EU-direktiv
Låg tillverkningskostnad	Kr
Antal komponenter/standardkomponenter	St.
Antal återanvändbara delar	St.
Maskindirektiv	EU-direktiv
Toleranser	mm
Deformation/Elasticitet	N/m <sup>2</sup>
Vibration	m/s <sup>2</sup>
Ljud	dB
Tid	År
Vikt	Kg

#### **4.1.6 House Of Quality**

Den informationen som tagits fram i detta avsnitt placeras nu enligt anvisningarna in de matriser som HOQ består utav. Först placeras kundkraven in i matrisen. Precis som Kano-diagrammet beskriver är inte alla kundkrav lika mycket värda, därför betygssätts dessa därefter. Beroende på dess betydelse får kundkraven ett värde mellan ett till tio. Därefter placeras de tekniska kraven ut som fastställts. Varje tekniskt krav får en beteckning utifrån vilken riktig dessa ska eftersträvas att följa, lägre, högre eller ett specifikt mål. T.ex. vikt och tillverkningskostnad är någonting som man strävar efter att få ner, medans antal återanvändbara delar är någonting som man vill få upp. Specifika mål för respektive tekniska

krav placeras i de nedre delarna av matrisen. Detta är specifika mätbara mål att nå vid tillverkning av produkten.

När kundkrav placerats ut och rankats tillsammans med de tekniska kraven och dess riktning ska relationerna mellan dessa jämföras för att få förståelse vilken inverkan de har på varandra. Dessa relationer får en poäng som summeras efter det att alla relationer har beräknats. Den poäng det tekniska kravet får beror på hur relationen mellan de olika kundkraven är och betecknas med tre olika ikoner, stark (☉), måttlig (○), svag (▲) eller obefintlig.

Det kan även finnas starka relationer de tekniska kraven emellan. Dessa relationer har ingen direkt påverkan på slutsummeringen men det kan ändå vara bra att känna till att det finns. Beroende på om en relation mellan de olika tekniska kraven finns beskrivs dessa som stark (++) , väldigt stark (++), negativ (-) eller starkt negativ (nedåtvänd triangel). T.ex. har snäva mått toleranser stark negativ inverkan på kostnaden, medan låg vibration och låg ljudnivå har en stark positiv korrelation.

HOQ kan även komplimenteras med en konkurrensanalysmatris. Den används för att visualisera hur de konkurrerande produkter anses hantera kundkraven.

Resultatet av HOQ kan utläsas enligt BILAGA 1. De viktigaste tekniska kraven enligt HOQ har sammanfattats enligt tabell 4.5 nedan.

*Tabell 4.5 - Resultat från HOQ, rangordning av tekniska krav*

<b>Sammanfattning av resultat i HOQ</b>		
<b>Rangordning</b>	<b>Tekniskt krav</b>	<b>Enhet</b>
1	Kostnad	Kr
2	Toleranser	mm
3	Ytfinhet	Ra
4	Korrosivitetsklass	Enligt krav
5	Antal komponenter	St.
6	Maskindirektiv	Enligt krav
7	Vibration	m/s <sup>2</sup>
8	Vikt	Kg
9	Livstid	År
10	Antal återanvändbara delar	St
11	Ljud	dB
12	Deformation/Elasticitet	N/m <sup>2</sup>

#### 4.1.7 Produktspecifikation

I det slutgiltiga steget sammanfattas här QFD med en produktspecifikation för att enkelt beskriva de viktigaste funktionerna, kraven och de fysiska egenskaperna som produkten ska klara av.

Tabell 4.6 - Sammanställd produktspecifikation

<b>Produktspecifikation: Mast med transmission</b>
<b>Produktidentifikation</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Mast med inbyggd vertikal transmission</li><li>• Konstruktionen ska anpassas för att undvika risken att klämmas</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Konstruktionen ska gå att sköljas av</li><li>• Konstruktionen ska motstå korrosion</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Konstruktionen ska eftersträva en låg tillverkningskostnad</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Konstruktionen ska vara enkel för att underlätta utförande av service</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Konstruktionen ska anpassas för befintliga teknik i nuvarande lyftvagnsserier.</li></ul>
<b>Marknadsidentifiering</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Produkten är avsedd för användning inom livmedels- och läkemedelsindustrin</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Liknande konkurrerande produkter existerar redan på marknaden idag.</li><li>• Konkurrerande företag: KAISER+KRAFT, PRONOMIC, SVENEMA och HOVMAND</li></ul>
<b>Fysisk beskrivning</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Lyftkapacitet: &gt;70kg</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Material: Rostfritt stål</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Vikt: &lt;15kg</li></ul>
<b>Finansiella krav</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Tillverkningskostnad: 2000kr</li></ul>
<b>Livscykel mål</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• 5 år</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Service vartannat år</li></ul>
<b>Sociala, politiska och juridiska krav</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Uppfyller maskindirektivets säkerhetskrav (6)</li><li>• CE-märkning (7)</li><li>• IP-klassning (IEC 60529) (8)</li></ul>
<b>Tillverkningspecifikationer</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Tillverkningsmetod för mast: Att bestämmas</li><li>• Tillverkningsmetod för släde: Att bestämmas</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Material och komponent -kostnader: Att bestämmas</li></ul>

## 4.2 Analys av tekniska krav

Med produktspecifikationen som referens genomförs nu en mer djupgående undersökning av de tekniska krav som visat sig ha mest inverkan på kundkraven enligt resultaten i HOQ.

### 4.2.1 Tillverkningsmetoder (kostnad)

Eftersom kostnaden för en produkt kan spridas ut på så många områden valdes här att fokusera på en av de kostnaderna som har störst inverkan på vad det kostar att ta fram en produkt, tillverkningskostnaden.

#### **Svetsning**

Svetsning är en av de mer kostsamma och tidskrävande tillverkningsmetoderna, som trots att den blivit mer effektiv genom automatisering är det en mer tidskrävande metod bättre anpassad för mindre specifika applikationer. Därtill är det inte heller optimalt för tillverkning av större volymer.

#### **Montering**

Montering kräver anpassning för skruvhål, gängade hål och liknande, utöver detta kräver även själva monteringen mer tid och resurser att utföra. En annan nackdel vid montering är att det bildas skarvar där fukt kan tränga in och öka risken för att det bildas korrosion även om materialet är i rostfritt stål.

#### **Bockning**

Bockning är den metod som är enklast och kan tillverkas till en lägre kostnad. Med bockning kan även tillverkningen enklare skalas upp från små volymer till stora volymer och på så vis få ett bättre pris. Därför skulle detta kunna vara ett lämpligt val vid tillverkning av masten, förutsatt att den kan bockas med tillräckligt noggranna toleranser. En annan positiv egenskap med bockning är att det skulle tillåta att forma masten ur en enda plåt, vilket i sin tur gör att inga skarvar förekommer där fukt kan tränga in och bilda korrosion. Vid bockning gäller det att materialet som ska formas har en tillräckligt bra s.k. bockbarhet. Detta innebär ett materials förmåga att inte sprickor bildas då det komprimeras. (Bockning, Outokumpu PSC Nordic)

#### **Fräsning**

Fräsning är en dyr bearbetningsmetod men som kan vara nödvändig då man kräver mer specialanpassade mindre detaljer.

### 4.2.2 Toleranser

För att transmissionen ska kunna fungera optimalt måste släden och masten passa så bra som möjligt, för att detta ska fungera krävs det att toleranserna är tillräckligt exakta. Därför är detta något som behövs ses över vid val av tillverkningsmetod. Generellt gäller att små toleranser och kostnad är i direkt korrelation med varandra. Då kostnaden är en viktig faktor är det viktigt att hitta en bra balans mellan dessa. Alternativt är att försöka komma undan med större toleranser genom en smartare konstruktion som inte är lika beroende av noggranna toleranser.

### **4.2.3 Ytfinhet**

Mekanisk bearbetning av rostfritt stål medför en risk för att stålets naturliga korrosionsegenskaper försämras, därför är det viktigt att utföra en ytbehandling efter det att materialet har bearbetats. Även om stålets naturliga korrosionsegenskaper inte försämrats kan en bra ytfinhet se till att materialet lättare står emot korrosion.

För att lyftvagnen ska få användas i avsedda miljöer krävs det att konstruktionen bibehåller sina naturliga rostfria egenskaper. Ytbehandlingar såsom att måla eller förzinkning av ytan är därför inte ett alternativ. Vad man kan göra är att behandla det rostfria stålet för att undvika grova ytor så att vätskor ansamlas eller fastnar på ytan. Detta kan åstadkommas genom att ytan slipas och poleras. En finare yta är dessutom enklare att hålla ren som är anledningen från första början till varför lyftkranen utvecklas. (Dr Colin Honess, 2006)

### **4.2.4 Korrosivitetsklass**

Eftersom lyftvagnen ska kunna sköljas rent måste den motstå korrosion för att få fortsättas användas inom avsett område. Detta kräver därför att masten tillverkas i ett material vars egenskaper klarar av att stå emot korrosion. Korrosivitetsklass är en standardiserad klassificering som beskriver hur pass bra ett material står emot korrosion och bestäms enligt standarden ISO 9223. Det gäller därför att hitta en balans mellan kostnad och den livstid som produkten ska ha, eftersom material med högre korrosivitetsklass är dyrare. Korrosivitetsklass C2 och C3 är typiskt förekommande för liknande applikationer inom livsmedelsindustrin. C3 används exempelvis i en vagn från Kongamek riktad mot livsmedelsindustrin. (Kongamek, 2018)

### **4.2.5 Antal komponenter**

För att göra konstruktionen så enkel och kostnadseffektiv som möjligt kan konstruktionen anpassas så att komponenter som används av andra lyftvagnsserier hos TAWI idag återanvändas i konstruktionen för att frigöra tid och resurser.

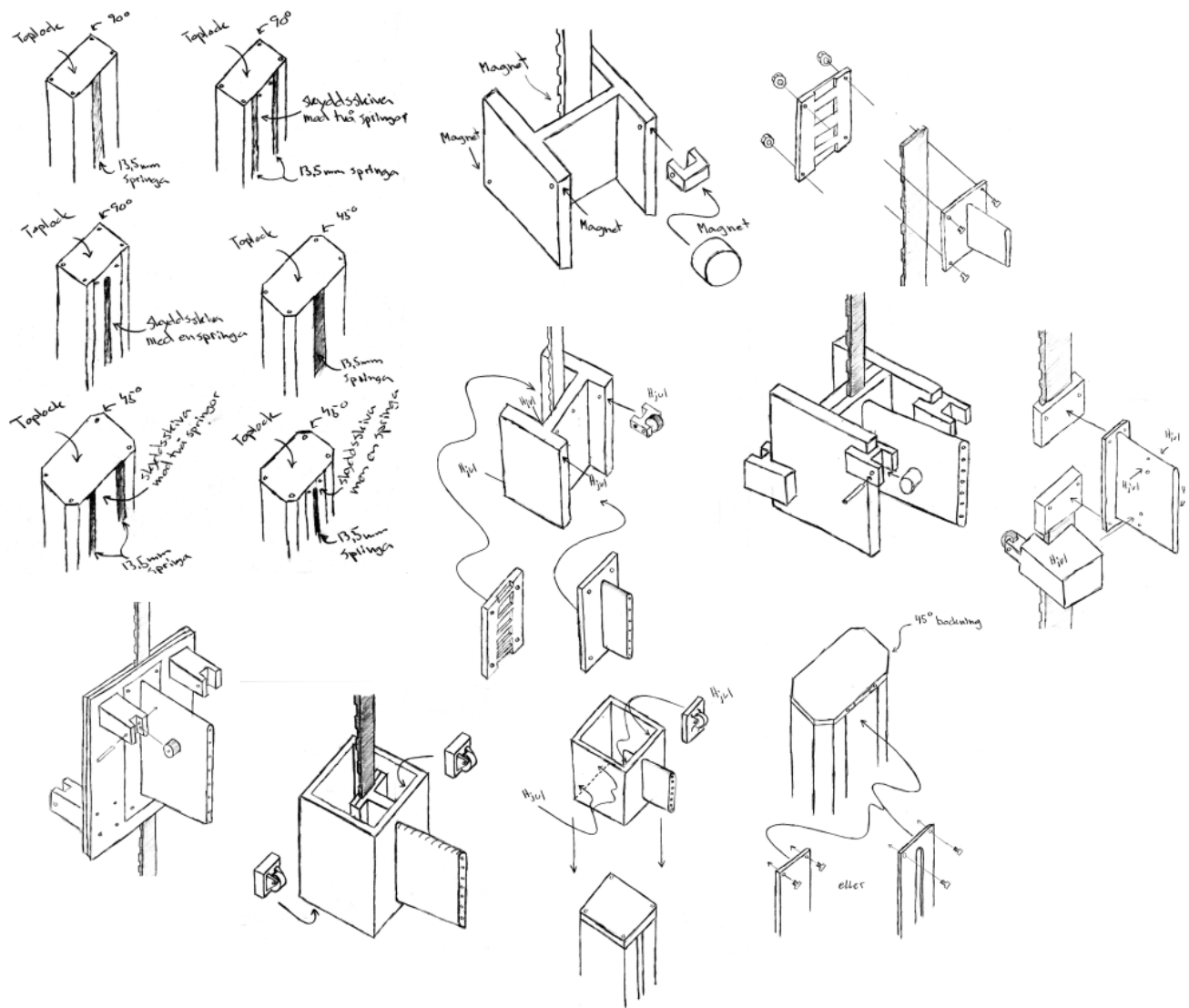
## **4.3 Konceptgenerering**

Med produktspecifikationen och insamlat litterärt underlag som grund görs en brainwriting för att komma på så många olika konceptuella lösningar som möjligt. Nyckeln här som nämnts tidigare är att inte vara allt för kritiskt tänkande men ändå ha det litterära underlaget för att försöka hitta olika lösningar för de viktigaste tekniska kraven. Därefter följs detta upp i en Morfologisk matris där koncepten från brainswritingen delas upp i mindre beståndsdelar för att sen kombineras.



### 4.3.1 Brainwriting

Här presenteras några skisser som togs fram under brainwritingen.



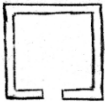
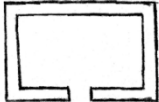
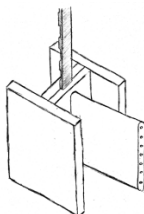
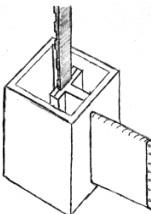
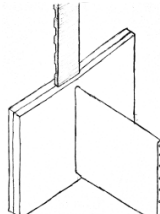
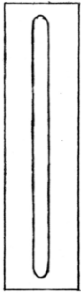
Figur 4.3 - Resultande skisser från den brainwriting som utförts

### 4.3.2 Morfologisk matris

Genom att dela upp de olika lösningarna som brainwritingen ledde fram till i en morfologisk matris kan dessa kombineras till ett större antal olika koncept.

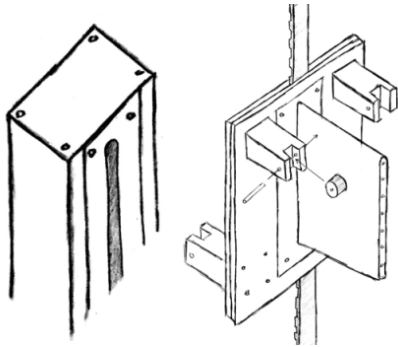
Den morfologiska matrisen delas upp i fem olika steg, Mast: form, Mast: tillverkningsmetod, Släde: Hus, Släde: motlägg och skyddsskiva.

Tabell 4.7 - Morfologisk matris för de olika lösningarna sammanställda från brainwritingen

<b>Mast: form</b>	Kvadratisk 	Rektangulär 		
<b>Mast: tillverkningsmetod</b>	Fräsning	Svetsning	Bockning	Montering
<b>Släde: Hus</b>	Släde 1 	Släde 2 	Släde 3 	
<b>Släde: motlägg</b>	Glidning	Hjul	Magnet	
<b>Skyddsskiva</b>	Med skyddsskiva 	Utan skyddsskiva		

### Koncept 1

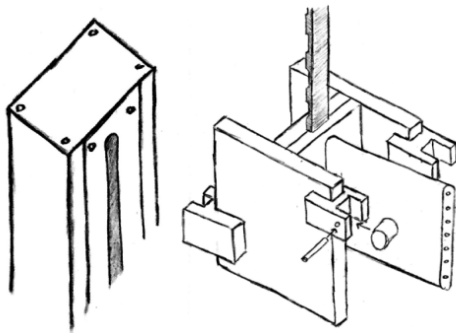
Rektangulär – bockning – släde 3 – hjul – med skyddsskiva



Figur 4.4 - Koncept 1, Mast: Rektangulär, skyddsskiva, bockning. Släde: 3 med hjul,

### Koncept 2

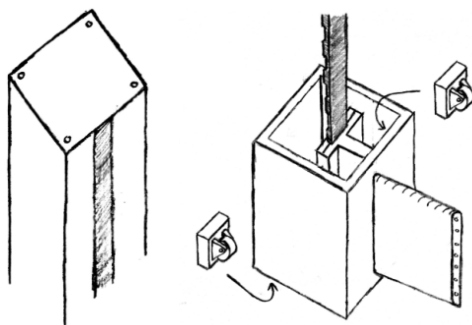
Rektangulär – bockning – släde 1 – hjul – med skyddsskiva



Figur 4.5 – Koncept 2, Mast: Rektangulär, skyddsskiva, bockning. Släde: 1 med hjul

### Koncept 3

Kvadratisk – bockning – släde 2 – hjul – utan skyddsskiva



Figur 4.6 - Koncept 3, Mast: Kvadratisk, skyddsskiva, bockning. Släde: 3 med hjul

## 4.4 Konzeptutvärdering

Efter att ett antal olika koncept genererats ska dessa viktas mot varandra för att ta fram det bästa konceptet i avseende mot kundkraven.

### 4.4.1 Pughs Matris

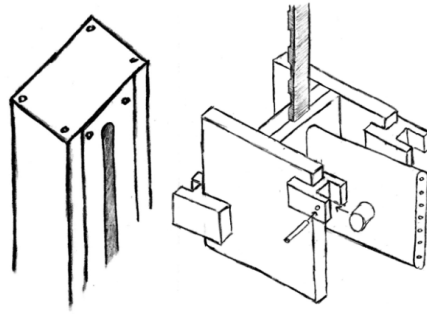
De tre koncept som togs fram med den morfologiska matrisen i föregående avsnitt viktas här mot varandra i en Pughs matris.

Tabell 4.8 – Pughs matris för de fem koncepten

Pughs matris										
Kundkrav		Alternativ								
		Ideal			Koncept 1		Koncept 2		Koncept 3	
Namn	w	v	t	v	t	v	t	v	t	
Avspolningsbar	9	10	90	8	72	8	72	9	81	
Rostfri	10	10	100	7	70	7	70	8	80	
Låg tillverkningskostnad	10	10	100	8	80	9	90	7	70	
Enkel konstruktion	7	10	70	8	56	9	63	7	49	
Anpassningsbar	6	10	60	8	48	8	48	8	48	
Monterbar på chassi	7	10	70	7	49	7	49	7	49	
Säker	5	10	50	8	40	8	40	6	30	
Stabil	5	10	50	8	40	9	45	8	40	
Vertikal transmission	8	10	80	8	64	9	72	7	56	
Tyst under drift	4	10	40	7	28	7	28	6	24	
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>710</b>	<b>77</b>	<b>547</b>	<b>81</b>	<b>577</b>	<b>73</b>	<b>527</b>	

### 4.4.2 Val av koncept

Nästa steg är att gå vidare med ett utav koncepten ur Pughs matrisen för att vidareutveckla och förfinas. Beslutet om vilket av koncepten som väljs att vidareutvecklas baseras på resultaten i Pughs matrisen. Det koncept som stod sig bäst utifrån de uppsatta kundkraven var Koncept 3. Eftersom koncepten i Pughs matrisen var så pass lika varandra skiljde sig inte poängen mellan de olika koncepten något avsevärd. Koncept 3 anses däremot ha en liten fördel när det kommer till tillverkningskostnad och även en enklare konstruktion gentemot de andra koncepten som är två viktiga faktorer som tydligt kan avläsas i matrisen.

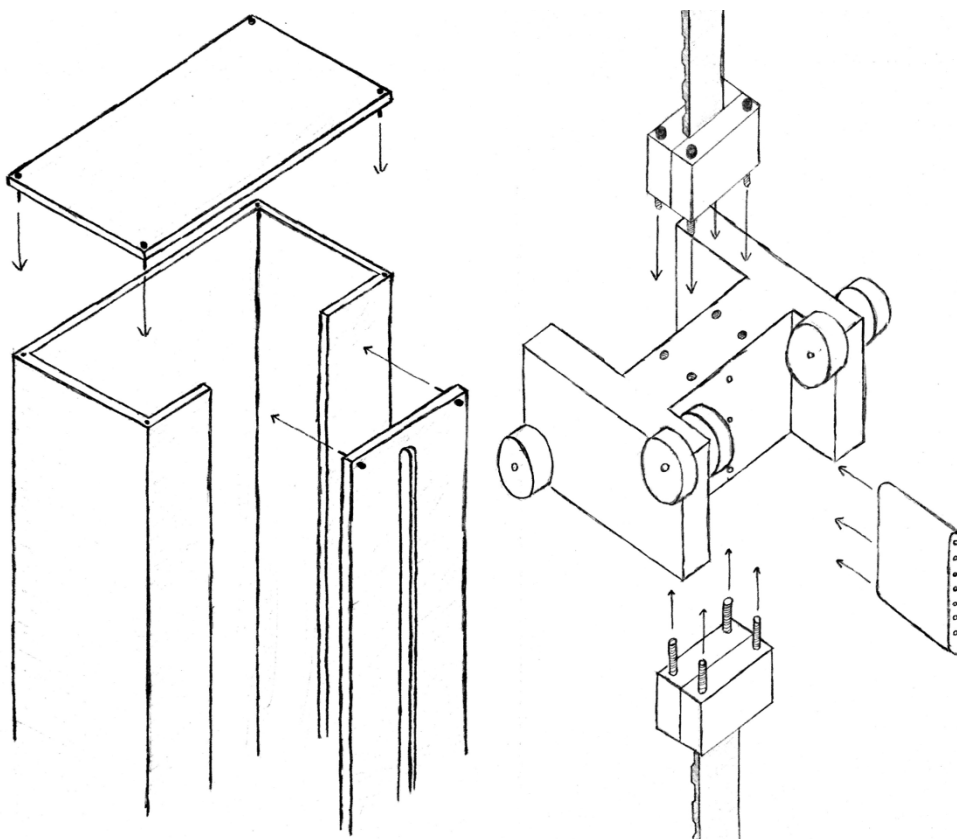


*Figur 4.7 - Valt koncept för vidareutveckling, konceptet som valdes enligt resultaten från Pughs matrisen*

#### **4.4.3 Slutgiltigt koncept**

Slutligen görs en vidareutveckling och förfining av konceptet. Konceptet anpassas för några av de profiler som TAWI använder i deras nuvarande modeller såsom rem, fäste och förspänning av rem, samt anpassning för montering av verktyg.

För fler datormodellerade skisser se BILAGA 2,3 och 4.



*Figur 4.8 - Resultat efter vidareutveckling av valt koncept. För CAD-bilder se bilaga 2,3 och 4*

## 4.5 Vidareutveckling, tillverkningsmetod och kostnadsevaluering

Konstruktionsprocessen har fram till detta avsnitt givit en uppsättning av olika koncept som därefter utvärderats för att sälla fram det bästa konceptet för vidareutveckling.

Konstruktionsmässigt har mått, toleranser, huvudkomponenter och materialval valts ut preliminärt och är bl.a. sådant som måste bestämmas mer i detalj. Detta kapitel kommer att ge en kort beskrivning av de nästkommande faserna av konstruktionsprocessen som behövs för att ta en produkt från koncept till en färdig produkt. Värt att tillägga är att QFD såklart även kan appliceras i dessa steg.

### 4.5.1 Embodiment design

I denna fasen får konceptet ”kött på benen” och börjar ta fysisk form. Till en början kan det vara smart att gruppera delar av konstruktionen som tillsammans bildar en viss funktion i mindre subsystem. Dessa subsystem formas då som mindre moduler som tillsammans bygger upp hela konstruktionen. Genom att dela upp produkten på detta vis kan modulerna individuellt förfinas och testas genom prototyper separat för att upptäcka olika typer av problem i konstruktionen.

Vidare bestäms de olika modulerna mer i detalj allt efter som dem förfinas.

Specialkomponenter, standardkomponenter och mer exakta mått såsom dimensioner, toleranser och andra värden viktiga för produktens kvalitet kan bestämmas preliminärt. Här kan även ändringar kring produktens design ske för att uppnå en mer estetiskt och användarvänlig produkt. Preliminära val av material, tillverkningsprocesser och metoder som DFMA (Design for Manufacture and Assembly) och FMEA (Failure modes and effects analysis) är mycket viktigt att gå igenom för att skapa en produkt som är enkel att producera för att hålla ner kostnader och för att skapa en produkt som är robust och kvalitativ.

Till sist skapas en fullskalig konstruktion och prototyp för att testa att produkten är tekniskt och visuellt komplett samt se till att konstruktionen uppfyller kraven enligt produktspecifikationen. (1)

### 4.5.2 Detailed design

I denna fas sammanfattas alla de resultat man kommit fram till för att skapa en detaljerad beskrivning över hela den produkt som ska utvecklas, varpå sedan de slutgiltiga besluten fattas.

De beslut som måste tas först är de beslut som ännu inte bestämts helt och hållet i tidigare avsnitt, dessa måste fattas för att kunna gå vidare med att fastställa en slutgiltig konstruktion över produktion. När de sista besluten fattats skapas en komplett konstruktion. Här ska det framgå utifrån en färdig detaljerad ritning vilka mått som gäller, vilka standardkomponenter och specialkomponenter som ska användas och vilka material produkten ska byggas av osv. Detta tillsammans med en färdig produktspecifikation ska vara tillräckligt för att produkten ska kunna gå ut till produktion. När beslutet kring den slutgiltiga konstruktionen väl fastställts kan en sista estimering av tillverkningskostnaden beräknas för att försäkra sig om att kostnaderna inte överskrider kostnadskraven. Det är viktigt att denna fasen utförs noggrant för att undvika onödiga fel och kostnader vid produktion längre fram.

Slutligen avslutas fasen genom att samla in och sammanställa resultaten från den färdiga produkten, för att jämföra dessa mot produktspecifikationen för att försäkras att resultaten matchar produktspecifikationen. Dokumentationen består normalt av ritningar, test resultat av prototyper, simuleringar, HOQ och FMEA. (1)

## 5 Resultat och slutsats

*Här förs en diskussion om resultatet av den metod som togs fram och som arbetet formats efter, och diverse insikter som stötts på under arbetets gång.*

TAWI vill hitta en mindre kostsam lösning på en lyftvagn att tillverka än den prototyp som existerar idag. För att lösa detta problemet har arbetets fokus i första hand varit att höja kompetensen inom produktutvecklingen hos TAWI, eller ge ett alternativ till hur man kan arbeta när man tar fram nya produkter i framtiden. För att höja kompetensen valdes metoden Quality Function Deployment som grund för produktutvecklingen tillsammans med ett antal utvalda verktyg i en fallstudie för att tydligare visa hur dessa metoder kan appliceras vid framtagning av en ny produkt.

QFD har fungerat som en mall under arbetets gång varpå andra metoder kunnat appliceras, beroende på uppgiften. Man kan säga att QFD tar hjälp av andra metoder för att lösa de olika stegen. På grund av detta utnyttjades olika metoder inuti QFD. Andra metoder såsom Border Diagram och Kano-analys som användes i början för att skapa en tydlig uppfattning av vad problemet faktiskt handlade om. Genom dessa metoder blev problemet mer tydligt och enkelt att jobba vidare utifrån. Detta skapade en större känsla av förtroende för uppgiften och vilka områden som var viktigast att fokusera på och samtidigt skapa utrymme för nya idéer genom Kano-analys. QFD har tillsammans med de metoder som nämnts främst använts för att skapa matrisen House Of Quality (HOQ), varpå sedan en produktspecifikation tagits fram.

Det största momentet i QFD sker när HOQ implementeras då underlag från nedbrytning av problem till kundkrav, marknadsanalys och de tekniska kraven sammanställs i en enda stor matris varpå dessa korsvis jämförs för att tydligt få fram vilka tekniska krav som skapar störst nytta för produkten och hur dem påverkar varandra. På så vis blir det tydligt att förstå hur resurser ska prioriteras för att möta de olika kraven.

Att följa denna metoden har varit mycket givande då den tvingar en att bredda sitt sätt att tänka och se problemen på ett mer analytiskt sätt. Ett intressant exempel på just detta är i metoden då kundkrav, kundbehov och andra idéer översätts till mätbara parametrar, s.k. tekniska krav. På detta vis blir problemet mer konkret och enklare att förstå hur det hänger ihop. Lösningar för de tekniska kraven kan därefter undersökas var för sig. Hade mer tid funnits tillgängligt hade en djupare undersökning av samtliga tekniska krav varit att föredra. För att skapa en större kunskap att fatta beslut från i konceptgenereringen. Men då detta inte var det huvudsakliga målet med arbetet prioriterades detta inte. Så gäller även för analysering av kundbehov och konkurrensanalys där man med mer resurser t.ex. hade kunnat plocka isär en av konkurrenternas produkter för att se mer i detalj hur denna hanterar de krav som tagits fram.

## Referenser

1. George E . Dieter, Linda C . Schmidt: Engineering design. — 5th ed (2012), ISBN-10: 0073398144
2. Ford Motor Company: Failure Mode and Effects Analysis - FMEA Handbook Version 4.2. 2011
3. Dr Colin Honess, Importance of Surface Finish in the Design of Stainless Steel, Swinden Technology Centre, Corus RD&T & Alan Harrison, Stainless Steel Advisory Service, 2006, <https://www.bssa.org.uk/cms/File/surfacefinishbssaVer2.pdf> (Acc 2018-05-30)
4. Bockning, Outokumpu PSC Nordic, (Acc 2018-05-30)  
<http://h24-files.s3.amazonaws.com/74023/164665-7QadJ.pdf>
5. Kongamek, 2018. KM60367MRM | HELSVETSAT 2 PLAN C3, 18/8  
<http://kongamek.se/kongamekproducts/rostfria-vagnar/rostfria-helsvetsade-vagnar-2-plan-c3/?variant=KM60367MRM> (Acc 2018-05-30)
6. Svenska Institutet för standarder, (Acc 2019-06-25)  
<https://www.sis.se/konstruktionochillverkning/maskinskerhet/>
7. Svenska Institutet för Standarder, (Acc 2019-06-25)  
<https://www.sis.se/standarder/ce-markning/>
8. Välkommen till RISE - Research Institutes of Sweden, (Acc 2019-06-25)  
<https://www.sp.se/sv/index/services/ip/sidor/default.aspx>



## **Bilagor**

**Bilaga 1: HOQ**

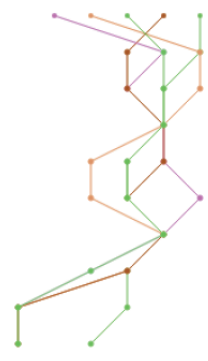
**Bilaga 2: Mast**

**Bilaga 3: Släde**

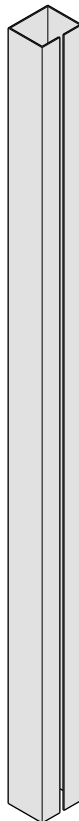
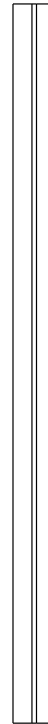
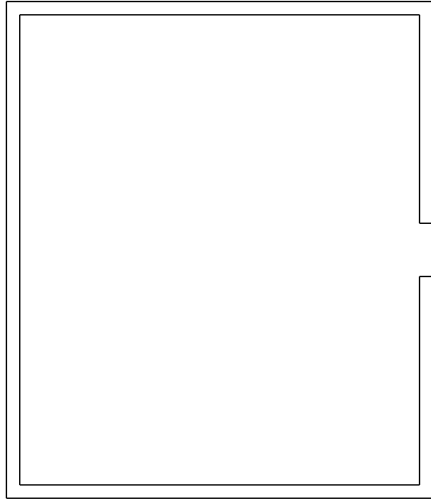
**Bilaga 4: Sammansättning av mast och släde**

Bilaga 1

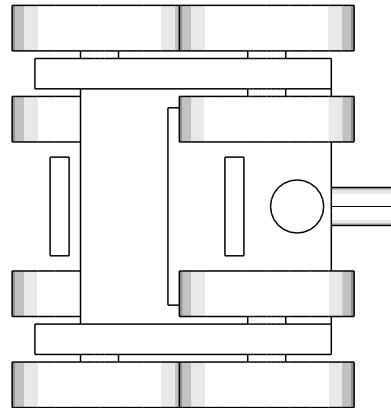
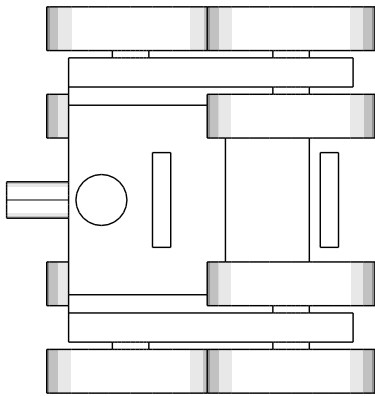
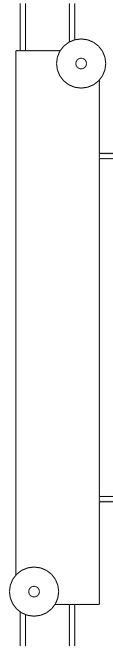
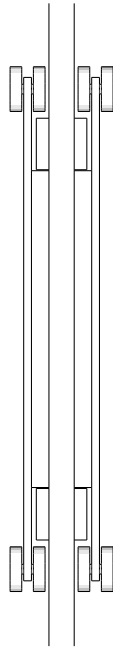
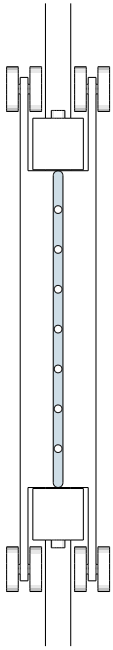
Row #	Max Relationship Value in Row	Relative Weight	Weight / Importance	Demanded Quality	Column #												Competitive Analysis					
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
Direction of Improvement:					▼	▼	▲	x	▼	x	▼	▲	▼	▼	▲	▼						
1	9	15.4%	10	Låg tillverkningskostnad	0	0	0	▲	0	0	▲	▲	▲	▲	0	0	5	1	2	4	3	
2	9	15.4%	10	Avspolningsbar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	5	3	4	
3	3	12.3%	8	Enkel konstruktion	0	0	0	0	▲	0	0	0	0	0	0	0	4	3	5	3	4	
4	9	10.8%	7	Anpassningsbar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	4	4	
5	9	12.3%	8	Transmission	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	2	4	3	
6	9	9.2%	6	Säker	0	0	0	0	▲	▲	▲	0	▲	▲	0	0	3	5	2	3	3	
7	9	9.2%	6	Hållbar	0	0	0	0	▲	0	▲	0	▲	0	0	0	4	4	4	4	4	
8	9	6.2%	4	Lätt	0	0	0	0	▲	0	0	▲	0	0	0	0	3	2	3	3	2	
9	9	6.2%	4	Tyst	0	0	0	0	0	0	0	▲	▲	0	0	0	3	0	0	0	0	
10	9	3.1%	2	Portabel	0	0	0	▲	0	0	▲	0	▲	0	0	0	2	0	0	0	0	
Target or Limit Value					2000 kr	TBD	TBD	Enligt lagkrav	<20	Enligt lagkrav	TBD	> 10 år	<65	TBD	> 2	< 15 Kg						
Difficulty					8			6	8	4		5	7		5	7						
Max Relationship Value in Column					9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9					
Weight / Importance					576.9	341.5	323.1	249.2	267.7	313.8	240	230.8	153.8	116.9	180	221.5						
Relative Weight					17.9%	10.6%	10%	7.8%	8.3%	9.8%	7.5%	7.2%	4.8%	3.6%	5.6%	6.9%						

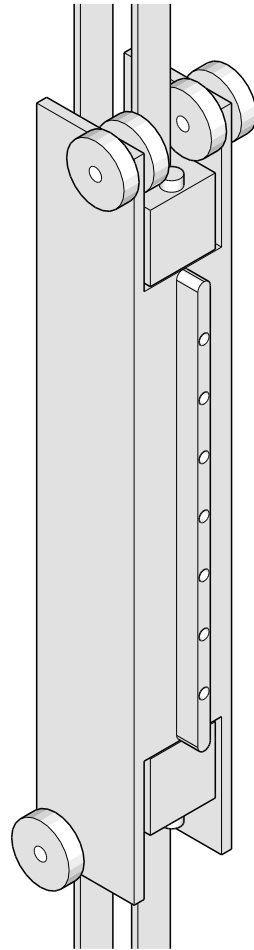
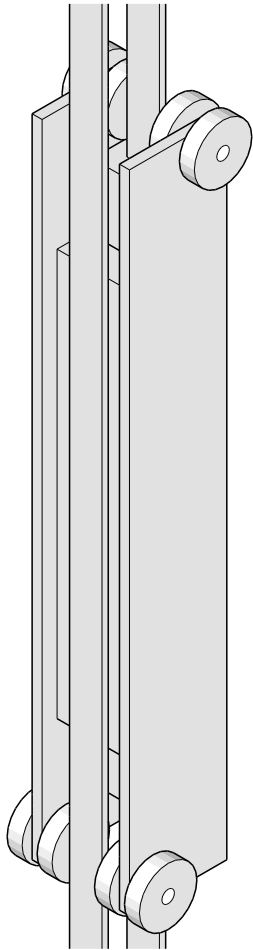


**Bilaga 2**



**Bilaga 3**





**Bilaga 4**

