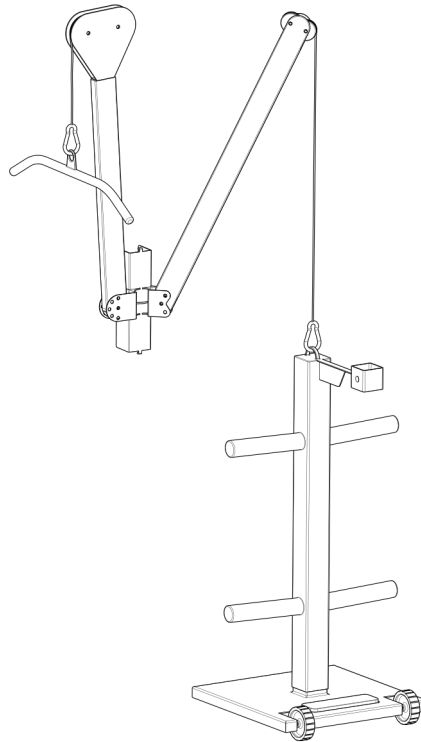
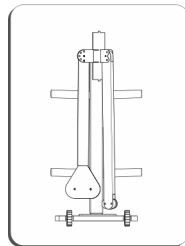
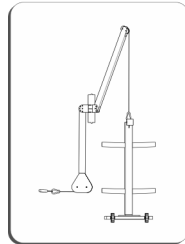
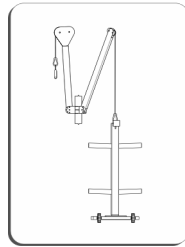




# CHALMERS

---



## Modulär träningsutrustning för hemmagym och crossfitboxar

Utveckling av ett rack- och riggtillbehör

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Design och Produktutveckling

FELIX HENRIKSSON & KRISTOFFER OSCARSSON



# Modulär träningsutrustning för hemmagym och crossfitboxar

Utveckling av ett rack- och riggtillbehör

FELIX HENRIKSSON

KRISTOFFER OSCARSSON

Institutionen för Industri- och materialvetenskap

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2021

# Modulär träningsutrustning för hemmagym och crossfitboxar

Utveckling av ett rack- och riggtillbehör

FELIX HENRIKSSON

KRISTOFFER OSCARSSON

© FELIX HENRIKSSON & KRISTOFFER OSCARSSON, 2021

Examensarbete 2021  
Institutionen för Industri- och materialvetenskap  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Telefon: 031 772 1000  
Göteborg, Sverige 2021

Omslagsbild: [Bilden visar det koncept som arbetet resulterade i. Mer information finns i kapitel 5.4 med start på sidan 67.]

## Förord

Följande arbete presenterar resultatet av ett examensarbete om 15 hp som genomfördes våren 2021 på högskoleingenjörsprogrammet Design och produktutveckling vid Chalmers tekniska högskola. Uppdragsgivare var gymnutrustningsföretaget Eleiko.

Tack Björn Welde, vår handledare på Eleiko, för ditt förtroende för oss och för din feedback och ditt engagemang i detta examensarbete.

Tack Olof Wranne, vår handledare och examinator på Chalmers tekniska högskola, för din vägledning, feedback och inspiration.

Tack Elin Siira, doktorand vid Göteborgs Universitet, och Maria Henriksson, gymnasielärare på Gävle kommun, för tips och råd gällande rapportens struktur och språkanvändning.

Tack Opes Golv AB för att vi fick tillgång till eran snickeriverkstad.

Slutligen vill vi rikta ett stort tack till familj och vänner och alla andra som stöttat oss i det här arbetet samt ett sista tack till alla respondenter som ställt upp på intervjuer och observationer.

Göteborg, 2021



Felix Henriksson



Kristoffer Oscarsson

## Sammanfattning

Följande arbete utfördes tillsammans med gymutrustningstillverkaren Eleiko AB. Gymbranschen är under ständig utveckling. Det senaste årtiondet har en ny sorts gym vuxit fram, så kallade crossfitboxar. Crossfit är en träningsform som bygger på funktionella rörelser, ofta med kroppsvikt eller med skivstång och crossfitboxarna är därför utformade med mycket öppna ytor och få träningsmaskiner. En annan trend är att träna hemma. Hemmagym har oftast, precis som crossfitboxar, behovet att maximera användningen av en liten yta.

Båda miljöerna ställer höga krav på träningsutrustningen vad det gäller dess flexibilitet och förmåga att erbjuda flera övningar. Dessa gymmiljöer skiljer sig från traditionella gym där träningen ofta är mer baserad på rörelser i stationära maskiner med en maskin för vardera övningen.

Syftet med arbetet var att undersöka vilka av användaren önskade funktioner som fanns på en traditionell gymmaskin och hur dessa funktioner skulle kunna överföras till crossfitboxar och hemmagym. En av frågeställningarna som skulle besvaras var således: Vilken traditionell gymmaskin saknar i dagsläget motsvarighet i crossfitboxar och hemmagym och hur anpassas denna gymmaskin till crossfitboxar och hemmagym?

Resultatet visade att det enligt användarna av crossfitboxar och hemmagym saknades flera funktioner från traditionella gym i de nya miljöerna. Bland dessa funktioner fanns möjligheten att utföra övningarna latsdrag och sittande rodd som är två dragövningar för att träna ryggen.

Arbetet resulterade i ett konceptförslag för en modulär dragmaskin som monteras på Eleikos stolpar till racks och riggar, vilket är utrustningar med en självklar plats i crossfitboxar och som oftast finns i hemmagym. Den modulära dragmaskinen möjliggör utförandet av övningarna latsdrag och sittande rodd och överför därmed funktioner från två traditionella gymmaskiner till en portabel motsvarighet.

## Summary

The following work was carried out together with the gym equipment manufacturer Eleiko AB. The gym industry is constantly evolving. In the last decade, a new kind of gym has emerged, so-called crossfit boxes. Crossfit is a form of exercise that is based on functional movements, often with bodyweight or with a barbell. The crossfit boxes are therefore designed with open spaces and few gym machines. Another trend is to train at home. Home gyms usually, just like crossfit boxes, need to maximize the use of a small area.

Both environments place high demands on the training equipment in terms of its flexibility and ability to offer several exercises. These gym environments differ from traditional gyms where the training often is based on movements in stationary machines with one machine for each exercise.

The purpose of the work was to investigate what, by the users, desired functions were available on a traditional gym machine and how these functions could be transferred to crossfit boxes and home gyms. One of the questions to answer was thus: Which traditional gym machine currently has no equivalent in crossfit boxes and home gyms and how is this gym machine adapted to crossfit boxes and home gyms?

The result showed that according to the users of crossfit boxes and home gyms, several functions from traditional gyms were missing in the new environments. Among these functions was the ability to perform the exercises lat pulldown and low rows, two pull exercises to train the back muscles.

The work resulted in a concept for a modular pulling machine that is mounted on Eleikos poles for racks and rigs, which are equipment with a given place in crossfit boxes and usually found in home gyms. The modular pulling machine offers functions so that both the exercises lat pulldown and low rows can be performed and thus transfer functions from two traditional gym machines to a portable equivalent.

# Innehållsförteckning

<b>1. Inledning .....</b>	<b>1</b>
1.1. Bakgrund .....	1
1.2. Syfte .....	2
1.3. Mål .....	2
1.4. Avgränsningar .....	2
1.5. Frågeställningar .....	2
<b>2. Terminologi och begrepp .....</b>	<b>3</b>
2.1. Terminologi inom anatomi och fysiologi .....	3
2.2. Terminologi inom träning .....	3
2.3. Namn på övningar .....	4
2.4. Träningsmaskiner och utrustning .....	5
<b>3. Teoretisk referensram .....</b>	<b>9</b>
3.1. Fysisk träning .....	9
3.2. Mekanik och hållfasthetslära .....	9
3.3. Material och tillverkningstekniker .....	11
3.4. Produktsemantik .....	12
<b>4. Metod .....</b>	<b>13</b>
4.1. Förstudiemetoder .....	13
4.2. Problemanalysmetoder .....	14
4.3. Idégenereringsmetoder .....	15
4.4. Konceptvalsmetoder .....	16
4.5. Ergonomiutvärderingsmetoder .....	17
<b>5. Resultat .....</b>	<b>18</b>
5.1. Förstudie .....	18
5.2. Produktanalys .....	27
5.3. Konceptualisering .....	33
5.4. Slutkoncept .....	67
5.5. Hållbarhetsanalys .....	79
<b>6. Diskussion .....</b>	<b>83</b>
6.1. Utvärdering av koncept – användarens perspektiv .....	83
6.2. Vidareutveckling .....	83
6.3. Vad kunde gjorts annorlunda? .....	85
6.4. Pandemins påverkan på arbetet .....	85
<b>7. Slutsats .....</b>	<b>86</b>

<b>8. Litteraturförteckning .....</b>	<b>87</b>
<b>9. Bilagor.....</b>	<b>90</b>
9.1. <i>Bilaga 1</i> .....	90
9.2. <i>Bilaga 2</i> .....	93
9.3. <i>Bilaga 3</i> .....	98
9.4. <i>Bilaga 4</i> .....	99

# 1. Inledning

I det här kapitlet presenteras projektets bakgrund, syfte, mål, avgränsningar och frågeställningar.

## 1.1. Bakgrund

Eleiko Group AB är ett familjeägt företag som utvecklar och tillverkar gymutrustning (Eleiko AB, 2021a). Företaget har sin bas inom tyngdlyftning där de genom historien bidragit med flera innovationer, bland annat den första skivstången att hålla en hel tävling, gummivikter och nållager i skivstänger. Denna ständiga raffinering av gymprodukter och deras kvalitet har skapat uppkomsten av uttrycket "Eleiko feeling". Med sin innovationsanda har Eleiko varit i styrkebranschen i 64 år och följt dess utveckling. Företaget har därmed expanderat till fler områden däribland hemmagym och crossfit.

Gymbranschen har det senaste årtiondet sett en ny sorts gym växa fram, så kallade crossfitboxar. År 2009 fanns endast en crossfit box i Sverige medan det 2021 fanns över 120 officiella crossfitboxar (BODY, 2013) (Crossfit, 2021). Crossfit utvecklades i USA av Greg Glassman som senare startade företaget Crossfit år 2000 (The box, 2012). Träningsformen bygger på funktionella rörelser och ett annat namn för träningsformen är funktionell fitness (Johansson, 2020). Träningen utförs ofta med kroppsviktsövningar såsom att hoppa eller på något sätt lyfta sin egen kropp, men den utförs även i stor utsträckning i form av övningar med skivstång och vikter. Till skillnad från traditionella gym använder crossfit sällan maskiner för styrketräning. Vidare är gränssnittet av crossfitboxar unikt i det att de har öppna aktivitetsytor.

En annan trend är att träna hemma. Efterfrågan av redskap för hemmagym har femdubblats hos gymleverantörer i Sverige under det senaste året (Gymleco, 2020). Hemmagym skiljer sig från traditionella gym på så sätt att hemmagym ofta begränsas av ett litet utrymme. Garagegymexperiment är en webbplats som genomför enkätundersökningar hos personer med hemmagym och sedan presenterar dessa data för att enligt dem själva hjälpa hemmagymsinnehavare att utveckla sina gym. I en sådan enkätundersökning av Garagegymexperiment (2021) uppgav 73% av respondenterna att platsbrist var ett problem i deras hemmagym. Även om crossfitboxar oftast har mer utrymme än hemmagym har de båda gemensamt att de har en begränsad yta som vid olika tillfällen ska kunna utnyttjas för olika aktiviteter.

Med dessa krav har hemmagym och crossfitboxar avvikit från de mer traditionella gymmen som har en annan struktur vilken domineras av stationära maskiner som ofta erbjuder en övning vardera. Inom denna genre har många olika maskiner utvecklats och erbjuder ett brett utbud av träningsmöjligheter. Hemmagym och crossfitboxar ställer nya krav på utrustningen att den behöver vara mer anpassningsbar och modulär, vilket skapar möjligheter för utveckling av nya produkter.

## **1.2. Syfte**

Syftet är att undersöka vilka av användaren önskade funktioner som finns på en traditionell gymmaskin och hur dessa funktioner kan överföras till hemmagym och crossfitboxar.

## **1.3. Mål**

Målet är att presentera ett konceptförslag av en modulär motsvarighet av en traditionell gymmaskin, som passar Eleikos racks och riggar.

## **1.4. Avgränsningar**

1. Projektet kommer inte att ta hänsyn till marknadens storlek och ekonomiska aspekter.
2. Projektet utgår ifrån befintliga övningar och rörelser. Inga nya övningar kommer tas fram.
3. Inga hållfasthetsberäkningar eller FEM-analyser kommer att tas fram i detalj.
4. Resultatet kommer att presenteras på konceptnivå i form av ett digitalt konceptförslag presenterad av en CAD-modell, en fysisk funktionsmodell samt en rapport. Inga konstruktionsritningar kommer att produceras.
5. Konceptet begränsas till att passa på stolpar i Eleikos produktsortiment XF80. Ett tillbehör som passar på dessa stolpar kommer att passa på flera olika racks och riggar.

## **1.5. Frågeställningar**

Följande frågeställningar används för att besvara projektets syfte:

- Vilken traditionell gymmaskin saknar i dagsläget motsvarighet i crossfitboxar och hemmagym?
- Hur anpassas den identifierade gymmaskinen till att passa in i crossfitboxar och hemmagym?
- Hur anpassas den identifierade gymmaskinen till att passa dess användare?
- Vilka är användarna som konceptet riktas mot?

## 2. Terminologi och begrepp

I det här kapitlet listas och förklaras ord och begrepp som används i rapporten i relation till anatomi och fysiologi, träning, träningsövningar samt träningsmaskiner och utrustning.

### 2.1. Terminologi inom anatomi och fysiologi

#### **Extension**

Extension är en rörelse där vinkeln ökar mellan två kroppssegment, exempelvis när armen rätas (Berlin & Adams, 2017).

#### **Flexion**

Flexion är en rörelse där vinkeln minskar mellan två kroppssegment, exempelvis när armen viks och handen närmar sig axeln (Berlin & Adams, 2017).

#### **Kontraktion**

Kontraktion är när en muskel utnyttjar kemisk energi och nervimpulser för att dra ihop muskelfibrer (Berlin & Adams, 2017). Kontraktion resulterar i att muskeln blir kortare och tjockare vilket genererar en kraftansträngning, rörelse och värme.

#### **Relaxation**

Relaxation är när en muskelkontraktion släpps vilket leder till att muskelfibrerna slappnar av och muskeln blir längre, mer elastisk och slutar att förbruka kraft (Berlin & Adams, 2017).

#### **Rehabilitering**

Rehabilitering är den träning som sker efter en skada för att återuppbygga den funktion som fanns innan skadan (1177 Vårdguiden, 2017). Ibland används begreppet prehab för att beteckna träning som ska verka skadeförebyggande.

### 2.2. Terminologi inom träning

#### **Repetition ”Reps”**

Repetitioner eller reps anger antalet genomföranden av en övning utan vila (Sats, u.d.). Exempelvis om tio stycken armhävningar utförs i följd, sägs att tio repetitioner, eller reps, av armhävningar har genomförts.

#### **Set**

Set anger antalet omgångar som repetitionerna utförs i (Sats, u.d.). Exempelvis om tio repetitioner armhävningar utförs, följt av vila räknas det som ett set.

#### **Muskelgrupp**

En muskelgrupp kan sägas vara de muskler som aktiveras för att verkställa en rörelse. Det finns olika indelningar av muskelgrupper. Några exempel på muskelgrupper är ben, bröst och rygg (Legge, 2017).

#### **Övning i kontexten styrketräning**

Ordet övning innebär att förbättra någon färdighet genom anpassade aktiviteter (Nationalencyklopedin, 2021a). I styrketräningssammanhang innebär en övning att

en muskelgrupp har utfört ett rörelsemönster i enlighet till en träningsmetod. Ett exempel på en övning är knäböj.

### **2.3. Namn på övningar**

Nedan följer en lista över övningar tillsammans med en förklarande text.

#### **Bencurl**

Bencurl är en övning som genom kontraktion av musklerna på lårets baksida flekterar knäleden. I denna övning hålls låret i en fast position medan underbenet rör sig. Övningen genomförs ofta liggande på mage i en maskin.

#### **Benspark**

Benspark är en övning som genom kontraktion av musklerna på lårets framsida extenderar knäleden. Övningen genomförs sittande eller stående i en maskin med låret i en fast position medan underbenet rör sig.

#### **Knäböj**

Knäböj har sitt ursprung i träning med skivstång och utförs stående med skivstången placerad på axlarna. Benen böjs så att skivstången sänks mot golvet för att sedan pressas upp igen. Samma typ av rörelse kan åstadkommas med hjälp av träningsmaskiner, då kallas övningen istället ofta för benpress.

#### **Marklyft**

Marklyft är en övning där utövaren står upp och böjer sig ned för att greppa och lyfta en skivstång från marken för att återgå till stående läge. Marklyft kan utföras i olika varianter där en är raka marklyft vilket innebär att rörelsen utförs med raka ben.

#### **Nordic hamstring**

Nordic hamstring tränar samma muskler som övningen bencurl, skillnaden är att underbenet hålls stilla genom att övningen genomförs knästående och hälen hålls fast genom att till exempel sticka den under något tungt föremål. Låret tillsammans med överkroppen lutar sedan framåt och musklerna på baksidan av låret spänns för att dämpa fallet framåt.

#### **Pectoral-fly**

Pectoral-fly är en övning som genomförs sittande i en maskin med armarna utsträckta åt sidorna för att sedan genom kontraktion av bröstmusklerna föra armarna framåt mot maskinens motstånd.

#### **Pull-ups**

Pull-ups är en övning där utövaren greppar en stång ovanför huvudet och hängandes i denna drar sig upp så att hakan passerar stången. Det förekommer även varianter av denna övning där olika greppositioner används, en variant kallas chins. Det finns också en variant som utförs i en maskin och kallas då latsdrag.

#### **Reversed hyperextension**

Reversed hyperextension är en övning som tränar sätesmusklerna genom att överkroppen hålls stilla på en bänk med bröstet nedåt. Benen hänger nedåt och höften rätas sedan ut genom kontraktion av sätesmuskulaturen. Övningen kan

genomförs på olika sätt men oftast görs den i en maskin som heter just reversed hyperextension.

### **Rodd**

Rodd är en övning där användaren sitter ner och utför ett horisontellt drag bakåt mot sin kropp liknande rörelsen när man ror en båt. Övningen tränar olika muskler i ryggen.

### **Utfallssteg**

Utfallssteg är en övning där utövaren tar ett stort steg framåt samtidigt som det främre benet böjs så att det bakre knät sänks mot golvet. Utövaren reser sig sedan upp igen för att utföra rörelsen igen med det motsatta benet framåt. Motståndet i övningen kan ökas genom att utövaren håller i någon vikt till exempel en kettlebell.

### **Vadpress**

Vadpress är en övning som innebär att utövaren pressar med vaderna och på så sätt ställer sig på tå. Övningen kan utföras i maskin eller med fria vikter.

## **2.4. Träningsmaskiner och utrustning**

Nedan följer en lista över träningsmaskiner och utrustning tillsammans med förklarande texter.

### **Fria vikter**

Fria vikter innefattar träning med skivstänger och hantlar där vikten kan röra sig fritt i rummet.

### **GHD**

GHD är en maskin som används genom att fötterna placeras så att fotleden hamnar mellan rullarna till vänster och kroppen över kuddarna till höger, se Figur 1.

Maskinen kan användas antingen med bröstet uppåt eller nedåt för att träna olika muskelgrupper.



Figur 1. GHD-maskin (egen bild)

### **Hantel**

En hantel kan användas på en mängd olika sätt. Principen är att den består ett handgrepp och finns i varierande vikter, ofta från 1 kg och uppåt.

### **Kabelmaskin**

En kabelmaskin består av kablar som via trissor är kopplade till ett viktmagasin. I

änden av kabeln kan olika handtag fästas för att utföra olika övningar. I Figur 2 visas en variant med en kabel respektive magasin i vardera änden av maskinen, dessa utgör då en så kallad cable-cross. Kabelmaskinen kan också kallas functional trainer.



Figur 2. Kabelmaskin (egen bild)

### **Kettlebell**

En kettlebell liknar hanteln men är istället klotformad. Kettlebells kan användas för en mängd övningar för styrka och uthållighet.

### **Leverarms**

Leverarms är ett tillbehör som monteras på racks eller riggar. Syftet med leverarms är att med hjälp av en hävarm skapa motstånd i press- och dragövningar.

### **Rack**

Ett rack är i sin enklaste form en ställning att placera en skivstång på för att till exempel vid övningar såsom knäböj slippa lyfta skivstången från marken. Det finns också varianter utformade som burar där övningen antingen kan utföras framför buren eller inne i buren, dessa kallas ibland för power rack, se Figur 3.



Figur 3. Eleiko XF80 power rack (Eleiko AB, 2021b) (återgiven med tillstånd)

### **Reversed hyperextension**

Som nämnt tidigare används reversed hyperextension till att träna

sättesmuskulaturen genom extension av höften. Överkroppen placeras med bröstet på bänken och fotlederna placeras mellan rullarna vid golvet, se Figur 4. Viktplattor kan lastas på maskinen för att öka motståndet i rörelsen.



Figur 4. Reversed hyperextension maskin (egen bild).

### **Rigg**

En rigg är en större ställning som ofta ses i crossfitboxar. På ställningen kan olika tillbehör monteras för att utföra övningar, exempelvis pull-up stänger, romerska ringar och j-cups (en hållare för skivstång).



Figur 5. Eleiko XF 80 rigg (Eleiko AB, 2021c) (återgiven med tillstånd)

### **Rigg tillbehör**

Rigg tillbehör är olika former av komponenter som kan fästas vid riggar och racks för att möjliggöra olika aktiviteter i ställningarna. Ett exempel på riggtillbehör är j-cups

vilket är en sorts skivstångshållare som kan kopplas i riggar och rack. I Figur 6 presenteras ett exempel på j-cups i form av Eleiko XF J-cups.



Figur 6. Rigg tillbehör, j-cups (Eleiko AB, 2021d) (återgiven med tillstånd)

### **Skivstång**

En skivstång är en stång som kan lastas med viktskivor och sedan lyftas på olika sätt. Stången är standardiserad i form av mått och vikt, en vanlig skivstång väger 20kg och är 220cm lång.

### **TRX**

TRX står för total-body resistance exercise och består av två band, med justerbar längd, som fästs i en punkt högt upp, exempelvis en ögla i taket. I den nedre änden av vardera band finns ett handtag. Med dessa utförs sedan olika övningar genom att utföraren håller i handtagen.

### **Viktskiva**

Viktskivan lastas på maskiner och skivstänger för att på så sätt justera motståndet vid olika övningar. Viktskivor finns i storlekar från 1,25 till 25kg.

## 3. Teoretisk referensram

I det här kapitlet beskrivs den teoretiska referensram som låg till grund för att förstå problemet.

### 3.1. Fysisk träning

Träning är en belastningsform där kroppen utsätts för stress som sedan följs av vila (Berlin & Adams, 2017). För att träning ska vara konstruktiv och inte destruktiv krävs det att kroppen ges förutsättning att återhämta sig. Vid återhämtning återställer kroppen sina syre- och energinivåer via blodet och transporterar iväg restprodukter.

Det finns två typer av träning, sett till muskulär aktivering, dynamisk och statisk (Berlin & Adams, 2017). Dynamisk träning består av muskelaktiveringar där de aktiverade musklerna pendlar mellan kontraktioner och relaxationer, vilket skapar rörelse. Statisk träning består också av muskelaktiveringar men de aktiverade musklerna jobbar endast kontraktivt och hålls i jämviktsläge, vilket resulterar i att en och samma position hålls.

Muskler jobbar som nämnt tidigare kontraktivt. Detta medför att de bara kan skapa kraft i en riktning. Vilken rörelse som uträttas beror därmed på muskelns placering. I Figur 7 demonstreras hur kontraktion av bicepsmuskeln, på överarmens framsida, flekterar armbågsleden. För att extendera armbågsleden arbetar istället muskeln på andra sidan leden nämligen triceps, på överarmens baksida.



Figur 7. Kontraktion av biceps flekterar armbågsleden (egen bild)

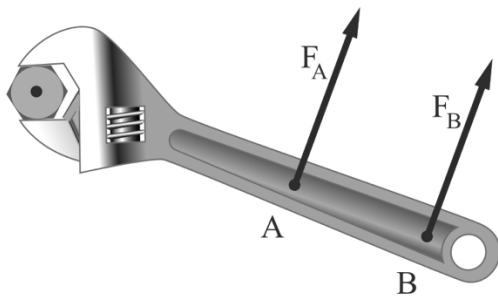
### 3.2. Mekanik och hållfasthetslära

För att förstå hur olika träningsmaskiner fungerar i fråga om belastning och rörelser beskrivs här några mekaniska principer och begrepp.

#### 3.2.1. Hävarmar

Hävarmar används ofta i gymmaskiner. De används för att variera motstånd med hjälp av avståndet från en vridpunkt till ingreppspunkten för pålagd kraft (Gustavsson & Austrell, 2003). För att exemplifiera beskrivs följande hur tekniken av en hävarm används i skiftnycklar. Syftet med skiftnycklar är att dra åt eller lossa skruvar, bultar, muttrar m.m., hävarmen är då avståndet från skruvens mitt till den punkt i handen dit kraften kan koncentreras. För att bestämma hur stort vridmoment som läggs på skruven används formeln  $M=L \cdot F$  där  $M$  är vridmoment,  $L$  det vinkelräta avståndet från vrid- till kraftingreppspunkt och  $F$  är pålagd yttre kraft.

Flera krafter kan läggas på hävarmen, det totala vridmomentet blir då summan av alla delvridmoment.



Figur 8. Skiftnyckel som hävarm (Svjo, 2015) CC BY-SA 4.0.

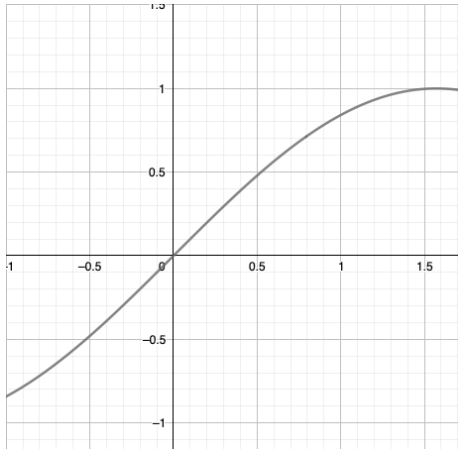
### 3.2.2. Krafter

Gravitationen på jorden innebär att all massa påverkas av en kraft riktad mot jordens centrum, tyngdkraften, som är  $9,81\text{N/kg}$  (Gustavsson & Austrell, 2003). För att en kropp ska förbli i jämvikt måste den, enligt Newtons tredje lag, påverkas av en lika stor men motriktad kraft. För att lyfta kroppen måste alltså lyftkraften överstiga tyngdkraften. Det här är ett exempel på ett konstant motstånd, tyngdkraften på kroppen är konstant lika stor så länge massan är oförändrad.

I vissa tillämpningar kan kraftkurvan dock se annorlunda ut, trots konstant massa och tyngdkraft. Ett exempel är en träningsmaskin bestående av en hävarm med vikt och kontaktpunkt med användaren i ena änden och en rotationspunkt i den andra, se Figur 9. Eftersom tyngdkraften verkar lodrätt ökar alltså det vinkelräta avståndet, det vill säga hävarmen, från tyngdkraftens inverkan till rotationspunktens centrum. Om avståndet från viktens centrum till rotationspunkten är  $l$  blir hävarmen  $l \cdot \sin(\alpha)$  där  $\alpha$  är vinkeln mellan maskinarmen och det lodräta ursprungsläget. När maskinarmen rör sig mellan  $0$  och  $90^\circ$  går  $\sin(\alpha)$  från  $0$  till  $1$  och hävarmen således från  $0$  till  $l$ . Motståndet följer därmed sinuskurvan (se Figur 10) och är alltså som störst i det översta läget.



Figur 9. Träningsmaskin med sinusformad kraftkurva (egen bild)



Figur 10. Sinuskurva mellan 0 och 90° (0 och  $\pi/2$  radianer) (egen bild)

### **Kraftöverföring med linor**

För en lina som löper över en friktionsfri trissa är linkraften lika stor på båda sidor av trissan (Gustavsson & Austrell, 2003).

#### **3.2.3. Frihetsgrader**

Frihetsgrader är en beteckning för de dimensioner som beskriver ett system (Nationalencyklopedin, 2021b). En kropp som rör sig efter en linje har alltså en frihetsgrad, om den rör sig i ett plan har den två frihetsgrader och om den kan röra sig fritt i rummet har den tre frihetsgrader. Vidare kan kroppen rotera i tre olika riktningar, totalt finns det alltså 6 frihetsgrader.

#### **3.2.4. Hållfasthetslära**

Hållfasthetslära kopplar samman mekanik med material och används för att konstruera så att komponenter håller för laster och uppfyller sin funktion (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013). Olika beräkningar kan göras exempelvis för töjning, böjning och vridning av en komponent under en given lastsituation och med ett givet material.

### **3.3. Material och tillverkningstekniker**

Nedan presenteras några tillverkningstekniker för metall och plast.

#### **3.3.1. Extrudering**

Extrudering kallas även för strängpressning och är en vanlig metod för tillverkning av tunnväggiga profiler av stål och aluminium (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013). Stålet eller aluminiumet värms upp och pressas genom en form för att få rätt profil, på så sätt kan profilerna tillverkas i långa längder.

#### **3.3.2. Skärande bearbetning**

Borrning, svarvning och fräsning är exempel på skärande bearbetning (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013). Dessa tekniker skär i till exempel metall för att avlägsna material och skapa komponenter. Vid borrning skapas ett hål med ett roterande verktyg. Vid svarvning roteras arbetsstycket medan material avlägsnas från arbetsstyckets periferi, således skapas cylindriska komponenter där radien kan

variera. Vid fräsning används ett roterande verktyg precis som vid borrar men verktyget förflyttas samtidigt och avlägsnar material i sidled, på så sätt kan komplexa komponenter skapas.

### **3.3.3. Svetsning**

Svetsning är en tillverkningsmetod som används för att sammanfoga metalliska material (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013). Processen går ut på att använda höga temperaturer för att smälta grundmaterial i fogen och eventuellt tillsatsmaterial.

### **3.3.4. Bockning**

Bockning är en teknik för att forma metall (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013). Ett verktyg pressar metallen så att den böjs och får en annan form. Bockning är ett enkelt sätt att skapa vinklade plåtkomponenter.

### **3.3.5. Formsprutning av plast**

Formsprutning är den vanligaste metoden för tillverkning av plastdetaljer (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013). Plastmaterial värms upp och pressas in i en form för att skapa den önskade komponenten. Metoden tillåter en snabb och effektiv tillverkning av stora volymer.

### **3.3.6. Tråddragning**

Tråddragning är en tillverkningsmetod som används för att producera tråd (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013). Metoden är en så kallad kallbearbetningsoperation där valsade tråddämnena dras ut till tunn tråd.

## **3.4. Produktsemantik**

Produktsemantik handlar om produkters kommunikation med brukare (Österlin, 2016). Det vanligaste sättet produkter kommunicerar är genom form, utseende och yta, men beroende på produkt kan kommunikation även förmedlas via ljud, lukt och smak. Anledningen till att produktsemantik är av betydelse är för det första att produkten förmedlar sin funktion till brukaren men för det andra även att den uttrycker identitet och karaktär.

## 4. Metod

Projektet utgick ifrån en process i fem steg presenterad av Johannesson, Persson & Pettersson (2013, s.62) som sedan modifierades något för att bättre passa syftet. De fem stegen var enligt följande:

1. Förstudie
2. Problemanalys
3. Idégenerering
4. Konceptval
5. Utarbeta detaljer

Under dessa aktiviteter valdes olika metoder ur boken Design i fokus av Österlin (2016). Metoderna valdes för att på bästa sätt uppfylla projektets syfte och mål.

### 4.1. Förstudiemetoder

Nedan presenteras förstudiemetoder.

#### 4.1.1. Intervju

En intervju är en frågebaserad datainsamlingsmetod som med fördel används i början av produktutvecklingsprojekt då den är effektiv och samlar in många krav per investerad tid (Ulrich & Eppinger, 1995). Intervjuer kan vara helt strukturerade vilket betyder att alla frågor är förutbestämda och intervjun följer dessa. De kan också vara helt ostrukturerade vilket betyder att inga frågor är förhandsbestämda. Semi-struktur innebär att man på förhand förberett frågor men att man tillåter avvikelser från dessa och på så sätt kan upptäcka nya saker. Intervjuer kan genomföras med en eller flera respondenter även om intervjuer med flera respondenter mer liknar en fokusgrupp vilket är en annan metod med större fokus på diskussion.

#### 4.1.2. Urval av respondenter

Urval innebär att man väljer en mindre grupp av målgruppen som får representera hela målgruppen (Naderifar et al., 2017).

##### **Bekvämlighetsurval**

Urval görs baserat på vilka personer som är tillgängliga för den som genomför studien (Naderifar et al., 2017).

##### **Snöbollsurval**

Snöbollsurval är en typ av bekvämlighetsurval där en respondent tillfrågas att rekommendera fler respondenter till den valda datainsamlingsmetoden, till exempel i en intervju (Naderifar et al., 2017).

##### **Ändamålsenligt urval**

Ändamålsenligt urval är att välja respondenter som man tror kan ge informationsrika svar för att uppnå studiens syfte (Henricson & Billhult, 2013). Ålder och kön kan vara faktorer som påverkar respondenternas svar och måste därför beaktas. Detta är viktigt då olika målgrupper kan ha olika uppfattningar vilket leder till olika krav på produkter.

## **Storlek på urval**

Enligt Henricson & Billhult (2013) är det viktigare att hitta få personer med olika erfarenhet än att hitta många med samma erfarenhet eftersom man vill skapa en så bred beskrivning som möjligt av det man frågar om. Däremot behöver urvalet vara så stort att datainsamlingen når en mättnadspunkt (Naderifar et al. 2017). Man fortsätter alltså med datainsamling tills dess att mer datainsamling inte ger några nya fakta eller i exempelvis intervjuer att svaren allt mer liknar tidigare svar och ingen ny information framkommer.

Enligt Griffin & Hauser (1991) har 80% av användarnas behov identifierats efter tolv genomförda intervjuer. Antalet identifierade krav per genomförd intervju avtar sedan allt eftersom svaren konvergerar. 12-20 respondenter anses därför oftast fullt tillräckligt men det viktigaste är att mättnadspunkten nås vilket skulle kunna ske tidigare såväl som senare.

### **4.1.3. Observation**

En observation innebär att iaktta beteenden eller mönster hos deltagaren under det att deltagaren utför en önskad uppgift. Observationen kan liksom intervjun vara strukturerad eller ostrukturerad. En observation kan genomföras som en direkt observation, vilket betyder att man tittar på något som utspelas (Karlsson, 2004). En annan typ är deltagande observation där observatören deltar i det som studeras. Vidare kan observationer genomföras dolt eller öppet för dem som observeras. Observationens styrka ligger i att det som observeras kan ske spontant utan att påverkas av observatören, på så sätt fås en verklighetstrogen bild av situationen.

### **4.1.4. KJ-analys**

En KJ-analys är en metod för att strukturera stora mängder data och således skapa en helhetsbild (Awasthi & Chauhan, 2012). Det kan genomföras exempelvis genom att skriva upp relevanta citat på post-it-lappar för att sedan sätta upp lapparna gruppvis, förslagsvis på en vägg. KJ-analysens struktur underlättar förståelse och kommunicerar resultatet på ett hanterbart sätt.

## **4.2. Problemanalysmetoder**

Nedan presenteras problemanalysmetoder.

### **4.2.1. Funktionsanalys – Verb + Substantiv**

En funktionsanalys kan upprättas i en tabell där varje önskad funktion beskrivs med hjälp av ett verb och ett substantiv, till exempel "erbjuda förvaring". Varje funktion delas in i huvudfunktion (HF), delfunktion (DF), stödfunktion (SF) och underfunktion (UF). Huvudfunktionen representerar produktens huvudsyfte där delfunktionerna fungerar som pelare för att möjliggöra huvudfunktionen. Vidare fungerar underfunktionerna som pelare för delfunktionerna. Stödfunktionerna har däremot inget med huvudfunktionens prestation att göra utan bidrar endast med mervärde till produkten. En funktionsanalys utförs för att separera funktion från lösning och därmed underlätta vid idégenerering.

#### **4.2.2. Kravspecifikation**

Kravspecifikation är en lista där alla krav skall specificeras (Österlin, 2016). Detta för att senare kunna utvärdera om ett koncept eller idé uppfyller dessa krav. Kraven bör gå att kvantifiera exempelvis som antal eller vikt. Kraven bör också ges någon form av prioritering som fungerar som viktfaktor vid utvärdering av kraven

#### **4.2.3. Boards – Inspirationboard**

En inspirationboard är en sorts kollage som fungerar som ett formalfabet (Österlin, 2016). Syftet är att fungera som hjälpmedel vid produktutveckling för att möjliggöra att den produkt som utvecklas passar in i önskat formspråk.

#### **4.2.4. Användningsscenario**

Ett scenario används vid produktutveckling för att beskriva en användningssituation (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013). Scenariot är en fiktiv berättelse som berättar hur en vanlig dag ser ut för användaren. Scenariot kan skrivas som en utopi (bästa möjliga situation), som en dystopi (sämsta möjliga situation) eller som något där emellan där vissa saker fungerar bra medan andra fungerar sämre. Ett scenario skapar ett sammanhang och en förståelse för användningssituationen. Scenarioteknik kan användas både under förstudie- och problemanalysfaserna men också för att sätta en idé eller ett utvecklat koncept i ett sammanhang.

### **4.3. Idégenereringsmetoder**

Nedan presenteras idégenereringsmetoder.

#### **4.3.1. Brainstorming**

Brainstorming är en metod där deltagarna sitter i grupp och diskuterar fram och utvecklar varandras idéer (Österlin, 2016). Viktigt vid utförandet är att det är avslappnad och positiv stämning för att möjliggöra att alla kommer till tals samt vågar uttrycka alla sorters idéer.

#### **4.3.2. Brainwriting**

Brainwriting är en typ av idégenereringsmetod där deltagarna antecknar sina idéer individuellt under en begränsad tid, för att sedan presentera resultatet för varandra (Österlin, 2016). Fördelen med den här metoden är att gruppens medlemmar kan konstruera vilt skilda idéer utan att påverkas av varandra och således uppnå en större variation på idéerna.

#### **4.3.3. Osborns idésporrar**

Osborns idésporrar är en metod med hjälporden: förstora, förminska, kombinera, andra användningar, ersätta, bearbeta, omplacera, modifiera och göra tvärt om, som syftar till att ge nya perspektiv på problem för att finna kreativa lösningar (Österlin, 2016). Metoden kan användas på egen hand eller fungera som hjälpmedel vid till exempel brainstorming.

#### **4.3.4. Frågeord**

Metoden frågeord går ut på att ställa öppna frågor så som hur, vad och varför till syftet att upptäcka förutfattade meningar om problem som hindrar idégenereringen (Österlin, 2016).

#### **4.3.5. Matriskombination**

Matriskombinationen innebär att man med en tabell ställer upp funktioner på den ena axeln och lösningar till varje funktion på den andra (Österlin, 2016). Sedan kombineras olika lösningar till olika funktioner. Matrisen skapar ett stort antal lösningar och på så sätt erhålls oväntade lösningar som man kanske annars hade missat.

#### **4.3.6. Funktionsdelar**

Funktionsdelar är de delar som specificerats i kravspecifikationen, till exempel givna mått eller geometrier som krävs för att produkten ska fungera (Österlin, 2016). Ett sätt att idégenerera är att utgå ifrån dessa funktionsdelar och sedan försöka sammanfoga dem på olika sätt.

#### **4.3.7. Skissmodell**

Skissmodeller används för att skissa i 3D och genom att se och känna på modellen få nya infallsvinklar och idéer (Österlin, 2016). Skissmodeller är inte ett sätt att presentera redan kända idéer utan ett sätt att idégenerera.

#### **4.3.8. Mock-ups**

Mock-ups används för att testa funktion på ett enkelt sätt, till exempel kan en produkts storlek visualiseras genom att tejpa dess tänkta form på golvet eller väggen (Österlin, 2016). En mock-up kan också till exempel vara en fullskalig trämodell av idén.

#### **4.3.9. Funktionsmodell och utseendemodell**

Eftersom det kan vara svårt att bygga en fullskalig modell som innefattar både funktion och utseende kan mock-upen delas upp i en funktionsmodell och en utseendemodell (Österlin, 2016).

### **4.4. Konceptvalsmetoder**

Nedan presenteras konceptvalsmetoder.

#### **4.4.1. Positivt negativt intressant – PNI**

PNI innebär att det som skall utvärderas listas i en tabell och för varje alternativ antecknas vad som är positivt, negativt och intressant. Syftet med metoden är att skapa en enkel överblick över de listade alternativen som ska kunna ge grund för en utvärdering.

#### **4.4.2. Elimineringssmatris**

En elimineringssmatris ställs upp för att sälla bort de idéer som inte uppfyller kraven i kravspecifikationen. Idéerna listas och jämförs med kravspecifikationen, de idéer som löser kraven går vidare till nästa steg i konceptvalet.

#### **4.4.3. Matrisutvärdering (PUGH-matris)**

En Pugh matris är en relativ beslutsmatris där olika idéer fungerar som referens och idéerna jämförs med varandra utifrån kraven i kravspecifikationen. Olika viktning ges till kravspecifikationens krav där de krav som anses vara mer värda får en högre viktning än de som anses vara mindre viktiga. På så sätt ges en fördel till de idéer som löser de viktigaste kraven bäst vilket i förlängningen är viktigast för den tilltänkta användaren. Matrisen utförs alltså i omgångar där var och en av idéerna sätts som referens och där övriga idéer jämförs mot referensen som bättre "+", sämre "-" eller lika "o" utifrån kravspecifikationen. När alla idéer har varsin matris där de satts som referens sammanställs poängen. Resultatet av en matrisutvärdering syftar till att ge underlag för urval. Därför följs ofta matrisutvärderingar av sällning, där mindre lämpade idéer elimineras.

### **4.5. Ergonomiutvärderingsmetoder**

Nedan presenteras en ergonomiutvärderingsmetod.

#### **4.5.1. REBA (Rapid Entire Body Assessment)**

REBA är en metod för att snabbt identifiera och utvärdera skadliga kroppspositioner (Berlin & Adams, 2017). REBA-metoden utvecklades för arbete inom sjukvården och utvärderar hela kroppens position i ett givet ögonblick. Den specifika positionen upptäcks oftast genom observation eller i samtal med arbetaren. Bilddokumentation av den givna situationen rekommenderas för att underlätta analysen. REBA-analysen utgår sedan ifrån en mall där positionen för olika kroppsdelar bedöms och poängsätts. Vidare ges poäng för om arbetaren lyfter något tungt eller utför någon särskilt kritisk rörelse. Slutligen förs poängen in i tabeller och en slutgiltig poäng erhålls. Slutpoängen kan sedan jämföras med en skala från 1 till 11+ där 1 betyder obetydlig risk och 11+ betyder väldigt hög risk, inför förändring.

## 5. Resultat

I det här kapitlet presenteras projektets förstudie där potentiella utvecklingsområden utforskas. Därefter presenteras en produktanalys bestående av användarens krav samt en funktionsanalys och en kravspecifikation. Därefter följer konceptualisering och konceptutvärdering i flera iterativa faser för att slutligen leda till en presentation av ett slutkoncept. Kapitlet avslutas med en hållbarhetsanalys innehållandes en ekologisk hållbarhetsanalys och en etisk diskussion.

### 5.1. Förstudie

Under förstudien undersöktes potentiella utvecklingsområden för en produkt inom hemmagym och crossfitboxar. Följande underrubriker redovisar den genomförda arbetsgången i kronologisk ordning. Arbetsgången var sådan att observationer och intervjuer genomfördes för att undersöka vilka behov och krav som användarna hade. Sedan sorterades dessa behov och krav i en kj-analys och översattes därefter till funktioner. Slutligen utvärderades de framkomna funktionerna i en positivt-negativt-intressant tabell (PNI) och en funktion valdes ut för fortsatt utveckling.

#### 5.1.1. Observation 1

Det första utförandet av observationer var naturliga och deltagande. De syftade till att fungera som screenings för vilka träningsmaskiner som fanns på de besökta gymmen och hur dessa fungerade. Observationen gick till så att observatören genomförde ett träningspass tillsammans med en deltagare som också planerat träningspasset och efteråt bilddokumenterades samtliga redskap och maskiner som fanns på den besökta träningsanläggningen. Det träningspass som genomfördes under observationen var ett styrketräningspass för benen. De övningar som genomfördes var följande:

1. Knäböj med skivstång
2. Raka marklyft med skivstång
3. Utfallssteg med kettlebells
4. Benpress i maskin
5. Benspark i maskin
6. Bencurl i maskin

Ett urval av de bilder som togs under bilddokumentationen presenteras nedan i Figur 11.



Figur 11. Kollage från bildokumentation (egen bild)

Observation 1 bidrog med allmänbildande kunskap om hur olika maskiner löste av- och pålastning av vikt, vinkelinställningar och längdjusteringar. Utöver tekniska insikter kunde information gällande hur olika användare interagerade med olika maskiner uppfattas. Kunskapen som inhämtades under observation 1 utgjorde sedan en grund som intervjufrågor kunde formuleras utifrån.

### 5.1.2. Intervjuer

Intervjuer genomfördes med tio personer varav fyra kvinnor och sex män. De intervjuade var mellan 22 och 33 år gamla och medianåldern var 26 år. Intervjuernas längd varierade mellan 21 och 53 minuter. Målet med intervjuerna var att urskilja önskemål och problemområden som matchade den karaktär beskriven under rubriken syfte. Vidare bidrog intervjuerna med en bild av vad som skapade värde för användaren. Intervjuerna var av ett semistrukturerat upplägg. Ett ändamålsenligt urval med hjälp av bekvämlighetsurval och snöbollsurval tillämpades. Det som beaktades för att uppnå ett ändamålsenligt urval var en jämn könsfördelning samt respondenternas idrottsliga och professionella bakgrunder. För att kunna analysera vilka krav och behov som framkommit transkriberades samtliga intervjuer. Nedan, i Tabell 1, presenteras respondenternas idrottsliga och professionella bakgrunder.

Initialt planerades intervjuer med fem män och fem kvinnor. En intervju fick dock ställas in vilket gjorde att könsfördelningen inte blev helt jämn.

Tabell 1. Respondenternas bakgrunder

Respondent	Kön	Ålder	Träningsidentitet	Bakgrund
1	Kvinna	25	Tyngdlyfting	Programmerar träningsapplikation och hemmagymsinnehavare
2	Man	27	Tyngdlyfting	Fysioterapeut
3	Man	23	Tyngdlyfting	Fysioterapeutstudent
4	Man	25	Kyokushin karate	Tränare och hemmagymsinnehavare
5	Man	28	Crossfit	Tränare och hemmagymsinnehavare
6	Man	32	Innebandyspelare	Hemmagymsinnehavare
7	Kvinna	33	Löpning och Klättring	
8	Kvinna	22	Gym	Arbetar på gymkedja
9	Kvinna	29	Styrkelyft	Erfarenhet av hemmagym
10	Man	31	Styrkelyft	Styrkelyfts- och tyngdlyftningstränare som tävlar på landslagsnivå samt hemmagymsinnehavare

### 5.1.3. KJ-analys

För att analysera och sortera resultatet från intervjuerna genomfördes en KJ-analys, se Figur 12, Figur 13 och Figur 14. Ur de transkriberade intervjuerna hämtades alla de citat som ansågs belysa ett relevant behov eller krav. Citaten kopierades till digitala post-it lappar och placerades på en gemensam arbetsyta och sorterades sedan i grupper. De citat som liknade varandra placerades i samma grupp. Sorteringen och rubriksättningen vid analysen utfördes allt efter som citaten lästes igenom, det fanns alltså inga rubriker när sorteringen började utan dessa formulerades efterhand, detta för att få en så rättvisande indelning av citaten som möjligt. De flesta post-it lapparna var gula vilket kan sägas vara en neutral färg. Några gavs dock en röd färg för att belysa negativa aspekter för den givna rubriken. Slutligen markerades några post-it lappar med grön färg för att belysa positiva eller intressanta aspekter för den givna rubriken.





Figur 14. KJ-analys del tre (egen bild)

KJ-analysen resulterade i sex rubriker som handlade om vilken utrustning som var önskad av respondenterna. För att förenkla utvärdering och kunna välja ett område för fortsatt utveckling översattes rubrikerna i KJ-analysen till dess motsvarande funktion. Således skapades en förtydligande bild av vilka funktioner som efterfrågades istället för en presentation av efterfrågan av existerande produkter. De resulterande funktionsrubrikerna presenteras nedan i fetstilt med dess existerande lösning inom parentes. Sedan diskuteras de insikter och den kunskap som intervjuerna bidrog med i de olika funktionsområdena.

**Knäflexion och knäextension (bencurl och benspark)**

Knäflexion och extension diskuterades i följande tre övningar: benspark, bencurl och nordic hamstring. Flertalet respondenter påtalade behovet av dessa typer av maskiner och redskap, det fanns alltså en stor efterfrågan. Vidare framgick att merparten av respondenterna använde den sortens maskiner och redskap primärt i rehab och prehabsyfte. Behovet av en produkt som möjliggör dessa övningar berodde på att rörelserna ansågs svåra att replikera på andra sätt, till exempel med fria vikter.

*“Bensparken är väl egentligen en av de få saker som är knepigt att få till med fria vikter för det blir en sån konstig rörelsebana.”*

- Tyngdlyftare och fysioterapeut

Några respondenter nämnde nordic hamstring som en alternativ övning för bencurl, dock ansågs det att denna övning var svår och främst obekvämt att utföra, särskilt i hemmagym. Sammanfattningsvis fanns det ett behov av dessa typer av övningar i crossfitboxar men främst i rehab och prehabsyfte. Även i hemmagym fanns ett behov men då budgeten spelade större roll där prioriterade respondenterna oftast andra maskiner och redskap över bensparken/bencurlen.

### **Knäböj (beltsquat och benpress)**

Knäböj är en övning som innebär att man med en skivstång vilandes på axlarna böjer på knäna så att skivstången sänks mot marken. I det här stycket inkluderas dock även maskiner som motsvarar denna rörelse då flera varianter av detta framkom i intervjuerna. Flera av respondenterna nämnde benpress och belt squat som övningar med liknande funktion som knäböj men med skillnaden att benpress eliminerar balansfaktorn och belt squat avlastar ryggen och på så sätt kan underlätta vid skada.

*”Nu när jag haft ont i knäna eller om jag hade haft ont i ryggen så hade jag velat ha en benpress”*

- Crossfitutövare och crossfittränare

### **Höftextension (reversed hyperextension och GHD)**

De maskiner och redskap som nämndes för extension av höften var GHD och reversed hyper. Dessa produkter nämndes av några av respondenterna men totalt sett visade sig behovet vara litet. Kommentarererna kring GHD:n var spridda. En av respondenterna var positivt inställd medan en annan inte alls uppskattade maskinens utformning. GHD framstod som en etablerad och accepterad produkt inom Crossfit vilket gjorde det ointressant att ändra något i produktens delar som påverkar övningarna som den erbjuder, däremot framkom det att dessa produkter ofta är skrymmande och det ansågs att funktionen inte motsvarade den plats de upptog.

*“Känns som de tar väldigt mycket plats för vad man får ut av dem.”*

*“Ja, det skulle vara någon form av en GHD, men det är bara det att de är så jävla stora och bökiga.”*

- Tyngdlyftare och programmerare för träningsapplikation samt hemmagymsinnehavare

Det kan alltså finnas ett behov av en GHD som erbjuder samma träningsmässiga möjligheter som idag men som tar mindre plats och är enklare att flytta på.

Åsikterna gick isär angående reversed hyperextension. En respondent var positiv medan en annan inte alls gillade maskinen. Personliga preferenser var en faktor men överlag var intresset och därmed behovet av en reversed hyperextension litet.

*“Det hade varit coolt att ha en reversed hyper”*

- Crossfitutövare och crossfittränare

*“Jag gillar den inte bara. De har en sådan på Gymmet Sverige som är bättre, men just den här fungerar inte riktigt. Jag tror det är det att den är liksom lös vid där den rör sig så den är ostadig när man lyfter benen.”*

- Styrkelyftare

Sammanfattningsvis kan det finnas potential i utvecklingen av produkter som erbjuder höftextension både för crossfitboxar och hemmagym, speciellt med dess

storlek som utgångspunkt. Dock är de båda relativt nya maskiner som saknar koppling till traditionella gym vilket frångår projektets syfte.

### **Drag vertikalt och horisontellt (lat tower rodd)**

De övningar som oftast diskuterades inom funktionen drag var olika former av latsdrag och rodd. De maskiner som erbjuder dessa övningar brukar benämnas lat tower/low row-maskin. Dessa maskiner nämndes av många av respondenterna och behovet ansågs stort. Att utföra denna rörelse utan hjälp av en maskin ansågs ofta som något av det svåraste att åstadkomma, särskilt i hemmagym.

*“Det som är svårt hemma med kroppsvikt är dragövningar.”*

- Tyngdlyftare och fysioterapeut

Några av respondenterna påtalade behovet av en lat tower/low row-maskin även i crossfitboxar, trots att de flesta i första hand föredrog kroppsviktsövningen chins. Det visade sig att dessa typer av maskiner var ovanliga i den miljön men att det fanns ett syfte för en sådan lösning även i den här miljön.

*“Men det finns ingen latsdragsmaskin och det kan vara nice om man är trött och inte orkar köra chins. Så kan man köra det, lite mer pumpträning.”*

- Tyngdlyftare och fysioterapeutsstudent

Sammanfattningsvis fanns ett stort intresse av en lösning för drag vertikalt och horisontellt i hemmagym och ett visst intresse även i crossfitboxar.

### **Press eller drag i tre dimensioner (kabelmaskin och TRX)**

För att åstadkomma funktionen press eller drag i tre dimensioner nämndes främst två maskiner och redskap, kabelmaskiner och TRX-band. Förenklat beskrivet är TRX-band en kroppsviktsvariant av kabelmaskinen. Av de två var intresset störst för kabelmaskinen då majoriteten av respondenterna pratade om denna medan TRX-band endast togs upp av en respondent. Fördelen med kabelmaskinen visade sig vara den stora variation av övningar som den erbjöd.

*“Det är ett väldigt bra sätt att kunna belasta i olika rörelseplan och att kunna variera höjden. Om man kollar på en cable cross så kan man ställa in höjden för olika belastning. Dra, putta många olika rörelser.”*

- Kyokushin karatetränare, fysioterapeut samt hemmagymsinnehavare

Vidare uppgav både de som tränade för en sport och de som tränade för allmänhälsa att de använde maskinen. Sportutövarna berättade däremot att de i första hand använde kabelmaskinen för rehab och prehabövningar. Intresset för maskinen var främst i hemmagym då maskinen erbjöd många träningsmöjligheter i en annars begränsad miljö, men det fanns även ett visst intresse för kabelmaskiner i crossfitboxar.

*”Det är klart det hade varit ganska nice med en cable cross även om det är något jag använder ganska lite i min träning.”*

- Crossfitutövare och crossfittränare

Sammanfattningsvis var intresset av funktionen press eller drag i tre dimensioner varierande. Funktionen ansågs ofta bra men kabelmaskinen var sällan högt prioriterad i hemmagym och crossfitboxar. Detta kan bero på att kabelmaskinen i dagsläget är en skrymmande maskin som inte är förknippad med hemmagym och crossfitboxar. Det finns således potential i utvecklingen av en modulär variant.

### **Press eller drag i en kurva (leverarms)**

Press eller drag i en kurva var en rörelse som diskuterades i samband med maskiner med fasta rörelsebanor där maskinen begränsar antalet frihetsgrader så att rörelsen bara kan ske i två riktningar, exempelvis framåt och bakåt. Bland de respondenter som tränade för en sport var de bara en som nämnde press eller drag i en kurva som något denne prioriterade i sin träning. Bland de som tränade för allmänhälsa visade sig användningen vara större. Svårigheten att utföra denna typ av rörelse i hemmagym framkom då rörelsen ansågs svår att replikera utan tillgång till maskiner. Maskiner var därför ofta något som respondenterna saknade i hemmagymsmiljön.

*”Men typ maskiner, någon maskin.”*

- Styrkelyftare

Den sportutövare som pratade om fasta rörelsebanor nämnde lever arms som en intressant produkt och ansåg att lösningen erbjöd många möjligheter.

*”Dels att du kan stå och skjuta fram dem plyometriskt eller sänka ner dem och göra som marklyft. Sen att man kan använda bara en av dem och isolera ena sidan i till exempel en boxningsrörelse.”*

- Kyokushin karatetränare och fysioterapeut

Behovet av den här typen av lösningar i crossfitboxar var svår att avgöra med den låga svarsfrekvensen inom området men det kan finnas ett behov i rehab och prehabsyfte. Vad det gäller lever arms är de redan en modulär variant av klassiska maskiner. Däremot är lever arms en relativt ny produkt vilket gör att det finns stor potential för vidare utveckling.

### **5.1.4. Positivt, negativt, intressant: PNI**

En PNI-matris användes för att utvärdera insikterna som genererats i intervjuerna. De olika rörelserna som diskuterats listades i en tabell och för var och en antecknades sedan positiva, negativa och intressanta aspekter samt en utvärdering. De funktionsområden som ansågs rimliga att gå vidare med markerades med grönt, resterande med rött. Utvärderingarna skrevs utifrån hur väl funktionerna bedömdes uppfylla de behov som framkommit under intervjuerna. PNI-matrisen presenteras i Tabell 2.

Tabell 2. PNI-matris över förslag från intervjuer

	Positivt	Negativt	Intressant	Utvärdering
Press eller drag i tre dimensioner	Möjlighet till många övningar, finns stort behov	Eventuellt svårt med bredd i ett rack, komplicerad svår att plocka undan	Spännande utmaning, hög efterfrågan. Går det att använda "rack-stolpen" som glidskena?	Stark kandidat, kombinera kabel med lat tower, väldigt lika
Drag vertikalt och horisontellt	Möjlighet till en del övningar, finns stort behov	Eventuellt svårt att plocka undan	Hög efterfrågan. Går det att använda "rack-stolpen" som glidskena?	
Knäflexion och knäextension	Enkel, finns stort behov	Utmanande att få till önskat motstånd	Intressant i rehabsyfte. Många pratar om att det är svårt att träna baksida lår hemma utan bencurl	Kandidat. Intressant många som pratar om den och att det är svårt att få till övningarna hemma. låg prioritet hos de vi pratat med, inte det första man skulle köpa till hemmagymmet brukaren är lite vag
Press eller drag i en kurva	Lätta att förstå, erbjuder många övningar	Svårt att få till jämnt motstånd, finns redan på marknaden	Kombinera med beltsquat?	Stark kandidat, men speciellt om det går att kombinera med andra
Knäböj	Avlastar ryggen, finns efterfrågan	Finns redan varianter på marknaden, kommer sent i prioriteringslistan	Utföras med leverarms?	Ingen av de tio som intervjuats. har testat beltsquat. Två uppger sig vara intresserade
Höft-extension	Avlastar ryggen (reversed hyper), erbjuder många träningsmöjligheter.	Finns redan varianter på marknaden	Utveckla en kompaktare variant	Passar inte projektinriktningen

### 5.1.5. Val av utvecklingsområde

Efter PNI-matrisens utvärdering kvarstod fyra potentiella alternativ för fortsatt utveckling. De kvarstående alternativen var:

- Press eller drag i tre dimensioner
- Press eller drag i en kurva
- Drag vertikalt och horisontellt
- Knäflexion och knäextension

Samtliga fyra funktioner bedömdes uppfylla behov i miljön av hemmagym och crossfitboxar. Således ansågs alla funktioner ha potential att ge upphov till uppskattade produkter. Dock betraktades vissa alternativ vara mer aktuella än andra. Det alternativ som slutligen valdes som projektnriktning var drag vertikalt och horisontellt. Detta var funktionen som framstod ha högst potential, baserat på följande tre faktorer:

1. Samtliga respondenter talade om funktionen och uppgav att de använde den mer eller mindre regelbundet.
2. Det visade sig att det fanns behov av funktionen i crossfitboxar och stora behov i hemmagym.
3. Funktionen i drag vertikalt och horisontellt var nära besläktat med både press eller drag i tre dimensioner och press eller drag i en kurva men aktiverar större muskelgrupper, vilket prioriteras högre i hemmagym och crossfitboxar.

## 5.2. Produktanalys

Nedan presenteras en analys av de krav och önskemål som framkom under intervjuerna samt vad som är viktigt för att användaren ska uppskatta en gymprodukt. Detta sammanfattas sedan med en funktionsanalys, en kravspecifikation och en formanalys.

### 5.2.1. Vad var viktigt för användaren? Resultat från intervjuer.

Under intervjuerna framkom många önskemål och krav som brukare av träningsutrustning ställer på denna, både generella krav och specifika krav för en viss maskin framkom. Tidigare presenterat material från intervjuer behandlade brukarnas tankar om vilka maskiner som var viktiga för dem. I det här stycket presenteras en sammanställning av brukarnas krav och önskemål för maskinen eller utrustningen i sig.

#### Flexibilitet

För många av brukarna var flexibilitet en viktig faktor. Nedan följer några citat ur intervjuerna som exempel på detta:

*”Något som är väldigt agilt”*

*”Oftast blir det att man återvänder till det enkla och använder det vi har som är smidigt att plocka fram”*

*”Och sen så vill man ju köra olika för att variera sig lite grann”*

Den flexibilitet som togs upp och diskuterades var alltså; att kunna träna varierat och mångsidigt för att på så sätt uppnå bättre resultat. Det viktigaste var då att utrustningen var smidig att plocka fram och plocka undan. Men även att en maskin var smidig att justera exempelvis till rätt vinkel och motstånd.

### **Förtroende**

Det var viktigt för brukaren att hen kände att utrustningen eller maskinen gick att lita på. Nedan följer några citat ur intervjuerna som exempel på detta:

*”Jag var lite nojig i början över att den skulle släppa, men det gjorde den inte”*

*”Känns som de ska lossna”*

*”Jag tycker de är bättre än de lösa (racksen) för de lösa känns inte så stabila”*

*”Jag föredrar när de sitter hårt som fan och inte rör på sig när jag kastar en boll på dem”*

Ett vanligt problem med utrustning angavs vara att den upplevdes svajig eller instabil. När det handlade om modulär utrustning var vikten av förtroendet för denna särskilt stor. Flera brukare angav att de funderat på om den modulära utrustningen verkligen skulle sitta kvar när de använde den i sin träning.

### **Förståelse**

Förståelse var en av de viktigaste faktorerna som kom upp under intervjuerna. Nedan följer några citat ur intervjuerna som exempel på detta:

*”Ja men det jag gillar är nog att jag kan dem. Har jag lärt mig en maskin så gillar jag nog den”*

*”Det jag gillar med de maskinerna och övningarna jag kör är när dom är enkla”*

*”Så folk vet inte riktigt var eller hur de ska stå, var man justerar vikterna och hur den fungerar. Så där blir det liksom att maskinerna blir för komplicerade för att förstå sig på”*

Flera brukare pratade om utrustning som var svår att förstå. Dels handlade det om hur maskinen skulle användas, exempelvis hur brukaren skulle stå eller sitta. Dels om vilka muskler maskinen tränade. Vidare beskrevs benägenheten att testa nya övningar och maskiner som mycket beroende av hur väl användaren förstod den nya övningen eller maskinen och därmed dess syfte.

### **Fascination**

Begreppet fascination används här för att beskriva brukarens tankar när det kommer till maskinens utseende och komfort. Nedan följer några citat ur intervjuerna som exempel på detta:

*”De är så fula, det estetiska är faktiskt viktigt när jag tänker på det”*

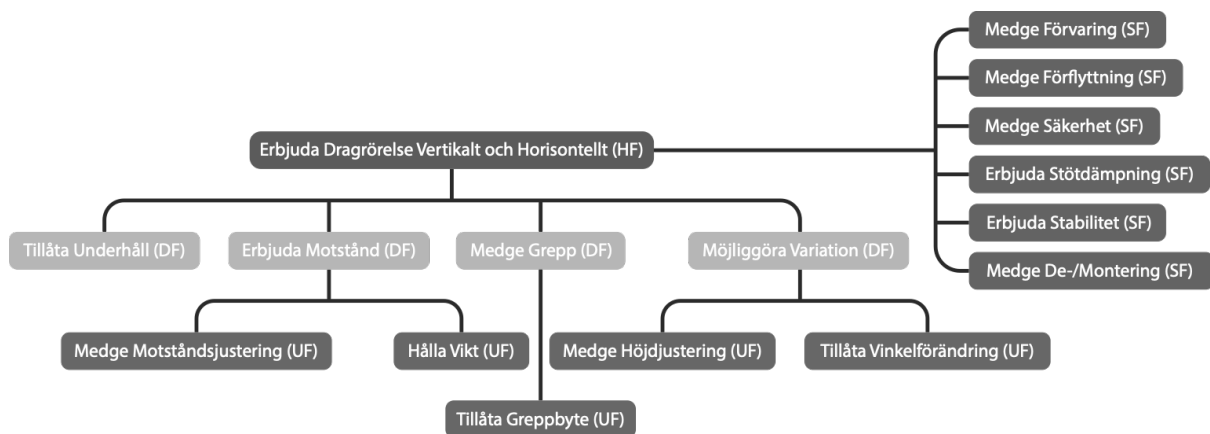
*”Körde booty maskin den tog som fan och var mycket bekvämare än en skivstång”*

*”De ser vedervärdiga ut”*

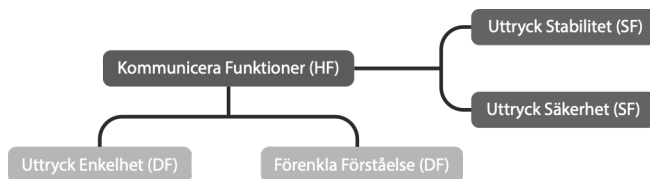
Det visade sig att det var viktigt för brukaren hur maskinen såg ut vid frågan om de skulle använda den. Brukare angav att om en maskin såg ful ut så skulle de inte använda den. Mer specifikt vad som gjorde en maskin ful framgick inte, dock hängde det ofta samman med om den såg komplicerad ut. Det visade sig också att det i vissa fall var viktigt att maskinen var bekväm att använda.

### 5.2.2. Funktionsanalys

En funktionsanalys genomfördes för att analysera vilka funktioner som var relevanta för träning med dragrörelser. Funktionerna sorterades efter huvudfunktion (HF), delfunktioner (DF) med tillhörande underfunktioner (UF) samt stödfunktioner (SF). Vidare identifierades några semantiska funktioner som uppkommit under intervjuer, dessa sorterades i en separat lista. Nedan presenteras funktionsanalysen i form av ett funktionsträd, se Figur 15. De semantiska funktionerna presenteras i ett liknande träd i Figur 16.



Figur 15. Funktionsträd (egen bild)



Figur 16. Semantiska funktioner (egen bild)

### 5.2.3. Kravspecifikation

En kravspecifikation togs fram för att strukturera och tydliggöra alla krav som skulle uppfyllas vid en konceptutveckling. I Tabell 3 och Tabell 4 visas del ett respektive två av kravspecifikationen. Kravspecifikationens struktur inspirerades av de som Eleiko använde sig av i sin produktutveckling. Det som var speciellt var de tre kolumnerna *Krav*, *Önskat* och *Utopi*. Genom att göra på det sättet kunde antalet rader minskas vilket bidrog till en bättre översikt av tabellen. Vidare syftade kolumnen *Krav* till att sätta den lägre gränsen över vad som behövde uppnås. Om inte gränsen för *Krav*

överskreds uppnåddes heller inte kriteriet. Kolumnen *Önskat* var till för att ge en anvisning om en godkänd nivå där kriteriet inte bara precis uppnåddes utan gjorde det väl. Sist av kriterierna kom kolumnen *Utopi* som representerade ett idylliskt scenario för kriteriet där det bästa som man kan tänka sig presenteras. Syftet med sista kolumnen var således att fungera som en sporre för designern och motivera till att lösa kriterierna på bästa tänkbara sätt. Den sista kolumnen, *Viktning*, var till för att presentera de olika kriteriernas värde och signifikans för produkten. *Viktning* sattes för att kunna användas i exempelvis en pugh-matris, där fungerade *Viktning* som en faktor för att lyfta fram det koncept som bäst uppfyllde kriterierna.

Tabell 3. Kravspecifikation del 1

	Dokumenttyp	Kravspecifikation					
	Projekt	Rack-/riggtillbehör Eleiko					
		Skapad: 2021-03-02					
		Modifierad: 2021-03-22					
Kriterier			Anmärkning	Krav	Önskat	Utopi	Viktning
Funktion(er)							
Aktivitet				Drag vertikalt/horisontellt	Drag och tryck i tre dimensioner eller drag och tryck i en kurva	Drag och tryck i tre dimensioner och i en kurva	
<b>1 Prestanda</b>							
1,1	Motståndintervall			100-1000N	50-1500N	50-2000N	5
1,2	Motståndsteg			50N	25N	10N	4
1,3	Kvantifierbart motstånd			Indikation om vikt/motstånd	Mätbart i kg	Digital coach	3
1,4	Höjdinställning		h - höjd över golv	h1: 20cm h2: 200cm	20-200cm, 30cm steg	20-200cm, fritt	4
1,5	Breddinställning		b - från stolpe	Fast läge	0-20cm	0-100cm	2
1,6	Kopplingspunkt för grepp			Utbytbar grepp	Utbytbar grepp utan verktyg	Utbytbar grepp med en hand	5
1,7	Kvalitetskänsla		Subjektiv bedömning av stabilitet.	Acceptabelt	Så bra att man inte tänker på det	Så bra att man tänker att det är bra	4
1,8a	Vinkel ut ur maskin	0° är horisontellt	Latitudinellt	0° vid h1. -90° vid h2	±90°	±120°	4
1,8b			Longitudinellt	±20°	±45°	±90°	3
1,9	Draglängd			1m	1,5m	2m	4
1.10	Stabilitet i motstånd		Subjektiv bedömning.	Motstånd upplevs jämnt			5
<b>2 Miljö</b>							
2,1	Återvinningsbara material	Materialåtervinning		90%	100%		3
2,2	Separerbara material (vid återvinning)			90%	100%		4
<b>3 Livslängd</b>							
3,1	Livslängd ram			10 år	>10 år	oändligt	3
3,2	Livslängd rörliga delar			3år	>3 år	oändligt	3
3,3	Livslängd slitagedelar			1år	>1 år	oändligt	3
<b>4 Underhåll/Montering</b>							
4,1	Monterbarhet		Montering av komponenter vid installation	Monterbar med specialverktyg	Monterbar med standardverktyg	Monterbar utan verktyg	2
4,2	Demonterbarhet		Demontage av komponenter vid underhåll	Demonterbar med specialverktyg	Demonterbar med standardverktyg	Demonterbar utan verktyg	2

Tabell 4. Kravspecifikation del 2

5 Modularitet							
	Monterbar/demonterbar 5,1 (vid bruk)		Antal moment som krävs vid montering/demontering	<6	<3	1	5
	5,2 Justera vikt		Antal moment som krävs vid justering	<4	<3	1	5
	5,3 Justera aktivitet		Antal moment som krävs vid justering	<4	<3	1	5
	5,4 Antal delar			<6	<4	<2	4
	5,5 Förvaring			Förvaras utan att förhindra andra aktiviteter		Förflyttas och förvaras i ett stycke	4
6 Storlek							
	6,1 Dimensioner			Passa eleiko xf80 stolpe. 80x80mm infästning			3
7 Massa							
	7,1 Max total massa		Massa som behöver bäras Beräkning mha CAD	<25kg	<20kg	<1kg	3
	7,2 Max massa per komponent, hög höjd (över huvudet)		Massa som behöver bäras Beräkning mha CAD	<7kg	<4kg	<1kg	5
	7,3 Max massa per komponent, låg/medel höjd (knä/midja)		Massa som behöver bäras Beräkning mha CAD	<10kg	<5kg	<1kg	3
8 Standarder och lagkrav							
	8,1 ISO		Utvärdering sker i samråd med Eleiko eftersom de har tillgång till standarden				3
9 Ergonomi							
	9,1 Ljudnivå	AFS2005:16	Mätning av krav. Subjektiv bedömning för önskemål.	<85 dB		Inte högre än omgivande	3
			Mätning av krav. Subjektiv bedömning för önskemål.	<135 dB Peak		Inte högre än omgivande	3
10 Säkerhet							
	10,1 Klämrisk		Subjektiv bedömning				3
	10,2 Stötdämpning		Subjektiv bedömning	Skydda utrustningen och underlaget			2

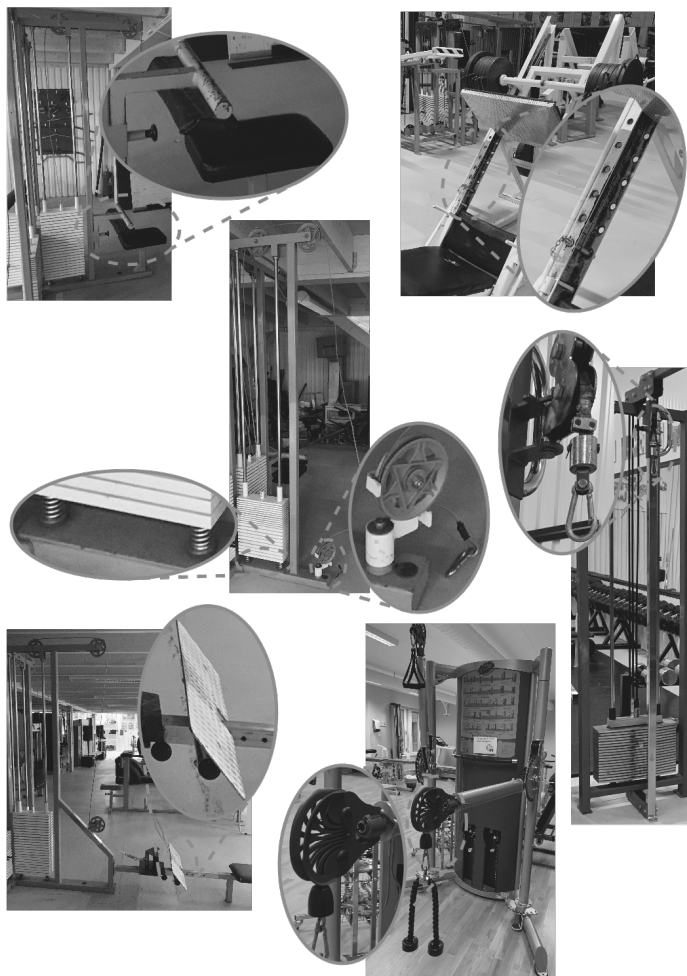
### 5.2.4. Formanalys och inspirationboard

Produkten som utvecklades skulle passa in i Eleikos produktsortiment XF 80. För ändamålet skapades en formanalys som presenteras i Figur 17. Analysens syfte var att presentera de övergripande karaktäristiska dragen inom det avsedda produktsortimentet. Således kunde analysen användas som en estetisk mall vid formgivning av den nya produkten.



Figur 17. Formanalys av Eleiko XF 80 (Eleiko AB, 2021e) (återgiven med tillstånd)

En inspirationboard skapades i form av ett kollage av existerande lösningar. Att inspireras av existerande lösningar syftade till att öka igenkänningsfaktorn hos den produkt som skulle utvecklas. Inspirationboarden visas i Figur 18. Ringarna i figuren markerar zoomningar på delar som ansågs särskilt intressanta.



Figur 18. Inspirationboard av befintliga lösningar (egen bild)

### **5.2.5. Målgrupp**

De miljöer som avsågs var Crossfitboxar och hemmagym, i båda fallen definierades målgruppen som dess användare. Dessa miljöer visade sig ha vissa skillnader, därför beskrivs målgrupperna och deras krav i varsitt stycke nedan.

I hemmagym identifierades målgruppen som dess ägare. För att kunna ha ett hemmagym krävdes det ofta att personen i fråga var villaägare. För dessa personer var de viktigaste faktorerna plats, pris och funktion. Plats var viktig för den här målgruppen då hemmagym tenderade att dela utrymme i exempelvis garage eller tvättstugor. Därav var det av värde med utrustning som tog upp minimalt med utrymme när rummet inte användes för träning. Pris var en faktor till följd av att privatpersoners betalningsförmåga i regel var mindre än den för företag eller idrottsföreningar. Funktion syftade till vilka övningar som erbjöds. Övningarna skulle vara åtråvärda och det var till fördel om de inte kunde utföras med annan utrustning då både plats och pris var faktorer som begränsade.

I crossfitboxar visade det sig finnas två målgrupper i och med att dess användare kunde ses som både tränare och kunder. För tränare var kraven i huvudsak funktion och effektivitet. Funktionen syftade även i det här fallet till vilka övningar som möjliggjordes. Det innebar att tränaren var tvungen att anse att den övning som erbjöds var relevant och attraktiv. Effektivitet innebar i den här miljön logistiken kring produkten. I crossfitboxar var gymmets gränssnitt öppet och de produkter som användes i miljön var tvungna att enkelt kunna gå att ta fram, användas och sedan plockas undan. För kunder var istället kraven av mer semantisk karaktär där förståelse och kvalitet tog plats. Förståelse i deras fall handlade om hur produkten kommunicerade sin funktion, vilket skulle gå att förstå utan noggrannare genomgång. Kvaliteten syftade här till produktens upplevda kvalitet. För att en produkt skulle upplevas som kvalitativ fick exempelvis inte för hög energiförlust ske till följd av friktion, för stora vinkelförändringar ske till följd av utböjning eller hackig känsla uppkomma till följd av glappande toleranser.

## **5.3. Konceptualisering**

Nedan presenteras resultatet av de idégenereringsmetoder som genomfördes. Den första idégenereringen genomfördes utifrån funktionsdelar som presenteras med hjälp av skisser. Denna idégenerering följdes upp av en PNI-matris för att utvärdera idéerna. Sedan följer en morfologisk matris för att kombinera de olika funktionsdelarna till hela koncept, dessa presenteras med hjälp av skisser. Dessa hela koncept utvärderades med en elimineringsmatris och sedan återigen med en PNI-matris. Sedan presenteras CAD-modeller av de koncept som kvarstod och dessa utvärderas sedan med en pugh-matris där ett slutligt koncept valdes.

### **5.3.1. Idégenerering ett**

Konceptualiseringsfasen inleddes med en idégenerering som i sin tur inleddes med en brainwriting utifrån kravspecifikationen. För de olika kraven antecknades olika möjliga lösningar och koncept som sedan sammanställdes i en tabell, se Tabell 5. Dessa fungerade som grund för senare idégenerering i form av brainstorming.

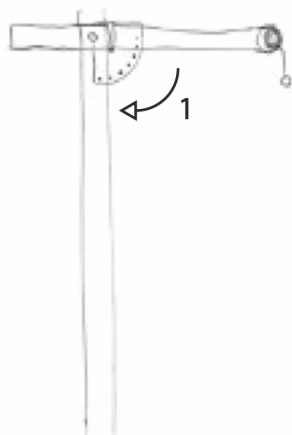
Tabell 5. Brainwriting utifrån kravspecifikation

Kategori	Idéer:	1	2	3	4	5	6	7	8
Motstånd		Fria vikter	Viktmagasin	Fjäder, spänns för att justera	Gummiband	Hävarm, justerbar längd	Svänghjul	Utväxling	Elmotor
Motstånd, forts.		Utväxling kugghjul	Friktion	Strömningsmotstånd	Luftryck	Kroppsvikt	Hydraulik	Båge	
Höjdinställning		Fästa vid hål	Gasfjäder	Snöre/Lina	Rör med skruvlåsning	Med skruv	Byråldseffekt	Leverarm	
Breddinställning		Gasfjäder	Rör med skruvlåsning	Med skruv	Balk med byråldseffekt	Leverarm	Balk med hål + sprint		
Montering (fixering)		Likt j-cups	Likt safety-arms	Skruv med vingmutter	Fjäder-bel. Sprint	Magnetsprint			
Montering (hålla)		Handtag	Den står på hjul						
Vinkel ut ur maskin		Vridbart munstycke	Hexagon med 6st rullar						
Förvaring		Koppla ihop som en väska	Packa ner i en påse	Vikas upp/åt sidan (ur vägen)	Vägghängd	Transporthjul för att köras undan			
Stabilitet vikt		Gå efter stolpe	Loopat rep	Hävarm	Gå efter egen stolpe				
Stötdämpning		Fjäder (för led)	Gummikudde (för vikt)	Luftrycksdämpning	Friktion				
Underhåll		Inga skruvar	Skruvar, alla med samma verktyg						

## Idégenerering med brainstorming och skisser

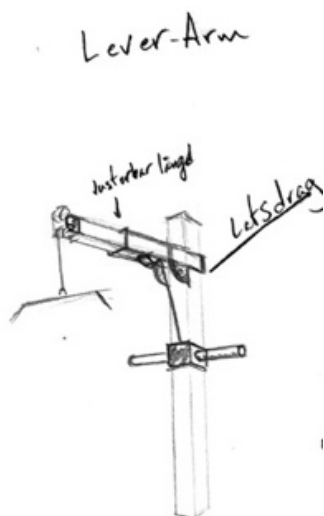
En brainstorming genomfördes genom att olika lösningar och konceptförslag skissades. Skisserna var av lite olika karaktär där vissa presenterade helhetskoncept medan andra presenterade lösningar över en viss funktion eller ett särskilt krav. Således ansågs de vara dellösningar som senare skulle kunna integreras i mer fullständiga koncept. Vidare följer en beskrivning av varje skiss.

Figur 19 visar idén “lever-arm” som handlar om hur grepphöjden skulle kunna ändras för användaren med hjälp av en hävarm. När armen ställs horisontellt blir grepphöjden hög. Armen kan sedan justeras med ett givet antal steg, i riktningen enligt pil 1, till att vara helt lodrätt placerad. Höjdjusteringen utgörs då av armen på längden tillsammans med avståndet mellan hålen i den kvartscirkelformade plattan. Detta koncept utgör en funktionsdel i en maskin och behöver kombineras med någon lösning för motstånd.



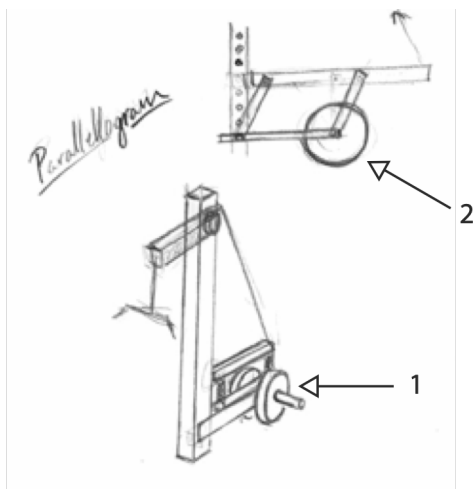
Figur 19. Skiss över hur grepphöjden skulle kunna justeras med en lever-arm (egen bild)

I Figur 20 presenteras ett lever-arm + släde koncept där armen fästs vid en rigg- eller rackstolpe. Beroende på övning som ska utföras kan armens vinkel (likt i Figur 19) från infästning samt längden av den justeras för att erbjuda bästa träningsmöjlighet. Viktmotståndet utgörs av fria vikter som hängs på vardera sida om en släde som rör sig längs med riggens/rackets stolpe.



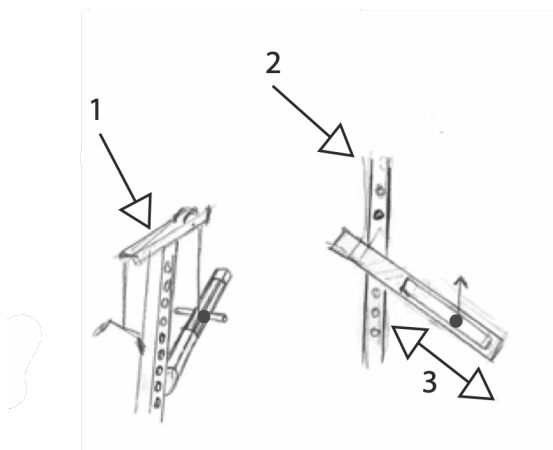
Figur 20. Lever-arm + släde (egen bild)

I Figur 21 presenteras ett koncept där den centrala tanken är att erbjuda ett linjärt vikt motstånd i en hävarm. Vid pil 1 visas konceptet i perspektiv och vid pil 2 visas konceptet ur en sidovy. Konceptet fungerar så att allt eftersom linan dras in när användaren drar i handtaget kommer parallelogrammet tryckas ihop, samtidigt rör sig vikten i en kvarts cirkelbana. Eftersom parallelogrammet kommer tryckas ihop ökar motståndet i konceptet vilket kompenserar för att vikt motståndet minskar enligt sinuskurvan då vikten rör sig uppåt i sin bana. Tillsammans skapar då de två rörelserna ett mer linjärt vikt motstånd för den som drar i andra sidan av linan. Konceptets motstånd skapas av viktskivor.



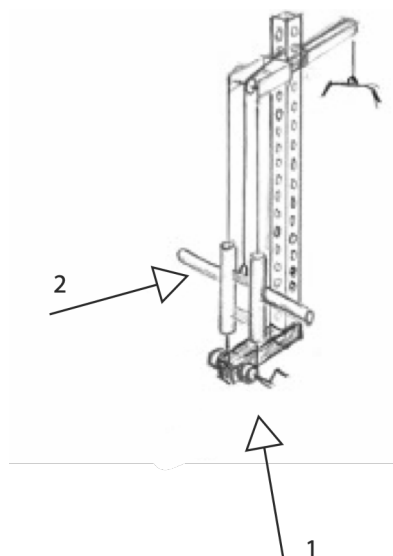
Figur 21. Parallelogram (egen bild)

I Figur 22 har ett koncept utvecklats där syftet är att skapa ett linjärt motstånd i en hävarm. Vid pil 1 visas konceptet i perspektiv och vid pil 2 visas en sidovy. Konceptet består av en hävarm som fästs vid en rigg- eller rackstolpe. Hävarmen är försedd med en skena där en vikthållare är placerad, vikthållaren är märkt med en punkt i figuren. Vikthållaren kan röra sig längs med skenan enligt pil 3, och är kopplad till en draglina. Motståndet i lösningen utgörs av viktskivor. Hävarmen är jämviktsbalanserad kring dess infästning i riggen/racket för att skapa så lite motstånd som möjligt. Tanken är att hävarmens skena ska få vikten att röra sig vertikalt när linan dras in, stabilisera vikten samt motverka pendlingar och snedställningar i konceptet.



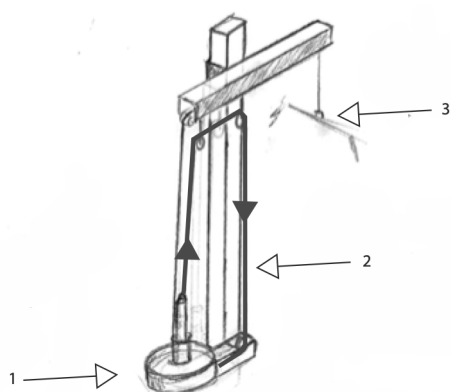
Figur 22. Viktskena (egen bild)

I Figur 23 presenteras ett koncept där två stycken stålvaror spänns upp med hjälp av en vinsch, vinschen är placerad vid pil 1. En vikthållare (pil 2) placeras så att varorna passerar genom den och en draglina fästes i toppen av vikthållaren. Motståndet i konceptet består av viktskivor. När draglinan halas in kommer vikthållaren att röra sig längs med stålvarorna och således hållas rak utan snedställningar eller pendlingar. För den som drar i handtaget kommer motståndet vara konstant.



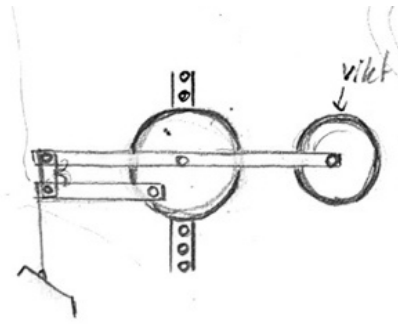
Figur 23. Vajerskena (egen bild)

I Figur 24 visas ett koncept bestående av en vajer (pil 2) som ska stabilisera en vikthållare (pil 1). Vajern går i en ögla, enligt den markerade linjen med pilar så att den fäster i toppen av vikthållaren och går därefter i en bana upp, ner och runt för att fästa i vikthållarens botten. Vidare är en draglina fäst vid toppen av vikthållaren och sträcker sig upp och ut mot brukaren vid pil 3. När draglinan halas in kommer vikthållaren att stabiliseras och röra sig vertikalt utan pendling vilket leder till ett jämnt motstånd för brukaren. Motståndet i konceptet utgörs av viktskivor. Vid viktjustering måste draglina och vajer frikopplas innan vikt kan avlägsnas eller tilläggas, detta sker med karbinhakar.



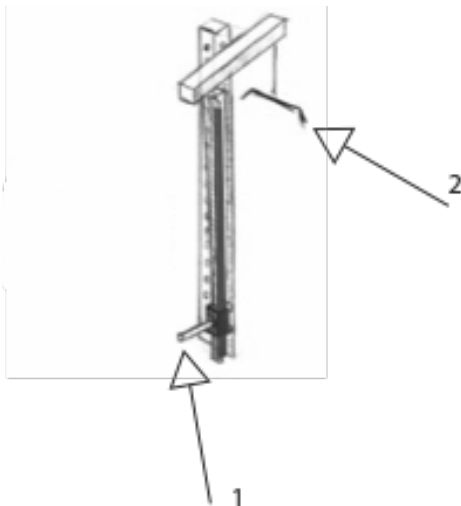
Figur 24. Loopad vajerskena (egen bild)

I Figur 25 presenteras en parallelogramlösning som gör att hävarmens längd förändras med viktens position. Motståndet i konceptet utgörs av viktskivor som placeras på en hållare som sträcker sig horisontellt ut från ena änden. Konceptet syftar till att undersöka ett sätt att skapa ett konstant motstånd trots att vikten rör sig i en cirkulär bana.



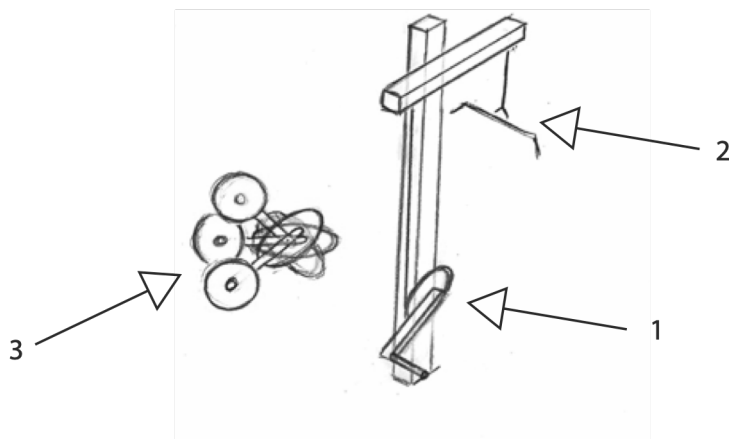
Figur 25. Hävarms-parallelogram (egen bild)

I Figur 26 presenteras ett koncept där en extern viktskena, markerad med en linje, har kopplats till en rigg-/rackstolpe. Längs med skenan rör sig en släde försedd med en horisontell stolpe ämnad att hålla viktskivor, se pil 1. I släden är en vajer kopplad som sträcker sig upp och runt till brukaren vid pil 2. Skenan syftar till att skapa ett stabilt motstånd för brukaren.



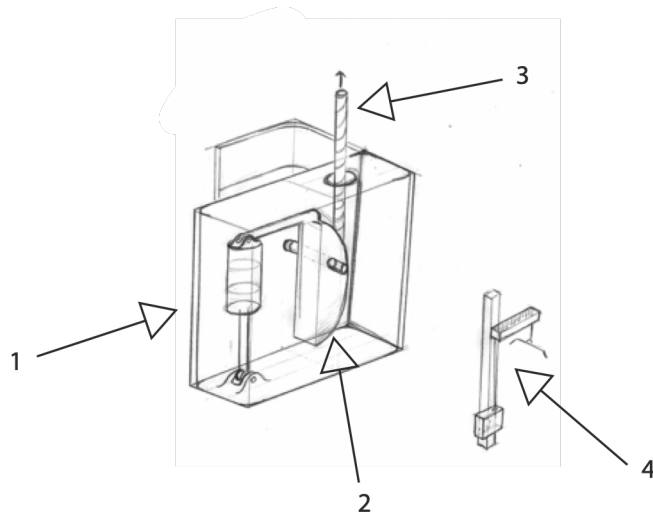
Figur 26. Extern viktskena (egen bild)

I Figur 27 visas ett koncept där en hävarm är försedd med en horisontell vikthållare avsedd för viktskivor samt ett elliptiskt hjul och en vajer. Vid pil 1 ses det elliptiska hjulet monterat på en rigg/rackstolpe. Det elliptiska hjulets funktion är att variera hävstången för vajern beroende på viktens position i sin halv-cirkulära bana, vilket visas vid pil 3. På så sätt skapas ett jämnt motstånd när brukaren drar i handtaget vid pil 2.



Figur 27. Hävarmshjul (egen bild)

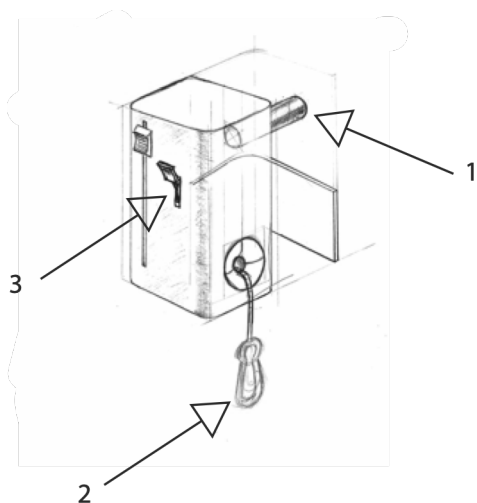
I Figur 28 visas ett koncept där motståndet utgörs av en hydraulisk fjäder. Den hydrauliska fjädern pekas ut av pil 1. I konceptet har fjädern kopplats till en hävarm som fäster i ett halvt elliptiskt hjul (pil 2) som i sin tur är fixerad till en dragvajer (pil 3). Syftet med det halva elliptiska hjulet är att ändra hävarmen allt eftersom fjädern komprimeras för att skapa ett konstant motstånd för brukaren som drar i vajern. Viktjusteringen i konceptet är inte till fullo utvecklat men är tänkt att fungera genom att justera längden av någon hävarm i systemet. Vid pil 4 visas en miniatyrbild av konceptet monterat på en rigg/rackstolpe tillsammans med ett handtag som användaren kan dra i.



Figur 28. Hydraul-låda (egen bild)

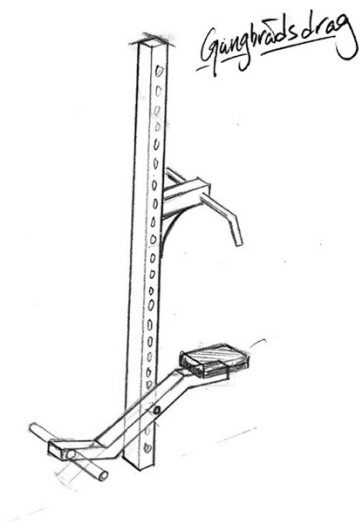
I Figur 29 visas konceptet ”elektrisk dragdosa”. Den elektriska dragdosan fästs vid en rack- eller riggstolpe genom att den cylindriska tappen (vid pil 1) sticks in genom ett hål. Sedan vinklas dosan ner så att haken i nedre bakkanten (nedanför pil 1) låser fast den vid stolpen. På så sätt kan den fästas i valfri höjd som stolpens hål erbjuder. Handtag kan därefter fästas i en vajer med hjälp av en karbinhake (vid pil 2) och olika dragrörelser kan då utföras. Motståndet utgörs av en elmotor inuti dosan och

slås på med strömbrytaren på dosans framsida (vid pil 3). Motståndet kan sedan justeras med reglaget bredvid strömbrytaren.



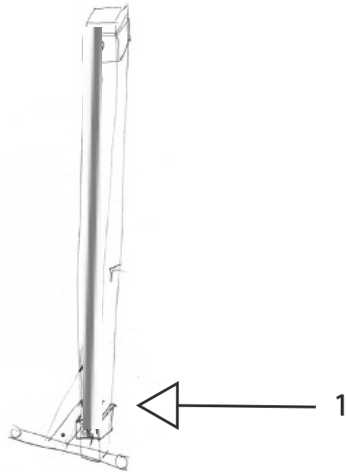
Figur 29. Elektrisk dragdosa (egen bild)

I Figur 30 visas konceptet "gungbrädsdrag". Användaren sitter på gungbrädans sits till höger med ansiktet pekandes mot stolpen och håller i handtaget ovanför huvudet och utför sedan en pull-up rörelse. Användaren kan då avlasta rörelsen genom att lasta viktskivor på motsatt sida om sitsen, dessa fungerar då som motvikt och hjälper till att lyfta användaren uppåt.



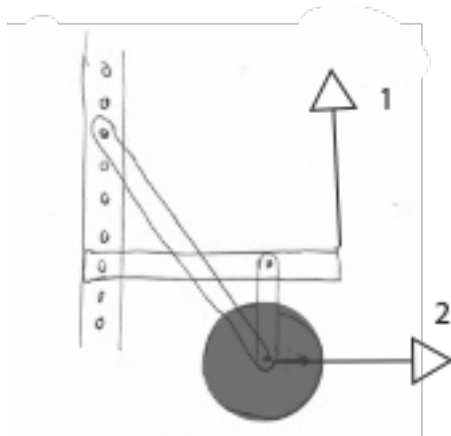
Figur 30. Gungbrädsdrag (egen bild)

I Figur 31 visas en skiss över hur motstånd skulle kunna åstadkommas med hjälp av viktskivor. Viktskivorna placeras på det horisontella röret, vid pil 1, på vardera sida om dess centrum för bibehållen jämvikt. I släden som vikterna lastas på är en lina fäst som i sin tur löper upp över ett system med trissor för att sedan ansluta till ett handtag där användaren drar nedåt. När användaren drar nedåt åker släden uppåt och den stabiliseras då av en annan lina, i figuren markerad med en linje, som är fäst vid en stolpe på ett rack eller en rigg.



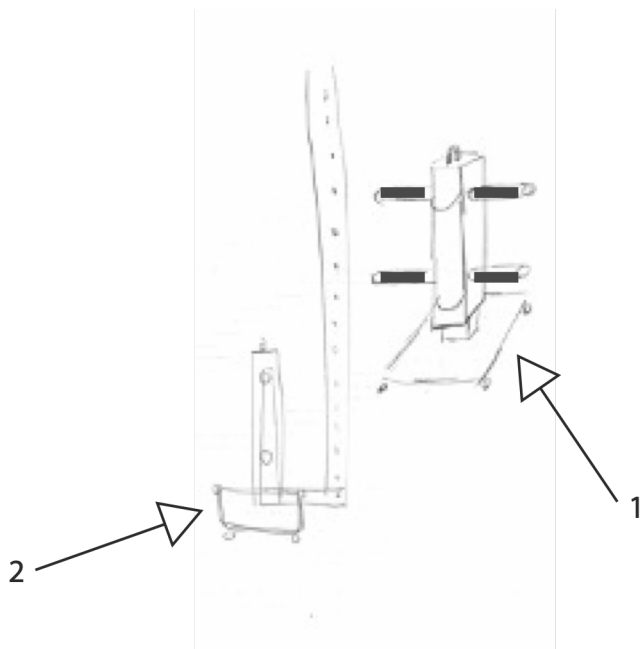
Figur 31. Släde på lina (egen bild)

Figur 32 visar idén "knuff-arm" där en viktskiva hänger i ett system av hävarmar. Syftet med armarna är att när kraft appliceras vid pil 1 till höger så att den horisontella hävarmen rör sig uppåt knuffas vikten åt höger av den sneda hävarmen i riktningen efter pil 2. Hävarmen undviker på så sätt att följa sinuskurvan, därmed uppnås en jämnare kraftkurva än om vikten hade varit fixerad vid den horisontella armen.



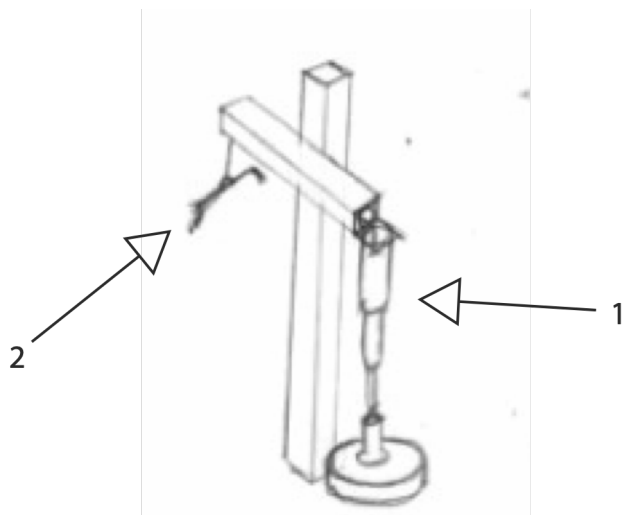
Figur 32. Knuff-arm. Vikten knuffas åt höger när den lyfts uppåt (egen bild)

Figur 33 visar en dellösning som kallas "Vagnen". Vagnen utgörs av en bottenplatta med fyra hjul som tillåter att den står stadigt både stilla och vid transport, se pil 1. I mitten av bottenplattan sitter ett kvadratisk rör monterat. På detta rör sitter ett större rör som kan glida utmed det första. På det yttre rörets sidor finns fyra hållare för viktskivor, markerade med linjer, för att erbjuda stor lastmöjlighet. På toppen av det yttre röret finns en ögla för att kunna fästa till en maskin med hjälp av en karbinhake. För att ytterligare öka stabiliteten kan vagnen, vid dess botten, fästas vid en rack- eller riggstolpe, se pil 2. Vagnen är av en sådan höjd att två viktskivor får plats på höjden samt att det yttre röret aldrig helt frigörs från det inre vid utdraget läge. När vagnen inte används kan den enkelt rullas iväg och förvaras på lämpligt ställe, samtidigt som vagnen erbjuder förvaring av viktskivor.



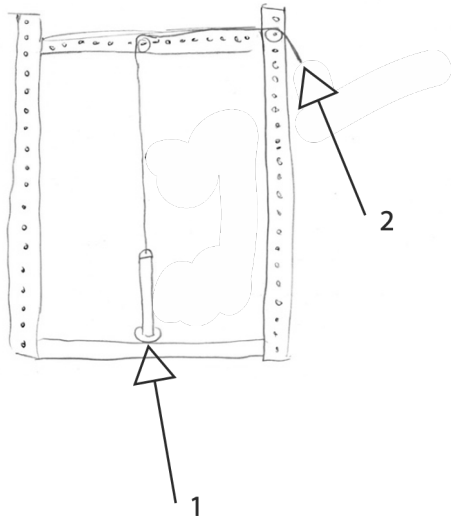
Figur 33. Konceptet "Vagnen" (egen bild)

I *Figur 34* presenteras konceptet teleskopskena ovanifrån vilket är en variant som utvecklats som motsats till konceptet vagnen som presenteras i *Figur 33*. I vagnen är det en teleskopskena som initialt är komprimerad och dras ut i takt med att en vajer halas in medan teleskopskena ovanifrån har ett startläge där den är utsträckt, se pil 1. Syftet med att använda sig av en teleskopskena är att stabilisera motståndet och motverka pendling när en användare drar i handtaget vid pil 2.



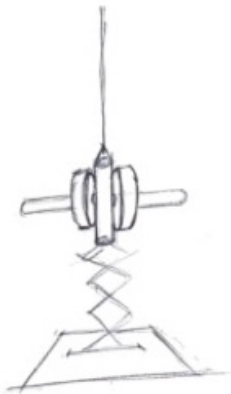
Figur 34. Teleskopskena ovanifrån (egen bild)

*Figur 35* visar konceptet frihängande vikthållare. Konceptet består av en hållare som kan lastas med viktskivor, se pil 1. Hållaren fästs i någon form av kabel, vajer eller band som löper upp över två rullar och fästs till ett handtag vid pil 2 där användaren kan utföra drag.



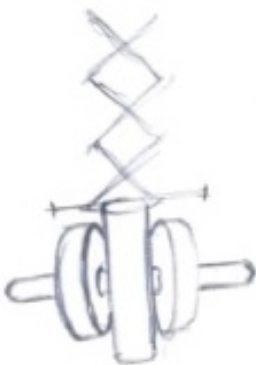
Figur 35. Frihängande vikthållare för viktskivor (egen bild)

I Figur 36 presenteras en lösning med en saxled som är placerad undertill. Saxleden stabiliserar vikten i sin bana och ser till att den rör sig helt vertikalt.



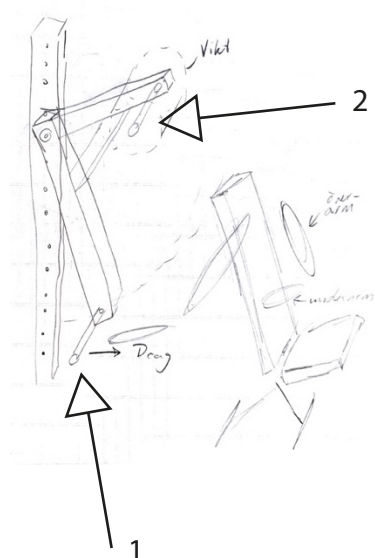
Figur 36. Saxledsskena underifrån (egen bild)

I Figur 37 visas en saxled som istället är fäst ovanfyll. Likt i Figur 36 syftar även här saxleden till att stabilisera vikten i en vertikal bana.



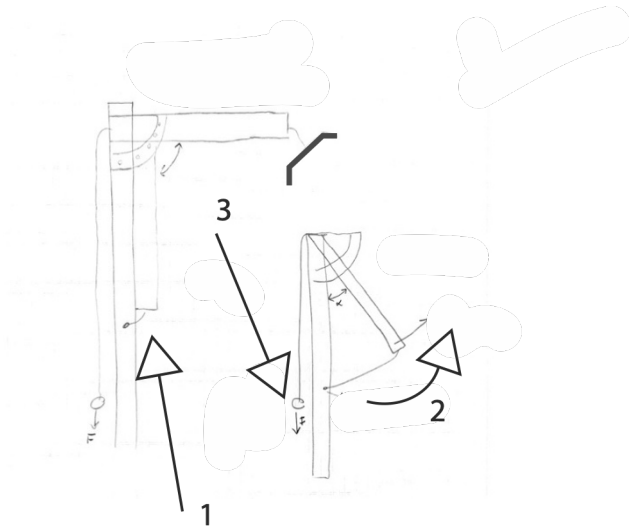
Figur 37. Saxledsskena ovanifrån (egen bild)

I Figur 38 visas konceptet ”vinkeln” bestående av två armar i en 90 graders vinkel som monteras på en rack- eller riggstolpe. I änden av vardera armen finns en stång som fungerar som både grepp och hållare för viktskivor, se pil 1 och pil 2. När användaren drar i det undre greppet lastas vikt på det övre och tvärtom. På så sätt kan drag utföras både horisontellt och lodrätt, dock i en något svängd bana eftersom armarna roterar runt infästningspunkten. Användaren kan också placera en bänk på ett sådant sätt att dragrörelsen utförs sittande, vilket visas i det nedre högerhörnet av figuren.



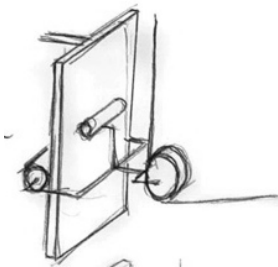
Figur 38. Konceptet Vinkeln (egen bild)

Figur 39 visar konceptet lever-arm i kurva som erbjuder rörelse i en kurva med hjälp av en lever-arm. Konceptet utgörs av samma grund som konceptet i Figur 20 och kan alltså användas genom att en användare drar i handtaget men med tillägget att kabeln, där handtaget fästs, också kan fästas i rack- eller riggstolpen vid pil 1. Hävarmen kan sedan röras mellan 0 och 90 grader, enligt pil 2, för att också kunna utföra press- och dragrörelse i en kurva. Motståndet utgörs då av den fixerade kabeln som vid pil 3 lastas med vikt vilket gör att motståndet blir jämnare än om hävarmen hade lastats direkt med viktskivor (den hade då följt sinuskurvan, det vill säga från inget motstånd till maximalt motstånd mellan 0 och 90 graders rörelse).



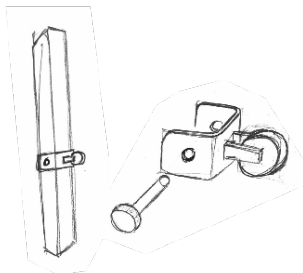
Figur 39. Rörelse i en kurva med hjälp av en hävarm (egen bild)

I Figur 40 presenteras en dellösning för höjdjustering utefter en extern skena. Konceptet består av ett don som består av tre stoppklossar där två är placerade på skenans baksida medan en är placerad på dess framsida och sammankopplad med en rulle där en dragvajer löper genom. Konceptet fungerar så att när kraft läggs på dragvajern snedställs donet och fixeras.



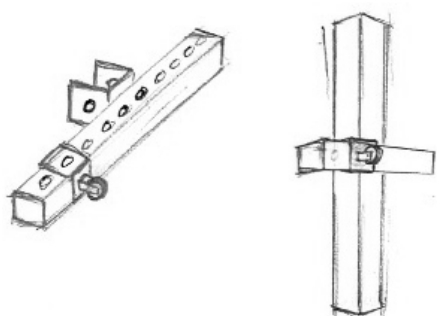
Figur 40. Snedställningslåsnings (egen bild)

I Figur 41 presenteras en dellösning för höjdjustering vilket är ett don som möjliggör höjdjustering vid en rigg- eller rackstolpe. Donet innefattas av en hållare med ett hjul och en sprint som används för att fixera produkten. En dragvajer kommer uppifrån och passerar hjulet för att ändra riktning ut mot brukaren.



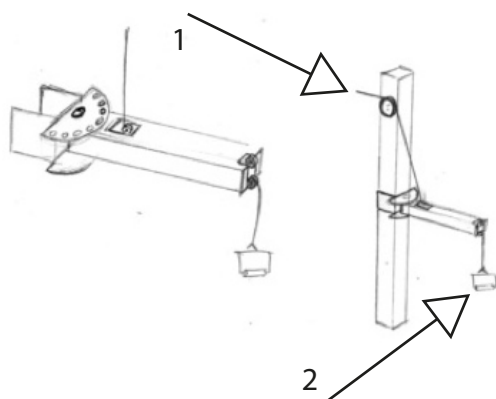
Figur 41. Justering vid Rigg/Rack (egen bild)

I Figur 42 presenteras en utvecklad variant av dellösningen presenterad i Figur 41. Utöver att erbjuda möjlighet till höjdjustering kan dellösningen horisontell balk med rulle även erbjuda breddjustering vilket ses i den vänstra delen av Figur 42. I den högra delen av figuren ses den horisontella balken monterad på en rigg/rackstolpe.



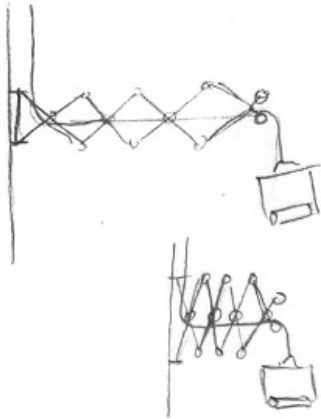
Figur 42. Horisontell balk med rulle (egen bild)

I Figur 43 visas två vyer av en dellösning i form av en lever-arm som istället för vertikal har en horisontell led. Höjdjusteringen sker genom dess infästning vid rigg eller rack stolpe. En lina löper genom armen till ett viktmotstånd (pil 1) och användaren kan sedan dra i handtaget (pil 2) för att utföra olika övningar.



Figur 43. Horisontell lever-arm (egen bild)

I Figur 44 visas dellösningen saxarm som har inspirerats av saxlampor. Idén är att med hjälp av saxleden kunna justera längd och vid dess infästning justera vinkeln ut från den rigg- eller rackstolpe som den är fäst vid. Dess höjd justeras genom att justera hål utefter den stolpe den sitter vid. I figuren visas skenan både utdragen och ihopskjuten.



Figur 44. Saxarm (egen bild)

I Figur 45 presenteras vajer vilket är ett alternativ för kraftöverföring.



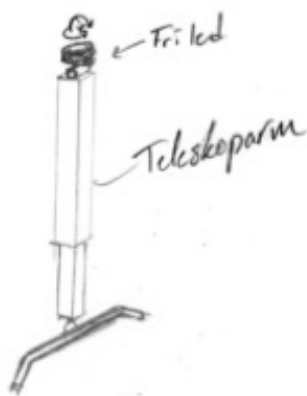
Figur 45. Vajer (egen bild)

I Figur 46 presenteras band vilket är ett alternativ för kraftöverföring.



Figur 46. Band (egen bild)

I Figur 47 presenteras teleskoparm med fri led vilket är ett alternativ för kraftöverföring. Teleskoparmen är kopplad till vikter som rör sig när teleskoparmen dras ut.



Figur 47. Teleskoparm med fri led (egen bild)

En sista delösning för kraftöverföring uppmärksammades vid brainstormingen, denna var cykelkedja. Denna skissades inte då det ansågs onödigt komplicerat men den antecknades som en möjlig delösning.

### 5.3.2. Kategorisering av delösningar efter funktionsdelar

I Tabell 6 sammanställs de olika koncepten och delösningarna. Samtliga har kategoriserats efter vilken funktion de utför och sedan utvärderats med en PNI-matris. Syftet var att sammanställa idéerna som framkommit för att se vad som kunde tas vidare till fortsatt utveckling. Efter utvärdering med PNI gjordes en bedömning om konceptet lämpade sig för vidareutveckling. I kolumnen "Vidareutveckla?" besvaras om konceptet tas till vidareutveckling samt om svaret är nej följs det av en motivering.

Tabell 6. Funktionsdelar och PNI

Funktionsdel	Koncept	Positivt	Negativt	Intressant	Vidareutveckla?
Hela konceptet					
	Lever-arm + släde koncept	Höjjustering + vinkel ut ur maskin	Släde som inte tillåts enl. ISO-standard	Går armen att kombinera med annat motstånd?	Nej, enl. den ISO-standard Eleiko förhåller sig till fungerar ej konceptet
	Gungbrädsdrag	Simpelt	Erbjuder endast vertikala drag	Använda kroppsvikt	Nej, dålig lösning för horisontella drag.
	Vinkeln	Bra lösning som roddmaskin	Inte så bra för vertikala drag. Inte så efterfrågat i boxar/hemma gym	Platseffektiv + simpel	Nej, dålig lösning för horisontella drag
Motstånd					
	Elektrisk dragdosa	Kompakt + Enkel användning	Tyngd + storlek?	Undvika vikter	Ja
	Parallelogram	Ev. linjärt motstånd	Fungerar nog inte i praktiken	Enkel princip	Nej, fungerar inte i praktiken
	Viktskena	Stabiliserar	Krävs väldigt låg friktion i	Få delar	Nej, krångligt system

			skenan + Tveksamt om fungerar i praktiken		
	Vajerskena	Igenkännbar rt och komprimer bar (förvaring)	Tveksamt om stabilt nog	Vinsch	Ja
	Loopad vajerskena	Komprimer bar + Lätt	Knepigt att vikta om och montera	Spännanordni ng	Ja
	Hävarms- parallelogram	Få delar	Fungerar nog inte i praktiken	Kanske är något på spåren	Nej, fungerar inte i praktiken
	Extern viktskena	Väldigt stabil + simpel	Förvaring?	Ställa på hjul	Ja
	Hävarmshjul	Simpel + Linjärt motstånd	Begränsad sträcka	Utväxling? Kombinera med benspark?	Ja
	Hydraul-låda	Kompakt + Enkel användning	Viktjustering + tyngd + storlek?	Undvika vikter	Ja
	Släde på lina	Simpel + Tar lite plats	Snedställning?	Få delar	Ja
	Knuff-arm	Linjärt viktmotstå nd	Oklart om det fungerar. Komplicerat att montera	Kombinera med rodd?	Nej, komplicerat att montera och oklart om det fungerar.
	Vagnen	Kompakt + Fungerar som vikthållare	Stabil?	Kombination av förvaring och motstånd	Ja
	Lever-arm i kurva	Erbjuda ett annat motstånd i lever-arm	Risk för svår förståelse	Önskat motstånd?	Nej, konceptet ses som ett tillägg till konceptet "lever-arm" och kan fungera med denna men det anses inte behöva utvecklas som ett eget koncept.
	Teleskopskena ovanifrån	Tar lite plats + enkel att förstå	Risk för att vara svajig	Den går uppifrån och ner till skillnad från andra alternativ	Ja
	Frihängande vikthållare	Enkel konstruktio n. Lätt att förstå	Svajig	Få delar	Ja

	Saxledsskena under-/ovanifrån	Smidig, tar lite plats	Risk för att vara svajig	Saxled	Ja
Placeringsjustering					
	Lever-arm	Höjjustering + vinkel ut ur maskin	Klämrisk?	Hur kombineras motstånd? + vart ska vajer dras?	Ja
	Snedställnings låsning	Enkel höjjustering + kan justeras till vilken höjd som helst efter skena	Ingen breddjustering + Håller den fast?	Fästa vid rigg/rack istället för egen skena?	Ja
	Justering vid Rigg/Rack	Enkel höjjustering	Ingen breddjustering		Ja
	Horisontell balk med rulle	Enkel bredd- & höjjustering	Måste nermonteras vid annan aktivitet	Väldigt enkel	Ja
	Horisontell lever-arm	Enkel bredd- & höjjustering	Måste nermonteras vid annan aktivitet	Spännande variant på lever-arm	Ja
	Saxarm	Smidig justering av längd	Risk för att vara ranglig	Lösning som skiljer sig från mängden	Nej, för ranglig
Fixera kropp					
	Fot-/knästöd	Effektivt att kombinera stödet så det fungerar för båda ändamål		Går eventuellt att kombinera med hävarm eller annan del för att minimera antalet fria delar	Ja
Kraftöverföring					
	Vajer	Flexibel	Kan vara trasslig vid förvaring	Klarar av stora vinkelförändringar	Ja
	Band	Flexibel men också styv sidledes	Kan vara trasslig vid förvaring	Styv sidledes	Ja
	Teleskoparm med fri led	Erbjuder frihet i en riktning	Komplicerad lösning		Nej, komplicerad lösning som inte fungerar bättre än kabel/band.
	Cykelkedja	Flexibel men också styv sidledes	Klarar inte av att rotera i längsriktning	Kan kopplas till kuggjul	Ja

Den genomförda PNI:n i Tabell 6 visade att koncepten som utvecklats övervägande löste olika delfunktioner medan endast tre koncept ansågs vara hela koncept. Av dessa tre löste dock endast ett huvudfunktionen att erbjuda drag vertikalt och horisontellt. För att utveckla fler hela koncept användes Tabell 6 som grund där de lösningar som fått ett "Ja" i kolumnen "Vidareutveckla?" kombinerades för att generera fler hela koncept.

De kvarvarande alternativen presenteras i Figur 48 uppställd som en matriskombination. I följande stycke kommer koncept utvecklas genom att ett alternativ från varje kategori väljs och kombineras. Alternativen har givits nummer som kommer kombineras till koncept. Numren kommer därefter att skapa en fyrsiffrig kod som berättar om vilka alternativ som kombinerats.

Motstånd	Placeringsjustering	Fixera kropp	Kraftöverföring
1. Elektrisk dragdosa	1. Lever-arm	1. Fot-/Knästöd	1. Vajer
2. Vajerskena	2. Snedställningslåsning		2. Band
3. Loopad Vajerskena	3. Justering vid rigg/rack		3. Cykelkedja
4. Extern Viktskena	4. Horisontell balk med rulle		
5. Hjävarmsjul	5. Horisontell lever-arm		
6. Hydraul-låda			
7. Släde på lina			
8. Vagnen			
9. Teleskopskena ovanifrån			
10. Frihängande vikthållare			
11. Saxledsskena under-/ovanifrån			

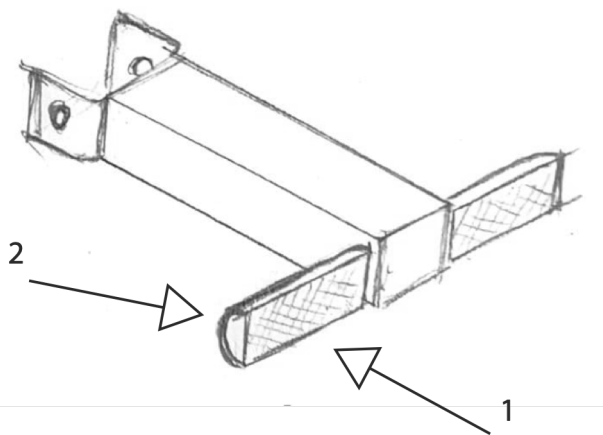
Figur 48. Matriskombination (egen bild)

### 5.3.3. Idégenerering två

I idégenerering två skapades hela koncept. Det gick till på två sätt. På det ena sättet placerades alla idéer från Idégenerering ett i en matriskombination som genererade hela koncept. På det andra sättet idégenererades nya koncept fram med hjälp av skissmodeller.

#### Koncept 0.0.1.0

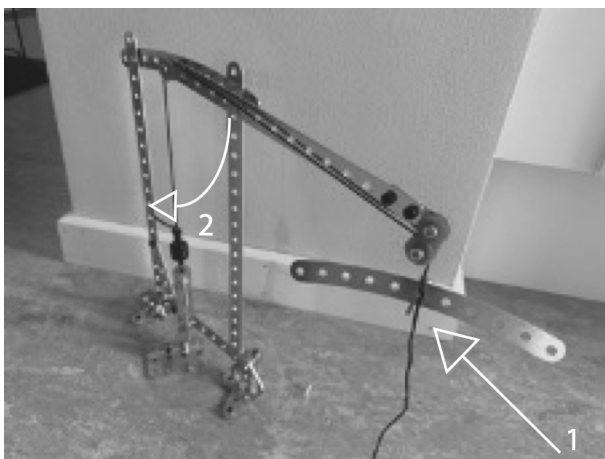
Figur 49 visar ett fot/-knästöd vilket är en delösning som används i flera koncept. Lösningen presenteras här individuellt istället för att läggas in i varje koncept som det ingår i. Fot/knästödet ska kunna nyttjas både vid sittande rodd och latsdrag. Vid rodd roteras rullarna så att den platta sidan riktas utåt (vid pil 1). Brukaren kan på så vis utnyttja den platta sidan för att ta spjörn mot med fötterna. Vid latsdrag roteras rullarna istället med den runda sidan (vid pil 2) riktad neråt för att agera som stopp för brukarens knän. Den platta sidan är fast för att ge stöd för fötterna medan den runda sidan är vadderad för att ge stöd för knän utan att göra ont vid hög belastning. Lösningen fästes vid rigg-/rackstolpe med hjälp av en horisontell sprint.



Figur 49. Fot-/Knästöd (egen bild)

### Koncept 8.1.1.1

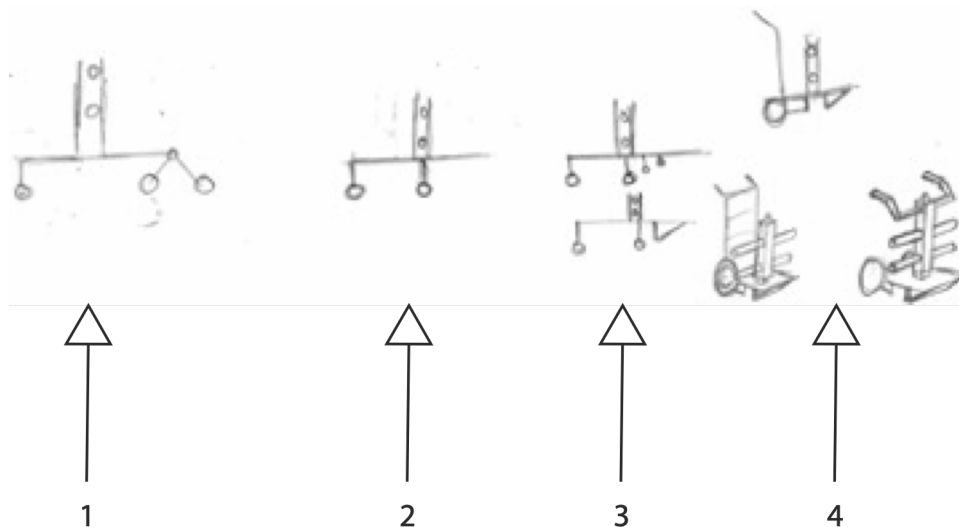
I Figur 50 visas en skissmodell gjord i Meccano för konceptet mittmonterad leverarm med vagn. Skissmodellen är tänkt att representera ena sidan av ett xf80 power rack där hävarmen fästs i mitten av rackets horisontella överliggande balk. Leverarmen är av sådan längd att den i sitt översta läge medger ett vertikalt drag i handtaget, vid pil 1, och att den i sitt lägsta läge når så lågt att användaren kan utföra sittande horisontella drag. Leverarmen kan också ställas in i ett antal steg mellan högsta och lägsta läget, i en bana enligt pil 2. I skissmodellen styrs detta av hålen i stolpen men detta kan utvecklas mer för att nå önskat antal justeringssteg. Viktmotståndet utgörs av konceptet vagnen som tidigare presenterats. Vagnen kopplas till handtaget med en vajer. I skissmodellen representeras vagnen inte som teleskopisk men det är tänkt att dess bottenplatta står kvar på golvet och stabiliserar vagnen medan dess överdel rör sig och fungerar som vikthållare. Konceptet använder sig av fotstödet 0.0.1.0.



Figur 50. Mittmonterad leverarm med vagn i vertikalt dragläge (egen bild)

Vid funktionstest av den mittmonterade leverarmen med vagn upptäcktes att vagnen behövde placeras centrerat mellan stolparna och därmed placeras över rackets bottenrör. Med avseende på detta gjordes skisser över hur det skulle kunna utformas, se Figur 51. Vid pil 1 visas en idé där det ena hjulparet sitter på en led och skulle kunna rullas över rackets bottenrör. Vid pil 2 visas en variant där hjulen på ena sidan

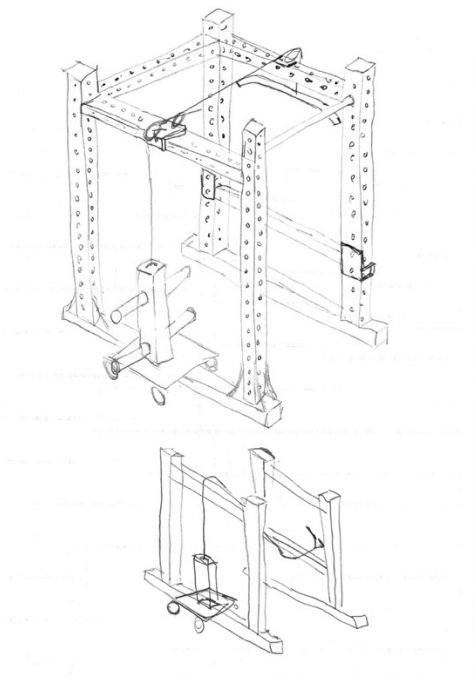
inte är placerade i kanten utan istället är monterade längre in under plattan så att denna kan rullas över bottenröret. Vid pil 3 visas en variant där bottenplattan försetts med en kilform undertill för att underlätta att rulla vagnen över rackets bottenrör. Vid pil fyra visas en variant som fungerar som en paketkärva. Denna variant har hjul i ena kanten och tippas med hjälp av handtaget så att botten lyfter och kan rullas över rackets bottenrör. Undertill finns en kilform som gör att vagnen inte tar emot i rackets bottenrör utan istället hjälper till att föra bottenplattan över röret. Centrerat under bottenplattan finns också ett fack som är tänkt att passa över rackets bottenrör och på så sätt stabilisera vagnen när träning utförs. Vidare ses två olika varianter för hur ett handtag skulle kunna se ut.



Figur 51. Utveckling av Vagnen (egen bild)

### Koncept 8.3.1.1a

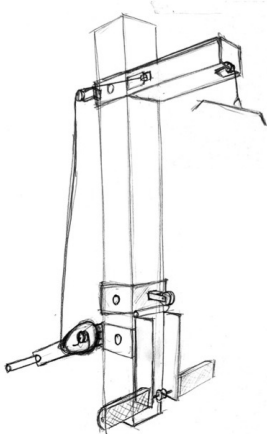
Figur 52 visar konceptet kabelvagn som är ett koncept där det tidigare konceptet vagnen kombinerats med en kabel som löper över två stycken fästen med trissor som i sin tur fästs i överrören på ett power rack. Om båda fästena monteras på överrören kan vertikala drag utföras. Det ena fästet kan också monteras på en lägre höjd så att horisontella drag kan utföras. Vardera fäste har två trissor, en i var ände för att kabeln ska kunna löpa både rakt över fästena men även så att kabeln ska kunna löpa i en s form om det ena fästet placeras lågt som i den nedre delen av Figur 52. I det fallet monteras det låga fästet på rackets säkerhetsbalk, som är den balk som är parallell med överröret men sitter lägre ner och är justerbar i höjd. Vidare används säkerhetsbalken som fotstöd vid horisontella drag och den används som knästöd vid vertikala drag för att hindra användaren att lyfta från marken. Vagnen har i skissen samma problem som tidigare att den måste placeras över rackets bottenrör men det skulle då vara möjligt att använda lösningen i Figur 51.



Figur 52. Konceptet kabelvagn (egen bild)

#### Koncept 5.1.1.1

I Figur 53 ses konceptet hävarmsjul som tidigare nämnts men här kombinerat med en lever-arm för att erbjuda både vertikala och horisontella drag genom att lever-armens vinkel justeras. Det elliptiska hävarmsjulet gör motståndet jämnare än om hjulet varit cirkulärt eftersom dess hävarm relativt vridningspunkten ökar på samma sätt som viktens hävarm ökar när den lyfts från marken. Detta är alltså ett koncept som väger upp effekten av det sinusformade motstånd som åstadkoms när vikten rör sig i en cirkelbåge. Kabelns längd justeras med en rulle på hävarmsjulet.

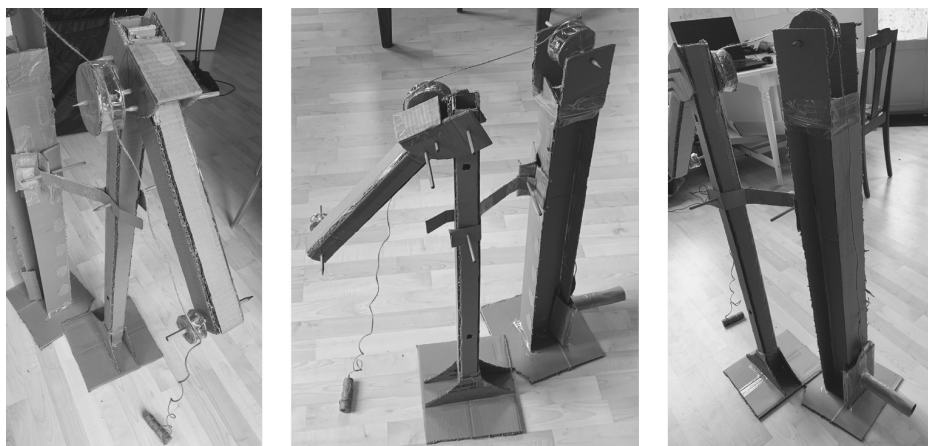


Figur 53. Konceptet hävarmsjul 5.1.1.1 (egen bild)

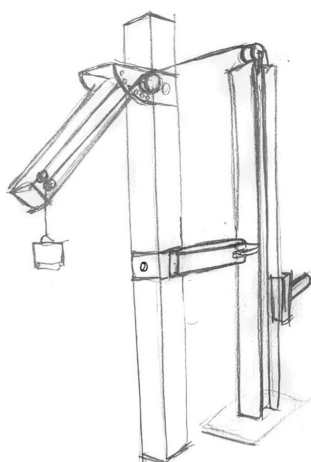
#### Koncept 4.1.1.1

I Figur 54 och Figur 55 presenteras en skissmodell i kartong och en skiss av konceptet Lever-arm med extern viktskena. En lever-arm kan fixeras i olika höjder och vinklar ut från en rigg eller ett rack. Den externa viktskenan kan stabilisera

vikten och möjliggöra för ett jämnt konstant motstånd och dess länkarm som kopplar den till rigg-/rackstolpen stabiliserar konstruktionen vid användning.



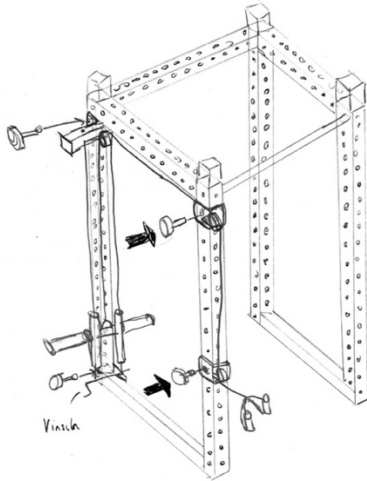
Figur 54. Konceptet Lever-arm med extern viktskena, skissmodell (egen bild)



Figur 55. Konceptet Lever-arm med extern viktskena, skiss (egen bild)

### **Koncept 2.3.1.1**

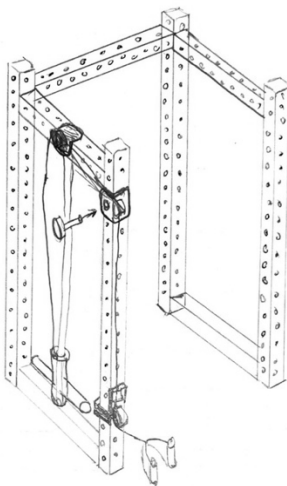
I Figur 56 visas ett koncept som kombinerar lösningen höjdjustering på rigg/rack med vajerskena. I skissen är konceptet konfigurerat för horisontella drag men det är också möjligt att utföra vertikala drag från den övre rullen på rackstolpen. Rullen och dess hållare fästs vid racket med en magnetsprint i rackets hål och är på så sätt justerbara i höjddled. Vajerskenan fästs på liknande sätt. Både över och underdelen fästs med varsin magnetsprint och stabiliseringsvavrarna spänns med en vinsch vid golvet. Vikter kan lastas på vikthållaren som är kopplad via en kabel till ett handtag där användaren kan utföra dragövningar. Konceptet använder sig av fotstödet O.O.1.O.



Figur 56. Höjdjustering på rigg/rack kombinerad med vajer/skena (egen bild)

### Koncept 7.2.1.1

I Figur 57 visas ett koncept där snedställningslåsnings kombinerats med släde på rör. Släde på rör är en vidareutveckling av konceptet släde på lina och består av en släde, som kan lastas med viktskivor, och ett rör som släden löper utmed. Släden är fäst i en vajer som löper över rullar och till sist fäster i ett handtag där användaren kan utföra drag. Rullen som är närmast handtaget sitter på ett fäste som kan justeras i höjddled och som låses vid rackets stolpe med hjälp av snedställning när kraft appliceras av användarens drag. Konceptet använder sig av fotstödet o.o.1.o.

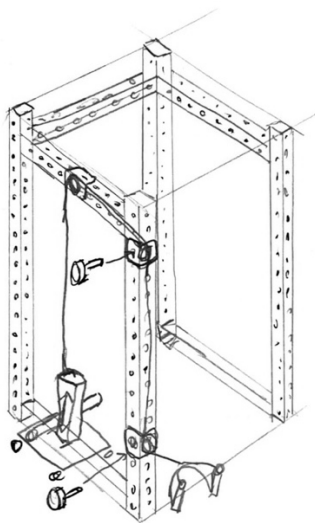


Figur 57. Höjdjustering med snedställningslåsnings kombinerad med släde på rör (egen bild)

### Koncept 8.3.1.1b

Figur 58 visar ett koncept som kombinerar höjdjustering på rigg/rack med vagnen. Konceptet liknar till stor del konceptet med höjdjustering på rigg/rack kombinerad med vajer/skena, men här är det istället vagnen som tillhandahåller vikt/motstånd. Vagnen är beskriven tidigare och fungerar här på samma sätt och kopplas via en

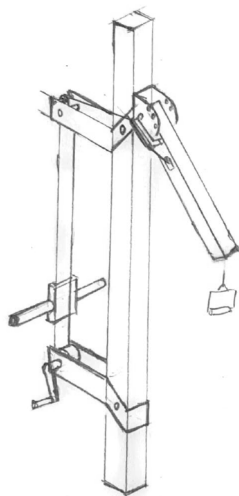
vajer till ett handtag där användaren kan utföra dragrörelse. Konceptet använder sig av fotstödet o.o.1.o.



Figur 58. Höjdjustering på rigg/rack kombinerad med vagnen (egen bild)

### Koncept 2.1.1.1

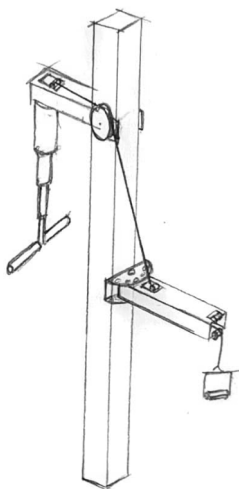
Figur 59 presenterar ett koncept där lever-arm har kombinerats med alternativet vajerkena. Vidare har vajrarna i det här konceptet bytts ut mot ett vinschband i och med att bandet har en viss styvhet i sidled. I övrigt består konceptet av tre delar, överdel, underdel och vikthållare. Underdelen består i ena delen av en infästning för rigg/rack och i den andra delen en vinsch med band. Utmed bandet sitter en vikthållare anpassad för viktskivor. Hållaren är rörlig längs bandet och sammankopplad med en vajer som sträcker sig upp till konceptets överdel och igenom lever-armen ut till brukaren. Överdelen består av ett fäste för vinschbandet och samma typ av infästning som underdelen för rigg/rack. På rigg-/rackstolpens andra sida sitter en lever-arm placerat rörligt i sin ena ände så att armens vinkel ut från stolpen ska kunna justeras. Konceptet använder sig av fotstödet o.o.1.o.



Figur 59. Lever-arm kombinerat med bandskena (egen bild)

### Koncept 9.5.1.1

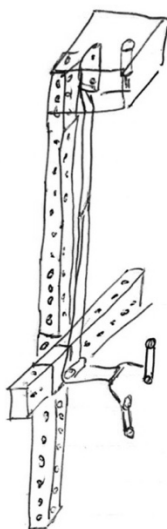
Figur 60 presenterar kombinationen av teleskopskena ovanifrån med horisontell lever-arm. Motståndet i konceptet utgörs av viktskivor som lastas jämnt på vardera sida om teleskopskenans nedre ände. Den horisontella lever-armen kan justeras i höjled genom att ändra infästning utmed den stolpe den sitter vid och justeras i bredd genom att ändra vinkel vid infästningen. Till konceptet hör också ett fot-/knästöd som kan ses ovan i Figur 49.



Figur 60. Teleskopskena ovanifrån med horisontell lever-arm (egen bild)

### Koncept 6.4.1.2

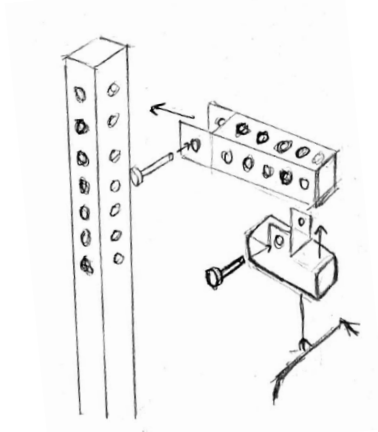
I Figur 61 visas ett koncept bestående av en horisontell balk med rulle kombinerad med hydraul-låda. Handtagets position kan justeras både i höjd- och sidled genom att hålen i respektive balk används för infästning. Handtaget kopplas via ett band till hydraul-lådan som sitter monterad på toppen för att drag ska kunna utföras både vertikalt och horisontellt.



Figur 61. Horisontell balk med rulle och hydraul-låda (egen bild)

### Koncept 1.4.1.1

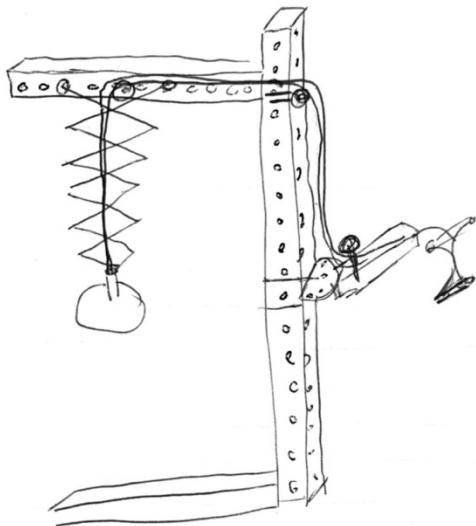
Figur 62 visar konceptet elektrisk dragdosa med horisontell balk. Konceptet fungerar så att dragdosa fästs utmed den horisontella balken vid önskat avstånd. Balken fixeras i sin tur vid en rigg-/rackstolpe och anpassas även den till höjd och riktning. Till konceptet hör ett fot-/knästöd som ovan kan ses i Figur 49.



Figur 62. Horisontell balk med elektrisk dragdosa (egen bild)

### Koncept 11.5.1.2

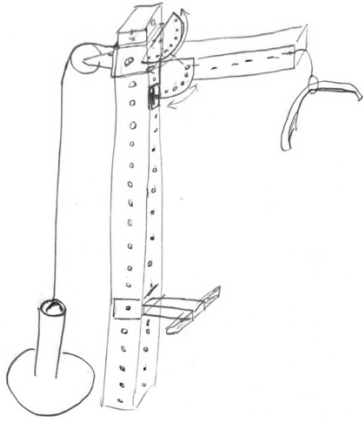
Figur 63 visar ett koncept där saxledsskena ovanifrån kombinerats med en horisontell lever-arm. Vikten i saxledsskenan är sammankopplad med ett handtag via ett band som löper över rullar. Grepphöjden kan justeras genom att den horisontella leverarmen flyttas utmed hålen i rigg-/rackstolpen den är monterad på. Konceptet använder sig av fotstödet o.o.1.o.



Figur 63. Saxledsskena ovanifrån och horisontell lever-arm (egen bild)

### Koncept 10.5.1.1

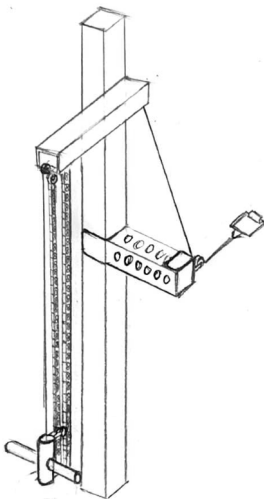
I Figur 64 visas ett koncept där horisontell lever-arm kombinerats med en fri vikthållare. Lever-armen kan justeras horisontellt men den har också kombinerats så att den kan justeras vertikalt. Greppunkten kan således förflyttas inom 180 grader i sidled och 90 grader i höjddled. Konceptet använder sig av fotstödet o.o.1.o.



Figur 64. Dubelledad leverarm med fri vikthållare (egen bild)

### Koncept 3.4.1.1

Figur 65 visar ett koncept där idéerna loopad vaderskena och horisontell balk har kombinerats, med undantaget att en kedja har ersatt vajern i skenan. Kedjeskena har valts istället för vaderskena därför av att kedjor är styva sidledes och rotationsmässigt i och med dess geometri. Till konceptet hör också fot-/knästödet o.o.1.o.



Figur 65. Loopad kedjeskena och horisontell balk med rulle (egen bild)

### **5.3.4. Lista över koncept med konceptnummer**

Nedan visas en lista där koncepten sammanfattats med sitt konceptnummer och namn. Om två koncept hade samma nummer tillades en bokstav i slutet av numret för att skilja dem åt. Syftet med listan var att ge en bättre överblick för utvärdering.

- 8.1.1.1 Mittmonterad leverarm med vagn
- 8.3.1.1.a Kabelvagn
- 5.1.1.1 Hävarmshjul
- 4.1.1.1 Lever-arm med extern viktskena
- 2.3.1.1 Höjdjustering på rigg/rack med vajerskena
- 7.2.1.1 Snedställningslås med släde på rör
- 8.3.1.1.b Höjdjustering på rigg/ragg med vagnen
- 2.1.1.1 Lever-arm med bandskena
- 9.5.1.1 Horisontell lever-arm med teleskopskena
- 6.4.1.2 Horisontell balk med hydraullåda
- 1.4.1.1 Horisontell balk med elektrisk dragdosa
- 11.5.1.2 Horisontell lever-arm med saxledsskena
- 10.5.1.1 Dubbelledad lever-arm med fri vikthållare
- 3.4.1.1 Loopad kedjeskena med horisontell balk

### **5.3.5. Elimineringssmatris**

För att utvärdera koncepten i föregående steg användes en elimineringssmatris. Koncepten utvärderades utifrån ifall de löste huvudfunktionen, uppfyllde alla krav (enligt kravspecifikationen), var realiserbara i alla praktiska avseenden samt om all information fanns tillgänglig. Om konceptet uppfyllde kriteriet i den givna kolumnen markerades detta med ett plustecken. Om det däremot inte uppfyllde kriteriet markerades detta med ett minustecken. Fick ett koncept ett minustecken i någon av kolumnerna eliminerades det konceptet. Om något var oklart markerades detta med ett frågetecken tillsammans med en kommentar och koncept kunde elimineras även baserat på detta. Elimineringssmatrisen presenteras i Tabell 7.

Tabell 7. Elimineringstris

Elimineringstris rack-/riggillbehör						Skapad: 210331	Modifierad: 210407
	+ JA						<b>Behäll eller eliminera</b>
	- NEJ						<b>lösning</b>
							<b>? Sök (mer) information</b>
Alternativ	Löser huvudproblemet	Uppfyller alla krav	Realiserbar (i alla praktiska avseenden)	Tillräcklig information finns	Kommentar		
8.1.1.1	+	+	+	+			Behäll
8.3.1.1.a	+	+	+	+			Behäll
5.1.1.1	+	+	+	?	Draglängd		Behäll
4.1.1.1	+	+	+	?	Placering lina		Behäll
2.3.1.1	+	+	+	?	Längd på lina + Latsdrag?		Behäll
7.2.1.1	+	+	+	?	Längd på lina + Latsdrag + Fungerar snedställn?		Behäll
8.3.1.1.b	+	+	+	?	Längd på lina + Latsdrag?		Behäll
2.1.1.1	+	+	+	?	Hur mycket kommer den väga?		Behäll
9.5.1.1	+	+	+	?	Längd lina + Teleskopskena + Vikt, leverarm?		Behäll
6.4.1.2	+	+	-	?	Problemlösningen i konceptet ligger mer åt hållf + mekanik		Eliminera
1.4.1.1	+	+	-	?	Problemlösningen i konceptet ligger mer åt elektro + data		Eliminera
11.5.1.2	+	+	+	?	Längd lina + saxled + Vikt, leverarm?		Behäll
10.5.1.1	+	-	+	?	Bevara leverarmens dubbla led		Eliminera konceptet men behäll dubbla leder på lever arm till andra koncept
3.4.1.1	+	+	+	?	Opraktiskt med kedja vid Förvaring + Montering		Eliminera

### 5.3.6. PNI-matris två

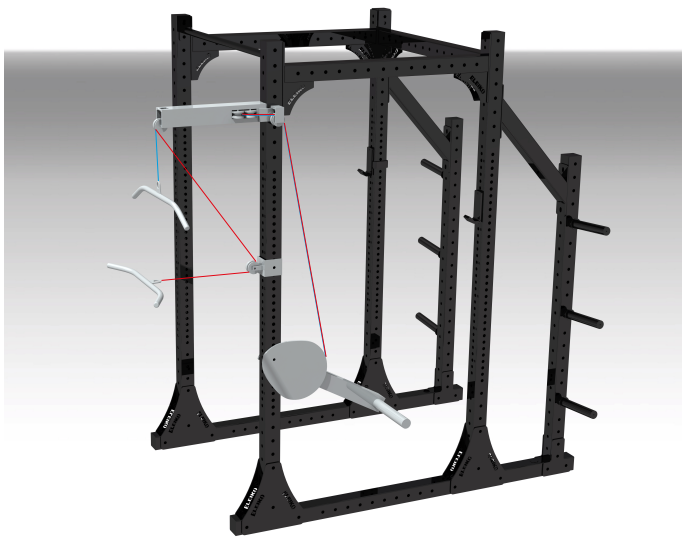
För att eliminera ytterligare koncept användes en PNI-matris. PNI-matrisen användes tack vare dess enkla karaktär som enkelt tillåter bedömning av många koncept samtidigt. Vidare kunde utvärderingar göras utan att koncepten var fullständigt utvecklade. I den andra PNI-utvärderingen fanns från början nio koncept och efter utvärderingen fanns fem koncept kvar. När utvärderingarna utfördes riktades fokus mest mot konceptens originalitet relativt varandra. PNI-matris två presenteras i Tabell 8.

Tabell 8. PNI-matris 2

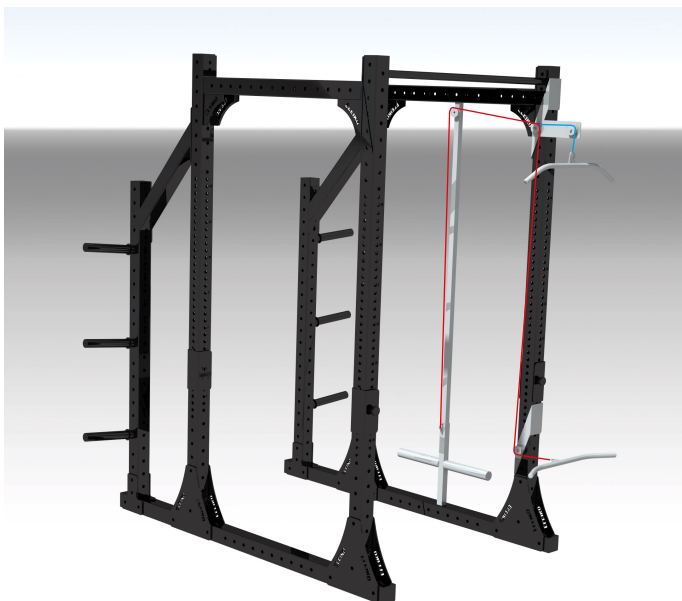
Koncept	Positivt	Negativt	Intressant	Motivering	Beslut
8.1.1.1	Monterad rakt ovanför vagnen. Vagnen erbjuder förvaring	Passar inte till riggar i dagsläget + monteras högt & viktfaktor	Vagnen	Lever-armen i konceptet skulle behöva vara lång och därför bli klumpig att montera. Det finns andra lever-arm koncept som fungerar bättre, därför elimineras konceptet.	Eliminera
8.3.1.1.a	Monterad rakt ovanför vagnen. Vagnen erbjuder förvaring	Passar inte till riggar i dagsläget + monteras högt	Vagnen	För krånglig vid installation. Konceptet liknar 8.3.1.1.b som anses vara lättare att installera. Därför behålls 8.3.1.1.b medan 8.3.1.1.a elimineras.	Eliminera
5.1.1.1	Elliptiskt hjul	Kräver smidig lösning för längdjustering av vajer	Elliptiskt hjul	Intressant koncept	Behåll
4.1.1.1	Stabilitet	Stor & klumpig	Kan stå på hjul	Koncept 7.2.1.1 löser funktionen på ett smidigare sätt. Därför behålls den lösningen medan denna elimineras	Eliminera
2.3.1.1	Enkel	Många delar. Kräver två stolpar för montering	Enkla delar	Konceptet kräver två stolpar för montering och har många delar vilket gör den komplicerad att	Eliminera
7.2.1.1	Enkel	Snedställningslösning + smidig lösning för längdjustering av vajer	Väldigt lik ursprungslösningen	Liknar koncept 4.1.1.1 men löser funktionen på ett smidigare sätt. Därför behålls detta koncept medan 4.1.1.1 elimineras	Behåll
8.3.1.1.b	Enkel att montera + vagnen erbjuder förvaring	Behövs extra del för latsdrag + smidig lösning för längdjustering av vajer	Enkla delar + vagn	Konceptet liknar 8.3.1.1.a som anses vara svårare att installera. Därför behålls 8.3.1.1.b medan 8.3.1.1.a elimineras.	Behåll
2.1.1.1	Få delar	Svår att förstå	Potential för att vara smidig förvaring & förflyttning	Intressant koncept	Behåll
9.5.1.1	Få delar + Enkel	Vikt & behövs smidig lösning för längdjustering av vajer	Breddjusteringen + platseffektiv	Koncepten är så pass lika varandra att de tas vidare som ett koncept	Behåll
11.5.1.2	Få delar + Enkel	Vikt & behövs smidig lösning för längdjustering av vajer	Breddjusteringen + platseffektiv		

### 5.3.7. CAD modeller

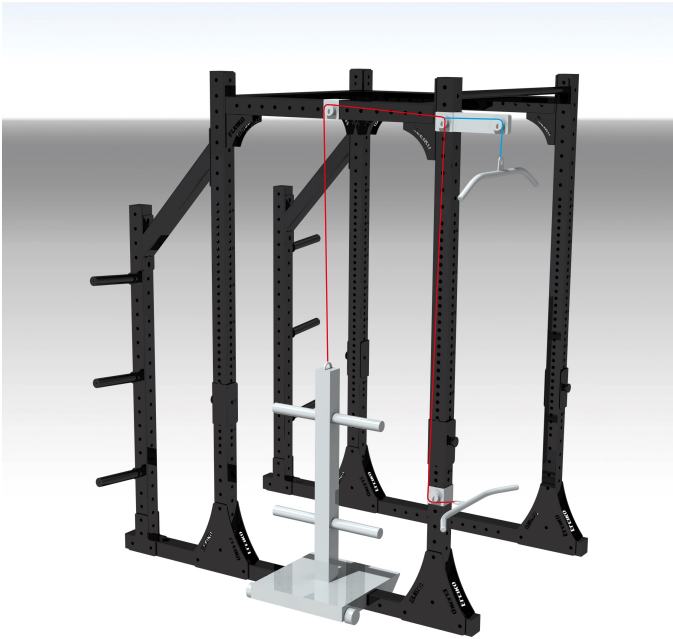
För att testa funktion och utvärdera de kvarvarande fem koncepten gjordes CAD-modeller av dessa. När modellerna byggdes utvecklades också koncepten, dels efter kommentarer i PNI-matrisen men även då det uppstod situationer när de skissade koncepten inte fungerade på ett önskvärt sätt. CAD-modelleringen fungerade på så vis också som en form av idégenereringsmetod. Nedan presenteras bilder av de fem CAD-modellerna, se Figur 66 till Figur 70. I modellerna har två handtag placerats för att representera både vertikalt och horisontellt dragläge i samma bild. Vidare presenteras en vajer till varje handtag i form av en röd och en blå linje. I verkligheten är det dock så att användaren väljer vilken rörelse som skall utföras och placerar handtaget därefter.



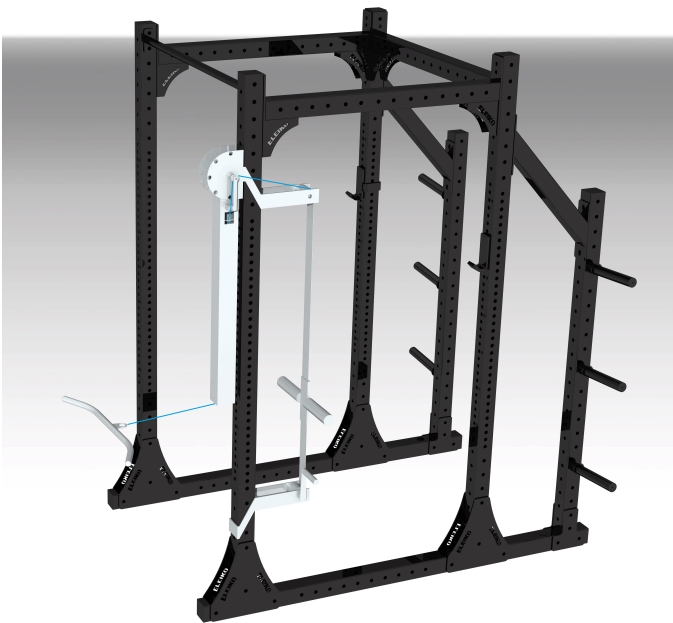
Figur 66. CAD modell av koncept 5.1.1.1 (egen bild)



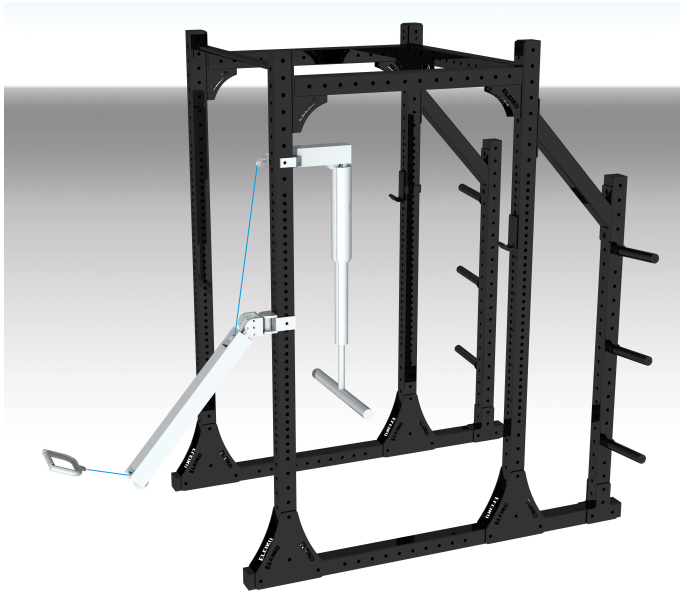
Figur 67. CAD modell av koncept 7.2.1.1 (egen bild)



Figur 68. CAD modell av konsept 8.3.1.1.b (egen bild)



Figur 69. CAD modell av konsept 2.1.1.1 (egen bild)



Figur 70. CAD modell av koncept 9.5.1.1 (egen bild)

### 5.3.8. Pugh matris och konceptval

För att utvärdera de fem koncepten gjordes en pugh-matris, se bilaga 2. Resultatet av pugh-matrisen var att koncepten kunde rangordnas från ett till fem där ett var det koncept som fick bäst betyg och fem det koncept som fick sämst betyg. Vidare resulterade pugh-matrisen i att vissa delar av koncepten genomgående fick höga betyg medan andra delar fick genomgående låga betyg. På så sätt kunde de bra delarna väljas ut och kombineras. Summering av Pugh-matriserna presenteras nedan i Tabell 9.

Tabell 9. Summering av Pugh-matriser

Koncept:	5.1.1.1	7.2.1.1	8.3.1.1.b	2.1.1.1	9.5.1.1
Poäng	-33	-49	43	-21	12
Rangordning	4	5	1	3	2
Vidareutveckling	NEJ	NEJ	JA	NEJ	JA

Anledningen till de två bästa konceptens höga poäng konstaterades vara vagnens portabilitet och förvaringsfunktioner i koncept 8.3.1.1.b medan armen i koncept 9.5.1.1 stod för en stor fördel när det handlade om användarvänlighet vid justering av höjd och justering av aktivitet.

Även om de båda koncepten fick betydligt högre poäng än övriga koncept saknade de inte svagheter. Koncept 8.3.1.1.b visade sig vara sämre när det kom till justering av aktivitet och antalet delar som ingick i konceptet var fler än i övriga koncept vilket var en nackdel vid montering. Koncept 9.5.1.1 visade sig ha svagheter i stabilisering av motstånd och vid förvaring. Av denna anledning konstaterades att ett nytt koncept skulle tas fram där de starkaste sidorna av de båda vinnande koncepten skulle kombineras.

Några andra förbättringsområden identifierades också i pugh-matrisen. Koncept 8.3.1.1.b använde sig av både stolpen och överliggande balk vid montering. Detta visade sig vara en svaghet då vissa typer av ställningar, bland annat riggar, saknar

den överliggande balken. Därför togs beslutet att utveckla konceptet så att alla delar istället monteras på stolpen. En annan svaghet som flera av koncepten hade var att vissa av delarna monterades högt upp vilket skulle skapa problem för kortare brukare.

Vid utveckling av det nya konceptet användes därför följande punktlista:

- Kombinera vagnen med armen
- Konstruera så att alla delar monteras på stolpe
- Konstruera så att även korta användare kan montera alla delar

### **5.3.9. Observation 2**

För att studera detaljer och verifiera vissa mått genomfördes en andra observation där ett gym besöktes. Då de uppkommit en viss osäkerhet över den önskade draglängden vid horisontella och vertikala drag kontrollerades dessa rörelser när de utfördes i en kabelroddmaskin respektive latsdragsmaskin. Den maximala draglängden som behövdes uppstod vid vertikala drag och uppgick till 100 cm där ungefär 85 cm utgjordes av själva draget medan 15 cm utgjorde en förspänning där draghandtaget förflyttades så att linan spändes medan användarens armar förblev raka då användaren satte sig vid maskinen. Detta mått överensstämde alltså med det tidigare krav som specificerats i kravspecifikationen.

## **5.4. Slutkoncept**

Nedan följer en presentation av en fysisk funktionsmodell som följs upp av en hållfasthetsberäkning för en i funktionsmodellen identifierad kritisk punkt. Det slutliga konceptet presenteras sedan med en CAD-modell. Avslutningsvis föreslås lämpliga tillverkningstekniker och sedan presenteras två användarscenarier för att sätta konceptet i sin kontext.

### **5.4.1. Fysisk funktionsmodell**

I sammanslagningen av koncept 8.3.1.1b och 9.5.1.1 uppstod frågetecken kring hur vajern skulle styras mellan armen och vagnen. Efter en kortare brainstorming med inslag av brainwriting genererades två alternativ. I första alternativet drogs vajern likt koncept 9.5.1.1 upp genom en balk placerad högre upp för att sedan ledas till en position ovanför vagnen. I det andra alternativet placerades istället en till arm på baksidan av samma hållare som med en brant vinkel upp styrde vajern till en lagom hög position ovanför vagnen. De två alternativen vägdes mot kravspecifikationen för att urskilja vilket av dem som var mest lämpad för uppgiften. I utvärderingen lades stor vikt vid montering och demontering där de största faktorerna var höjd, vikt och antal delar. Fördelen med det första alternativet, att ha en extra balk placerad högre upp som guidar vajern bedömdes vara att vikten på de enskilda komponenterna skulle bli lägre. Nackdelen däremot ansågs vara monteringshöjden som för kortare användare skulle bli kritisk. Fördelen med det andra alternativet, att ha en arm på baksidan som leder vajern i position ovanför vagnen, var att komponenten med gav montering/demontering vid en ergonomiskt fördelaktig höjd samt att antalet komponenter var färre vilket innebar färre moment vid montering/demontering. Nackdelen med alternativet var däremot vikten per komponent som riskerade att bli

oacceptabelt hög. Slutligen togs beslutet att gå vidare med alternativ två då de identifierade fördelarna bedömdes vara överlägsna och nackdelen som överkomlig.

För att testa konceptets funktion gjordes en fysisk funktionsmodell av trä, se Figur 71 och Figur 72. Funktionsmodellen byggdes i skala 1:1 och var en förenklad version av konceptet, därför saknades vissa delar och funktioner. Vagnen saknade hjul för transport och armarna var konstruerade med förenklade rullar för en lina att löpa över. Denna förenklade konstruktion ansågs lämplig då syftet med modellen främst var att verifiera dess dimensioner och att dessa medgav att användningen kunde ske på önskvärt sätt.

Tester utfördes för att undersöka hur förvaring, transport och montering vid stolpe fungerade. Vidare gjordes tester för hur konceptet uppförde sig vid vertikala och horisontella drag, detta simulerades genom att en användare utförde rörelserna så som de var tänkta att utföras och konceptet iakttogs. Detta resulterade i några punkter som behövde förändras:

1. Den bakre armen behövde snedställas så att vagnen placerades vid sidan av rackets bottenrör, se Figur 72.
2. Vagnen behövde en lösning som gjorde att den förblev stillastående när dragrörelser utfördes.
3. Det behövde undersökas om infästningspunkten mellan den bakre armen och monteringsplattan behövde förstärkas då en stor snedställning uppstod vid belastning.



Figur 71. Funktionsmodell vid horisontellt drag (egen bild)



Figur 72. Funktionsmodell vid vertikalt drag (egen bild)

I Figur 73 visas en sekvens där en användare utförde ett vertikalt drag med den fysiska funktionsmodellen. Från vänster till höger ses hur användaren först greppade tag i handtaget och sedan drog detta nedåt. Samtidigt tillät vagnens teleskopfunktion att den övre delen av vagnen lyftes medan dess bottenplatta stod kvar på golvet. På så sätt hindrade bottenplattan att vagnens övre del svajade vid dragrörelsen, motståndet förblev därför konstant.



Figur 73. Från vänster till höger visas en användningssekvens vid vertikala drag (egen bild)

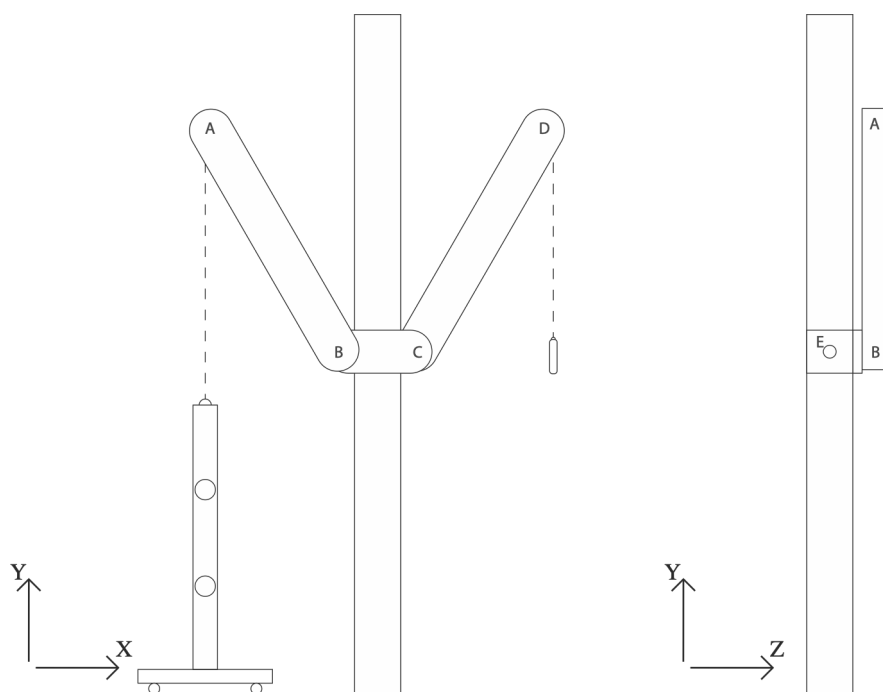
#### 5.4.2. Hållfasthetsberäkningar

I funktionsmodellen av trä noterades en kritisk punkt som var extra utsatt för vridning vid belastning. Denna punkt var där den bakre armen och infästningen möts, punkten B i Figur 74 (se även förklaring i Figur 77). Eftersom den bakre armen var monterad bredvid stolpen, vilket visas i den högra delen av Figur 74, uppstod ett

vridmoment som fick infästningen att vridas. Hållfasthetsberäkningar gjordes därför för att undersöka vridningen av infästningen om den istället varit av stål.

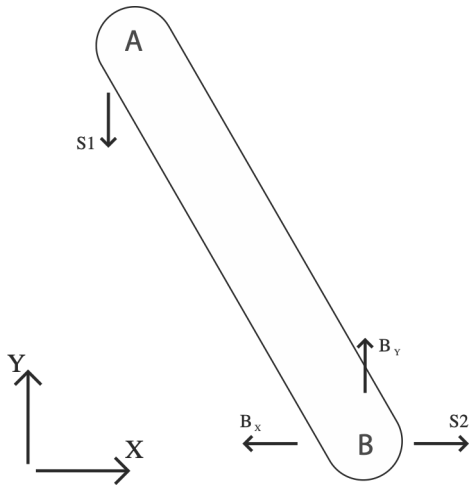
Beräkningarna gjordes för att undersöka om konceptet helt skulle falla på grund av sin konstruktion eller om konceptet var realiserbart. I beräkningarna gjordes därför två antaganden. Det första var, konstant linkraft på grund av friktionsfria trissor. Det andra var, armarnas egenvikt försumrades då den var mycket mindre än den yttre lasten. De mått som användes var dels efter konceptets mått men också efter dimensioner som ansågs rimliga baserat på liknande träningsmaskiner med samma typ av belastning. Utöver vridningen av infästningen gjordes inga hållfasthetsberäkningar då det inte fanns någon anledning att tvivla på att övriga komponenter skulle gå att konstruera på ett sådant sätt att konceptet skulle fungera.

I Figur 74 presenteras konceptet schematiskt i två vyer med den vänstra sedd i ett XY-plan och den högra i YZ-plan. Bokstäver markerades ut för att underlätta förklaring vid beräkning.



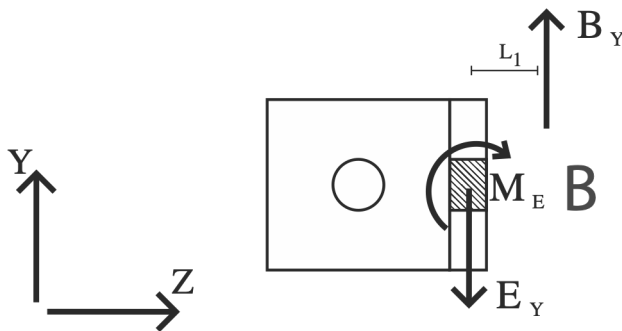
Figur 74. Schematisk bild över konceptet för att utföra beräkningar (egen bild)

I Figur 75 har den bakre armen frilagts och ses i XY-planet. Med hjälp av kraftsummer i X- och Y-led konstaterades det att  $S_2 = B_x$  och  $S_1 = B_y$ .



Figur 75. Friläggning av bakre arm (egen bild)

Figur 76 presenterar en friläggning av infästningen sedd i YZ-planet. Genom en jämviktberäkning utgåendes från centrum av det streckade området i Figur 76 kunde slutsatsen dras att momentet  $M_E = B_Y \cdot L_1$  där  $L_1$  var halva armens bredd vilket var 15 mm eftersom armens bredd bestämts till 30 mm. I Figur 76 har krafterna i Z-led uteslutits då de inte har någon inverkan på vridmomentet  $M_E$ .



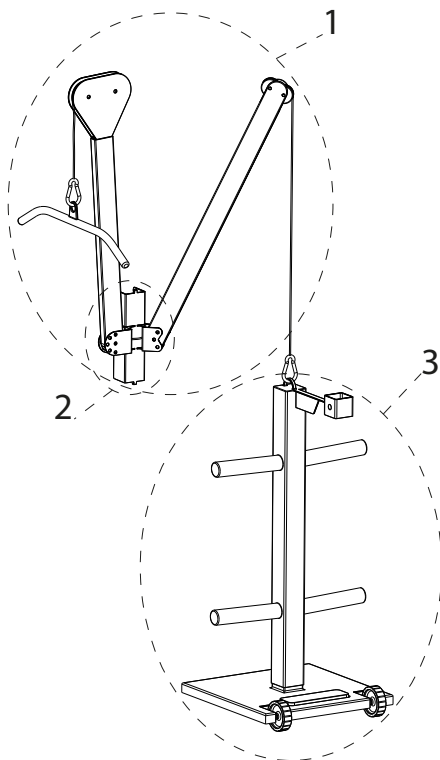
Figur 76. Friläggning av monteringsplatta (egen bild)

$S_1$  var linkraften som uppkom av det viktmotstånd som åstadkoms av vagnen när den lastades med viktskivor. Det har tidigare specificerats ett önskat viktmotstånd om 150 kg och därför användes denna belastning för att beräkna linkraften.  $S_1$  var således  $150 \cdot g$  där  $g=9,81$  N/kg. Det som eftersöktes för att beräkna vridningen av monteringsplattan var momentet  $M_E$ . Detta moment användes sedan i formeln för vridning som lyder  $\theta = \frac{M_v \cdot L}{G \cdot K_v}$ , där  $\theta$  är vridningsvinkeln,  $M_v$  vridmomentet,  $L$  längden på det som vrids,  $G$  skjuvmodulen (för stål, 81 GPa) och  $K_v$  vridstyvhets tvärsnittsfaktor som bestäms av geometrin (Dahlberg, 2001). I denna beräkning antogs  $L$  vara 40 mm. Tvärsnittsmåtten på infästningen bestämdes till 80 mm hög och 3 mm bred. Detta gav en vridning på 0,86 grader vilket innebar att den bakre armens överdel flyttades 14 mm i sidled. Snedställningen bedömdes fungera men inte vara önskvärd ur ett brukarperspektiv. Vidare ansågs snedställningen kunna bidra till påfrestningar i infästningen vilket innebär en ökad risk för brott. Monteringsplattan behövde därför förstärkas för att förhindra denna snedställning.

### 5.4.3. CAD-modell och renderingsbilder av slutkoncept

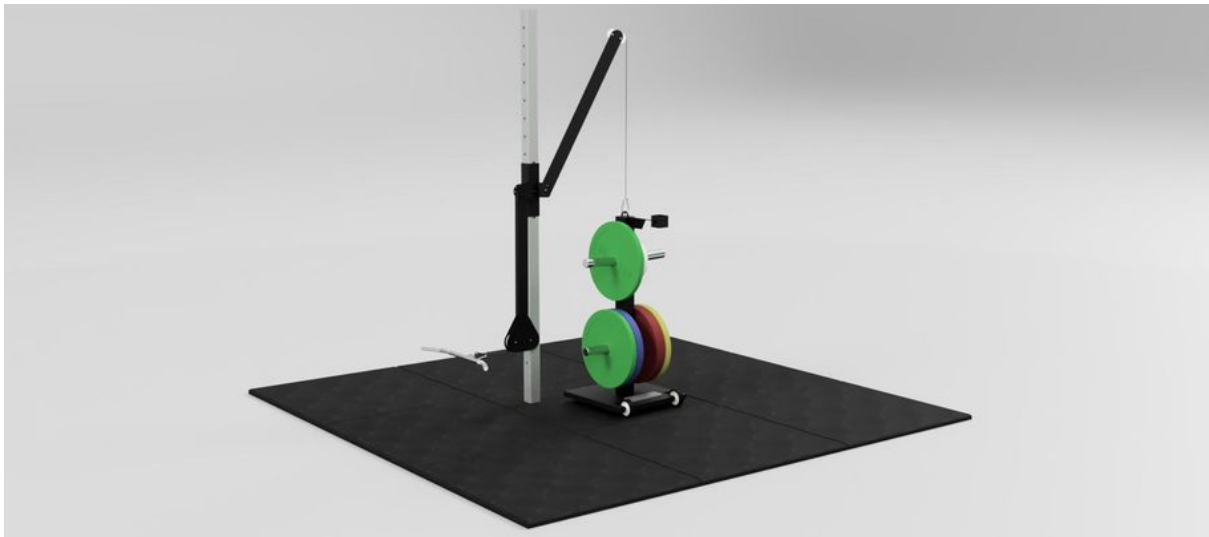
För att underlätta presentation och diskussion kring resultatet har slutkonceptet och dess delar getts egna namn. Hela konceptet har därmed namngivits till Träningsstation och innefattar allt som presenteras i Figur 77. Vidare i Figur 77 har dess delar markerats i tre områden och benämns enligt följande:

1. Dragmaskin
2. Infästning
3. Vagnen



Figur 77. Presentation av komponenters benämning (egen bild)

Nedan visas ett antal renderingsbilder där konceptet monterats på en stolpe, stolpen representerar en stolpe på en rigg eller ett rack. I Figur 78 visas konceptet inställt i roddläge och vagnen har lastats med viktskivor. I Figur 79 visas konceptet inställt i latsdragsläge.

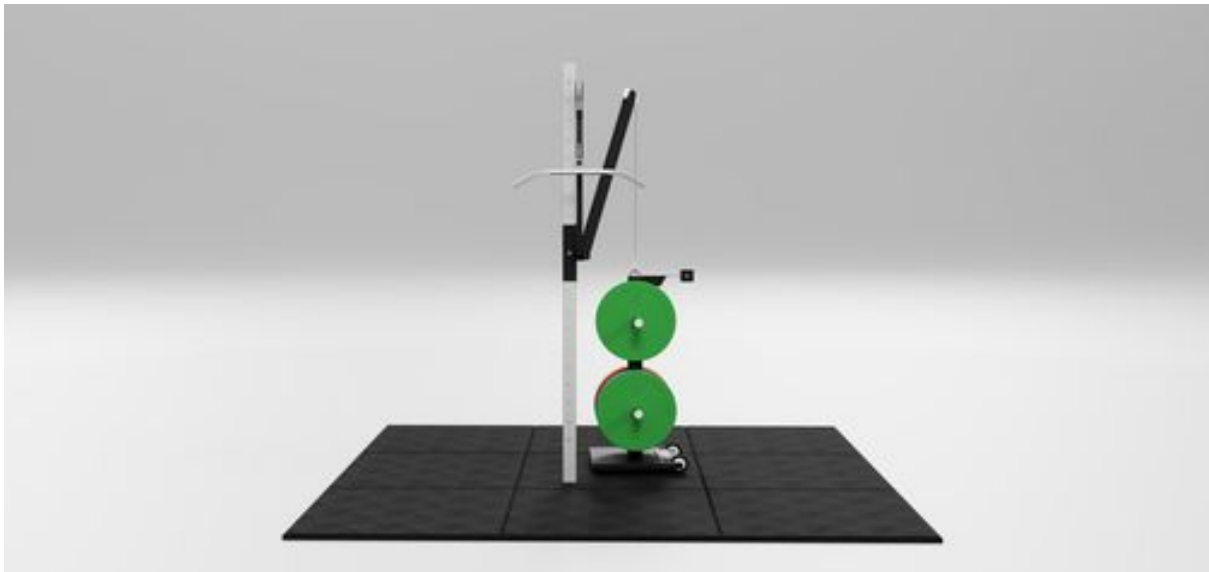


Figur 78. Konceptet i roddläge (egen bild)



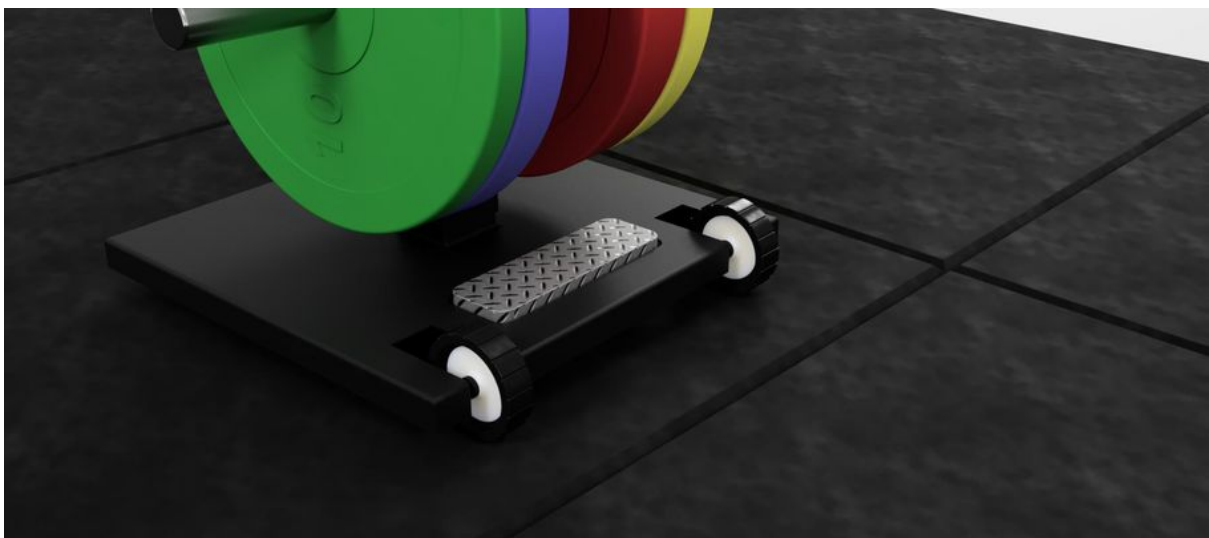
Figur 79. Konceptet i latsdragsläge (egen bild)

Det har tidigare nämnts några förändringar som behövde göras med konceptet för att öka användarvänligheten och uppnå en bättre funktion. I Figur 80 visas hur den bakre armen snedställts för att vagnen skulle placeras vid sidan av stolpen. Snedställningen innebär att konceptet fungerar på ställningar både med och utan bottenrör och ökar på så sätt antalet potentiella användare.



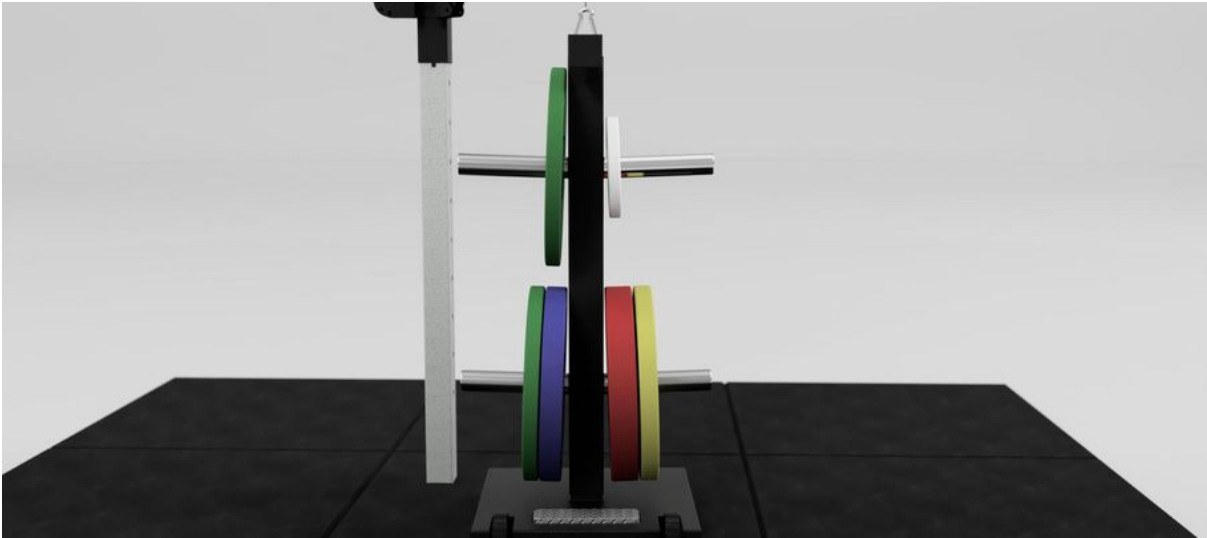
*Figur 80. Den bakre armen har snedställts (egen bild)*

Vagnen i sin tur har fått en stopp-pedal som användaren kan trampa på för att låsa hjulen så att vagnen förblir stillastående vid träning, se Figur 81. Detta gör att vikt motståndet upplevs som följsamt och ger konceptet en känsla av stabilitet och kvalitet.



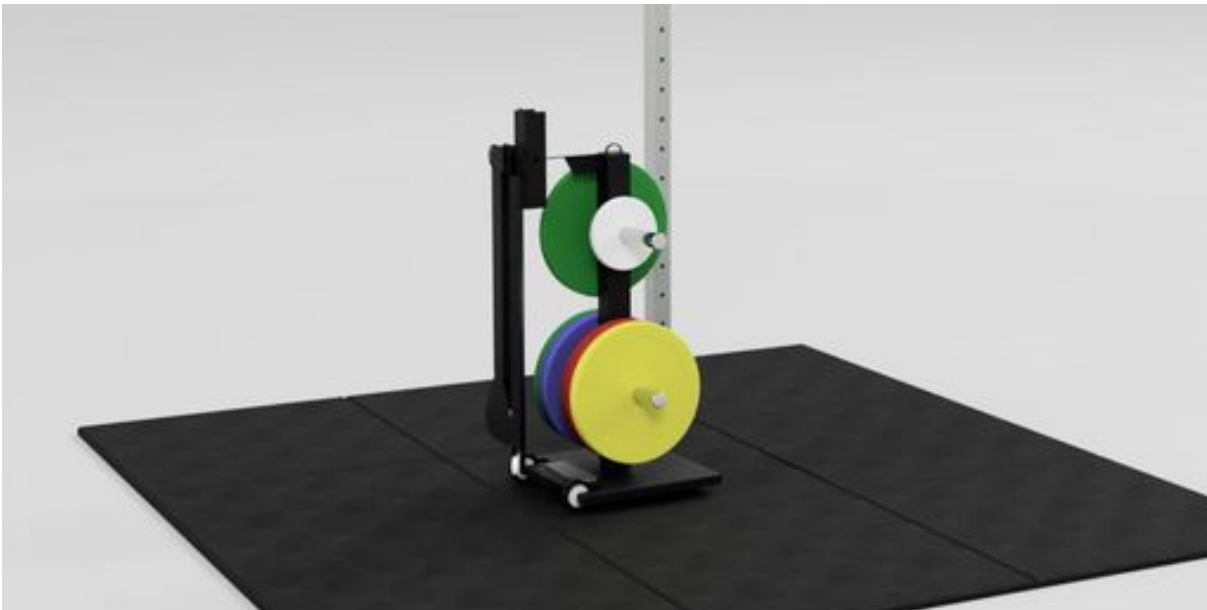
*Figur 81. Stopp-pedalen visas i rostfritt material (egen bild)*

Vidare har vikthållarna på vagnen givits en två graders lutning uppåt för att viktskivor inte ska kunna glida av under användning, se Figur 82. Denna förändring gjordes för att öka användarens säkerhet och också för att ge en ökad kvalitetskänsla.

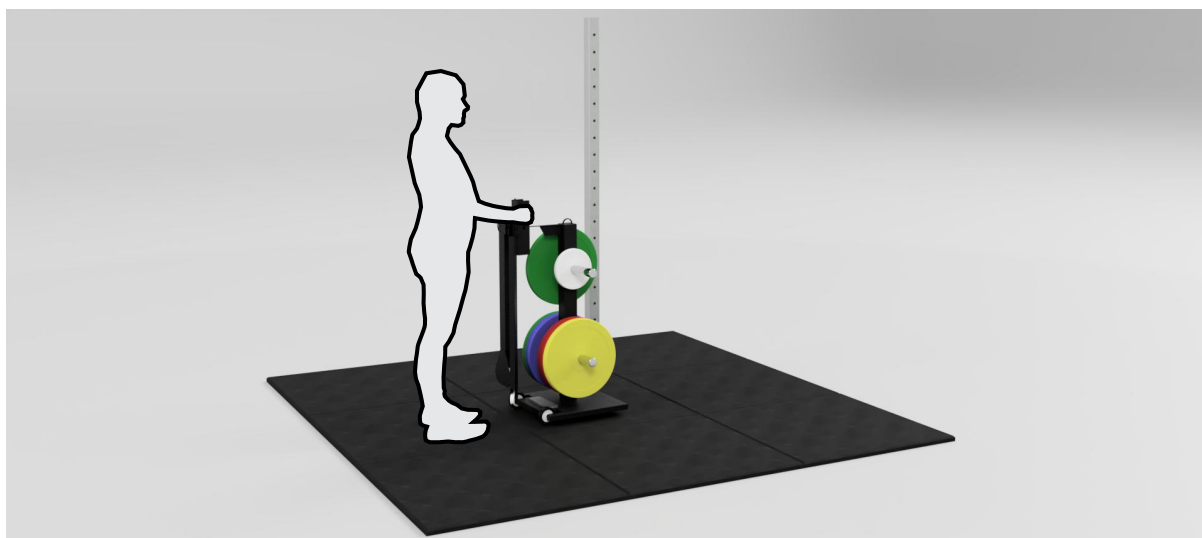


*Figur 82. Vikthållarna har snedställts uppåt (egen bild)*

En förvaringslösning för dragmaskinen integrerades i CAD-modellen, se Figur 83. En konsol på armen utgör en plats där armen kan hänga vid transport och förvaring. Placeringen av denna konsol gör att armen förvaras i en höjd som gör den smidig att montera på stolpen vid användning, se Figur 84.

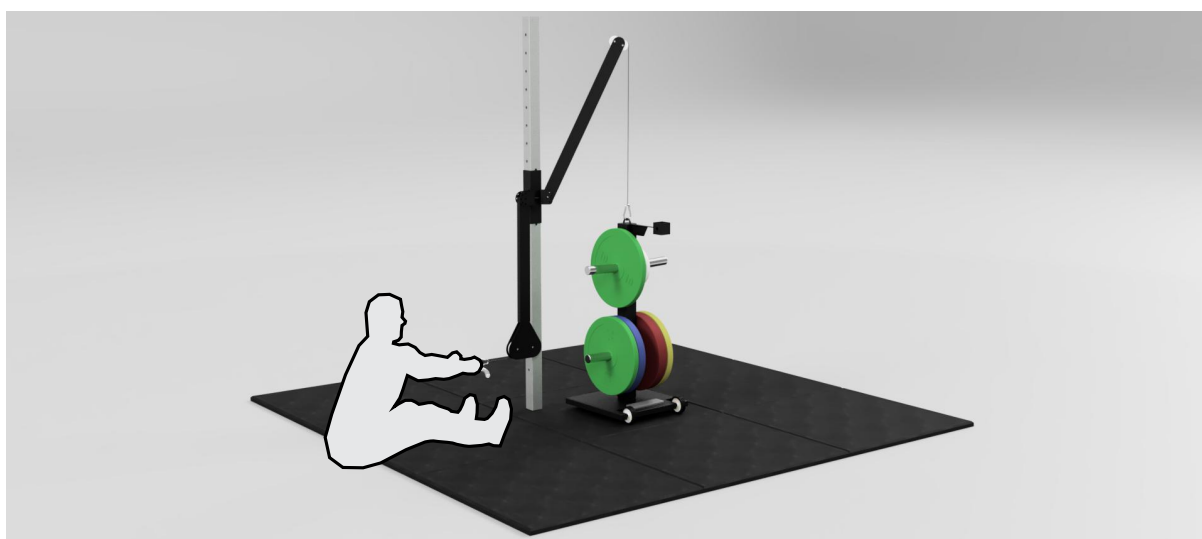


*Figur 83. Dragmaskinen förvaras på vagnen (egen bild)*



Figur 84. Hopfälld träningsstation med person (egen bild)

För att presentera träningsstationen i ett monterat läge har Figur 85 nedan skapats. Där kan brukarens placering och en antydning om användning avläsas.



Figur 85. Träningsstation i roddläge med person (egen bild)

CAD-modellen användes även för att kontrollera massan på de ingående delarna för att jämföra dessa med kravspecifikationen. Det bör nämnas att denna massa kontrollerats under tiden som CAD-modellerna tagits fram för att se till att ingen komponent fick en orimligt hög massa. Siffrorna presenterades först i samband med det färdiga konceptet eftersom det ansågs var först här det var relevant.

Dragmaskinens massa var 11kg vilket var 1kg över tillåten vikt enligt kravspecifikationen, detta bedömdes dock fungera eftersom användaren inte behövde bära armen vid transport utan bara flytta den en kort sträcka från vagnen till stolpen vid montering och i kravspecifikationen baserades massan på att användaren förflyttade massan genom att bära den.

Vagnens övre del hade massan 10,4 kg. Eftersom denna del är den del som rör sig när användaren tränar utgör dess massa det lägsta viktmotståndet som erbjuds. För att

jämföra detta lägsta vikt motstånd med kravspecifikationen räknades massan om till kraft, vilket gav ett resultat på 102 N, att jämföra med kravet om lägsta motstånd på 100N. Denna differens ansågs inom felmarginalen och konceptet ansågs därmed klara kravet. 10,4 kg ansågs som en bra lägsta vikt i de avsedda rörelserna vertikala och horisontella drag eftersom detta är rörelser där användaren generellt sett använder ett högre motstånd än så.

#### **5.4.4. Tillverkningsmetod**

I det här stycket föreslås material och tillverkningsmetoder för konceptets olika delar. Vid tillverkning kommer konceptet i huvudsak att bestå av stål i olika profiler då detta material har önskade mekaniska egenskaper. De kvadratiska och rektangulära delarna i konceptet kommer att tillverkas genom extrudering. Dessa profiler kommer sedan att skäras till önskad längd och hål kommer att borraras för att utgöra monteringspunkter. Vissa delar, exempelvis monteringsplattan för armarna kommer att bockas till önskad form och sedan svetsas samman med förstärkningar för att motverka den tidigare diskuterade snedställningen. De hjul som används i konceptet är av nylon och tillverkas genom formsprutning. En vajer kommer också att användas och materialet till denna tillverkas i huvudsak genom tråddragning.

#### **5.4.5. Scenario**

Två stycken scenarios har skrivits för att beskriva konceptets vision i dess kontext. På så vis förklaras hur konceptet avsetts att uppfylla frågeställningarna 2, 3 och 4. Dessa handlar om:

- Hur konceptet anpassats till sin tilltänkta miljö
- Hur konceptet anpassats till dess användare
- Vilka konceptets användare är

#### **Crossfitbox, Erik 20**

Det är lördag förmiddag och Erik har bokats in på ett prov på pass på den lokala Crossfitboxen. Han har ingen tidigare erfarenhet av den här sortens träning utan det närmaste var fotbollsfysen som han senast deltog i för tre år sedan innan han lade fotbollskorna på hyllan.

När Erik kommer till boxen är det högt tempo och det är ett tiotal personer som valt att delta. Var och en blir tilldelade varsin träningsstation som består av en viktvagn (viktställning på hjul) med tillhörande viktskivor, viktlås, skivstång och någon form av maskindel som består av två armar, infästning i mitten och en vajer som löper igenom med tillhörande handtag. Tränaren berättar att dagens pass är uppdelat i två delar med en wod, vilket hon berättar är en sorts cirkelträning, som inledning och därefter en styrkedel. Deltagarna blir uppmanade att sprida ut sig i den öppna lokalen med sina träningsstationer och sedan lasta 40-60kg på varsin skivstång. När alla är redo startar woden.

Eriks viktskivor glider hela tiden ut på skivstången och han får ständigt rätta till vikterna. Han ser sig omkring och inser att han glömt viktlås. Han tittar på sin träningsstation och ser att det sitter ett par magnetiskt fästa vid den. Viktlåsen snäpps på skivstången och han fortsätter woden.

Passet har nu nått sin styrkedel och deltagarna uppmanas att ställa sig vid varsin plats vid riggen. Därefter demonstrerar tränaren hur man monterar träningsstationens ”dragmaskin”, den som Erik tidigare identifierat som två armar med infästning i mitten och en vajer med handtag som löper genom alltsammans. Erik tar tag i dragmaskinen med båda händerna. Han lyfter den nära intill sig med armarna i en 90 graders vinkel vid armbågen och vänder sig mot sidan av ena riggstolpen. Dragmaskinen är försedd med en pigg på insidan av infästningen som Erik hakar in i en av riggens hål i höjd med hans mellangärde. Därefter tar han den tillhörande sprinten och fixerar maskinen vid stolpen. Övningen som ska utföras är latsdrag så den främre armen vinklas upp i sitt högsta läge och den bakre armen lika så. Därefter placeras träningsstationen under änden av den bakre armen, stationens stopp-pedal trycks in och vajern med karbinhake hakas i träningsstationens topp. När Erik fått tag på en närstående bänk och lagom vikt är lastat kan han påbörja sitt första set.

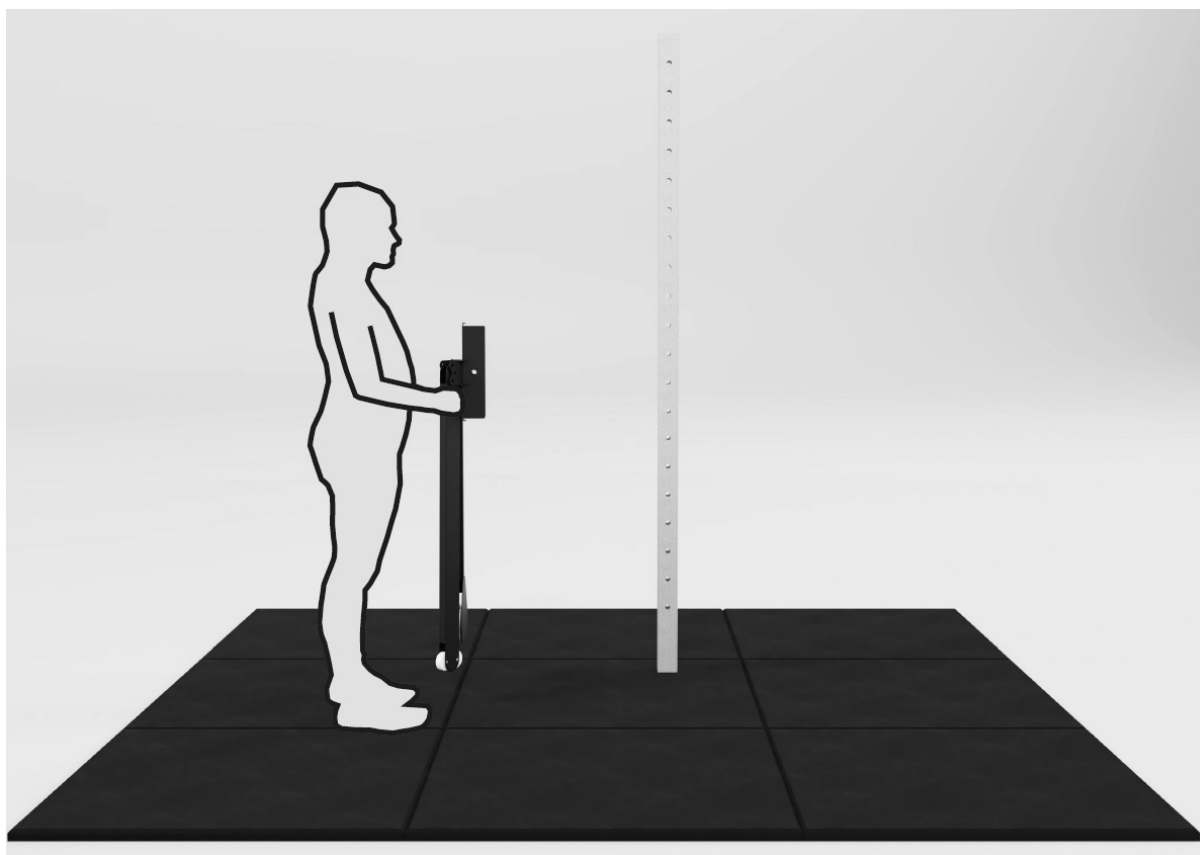
#### **Hemmagym, Stina 34**

Idag står det bänk på schemat och Stina som har jobbat hemifrån går ut till sitt garage för att träna. Hon är seriös med träningen och har därför investerat i en skivstång, viktskivor, bänk, power rack och en träningsstation. Utrustningen har hon valt ut noggrant då hon har både begränsad plats och budget. Stina ställer fram bänken och justerar höjden på power rackets j-cups. Hon hämtar skivstången som hon förvarar på träningsstationen och börjar värma upp med tom skivstång. Därefter går hon tillbaka till träningsstationen då hon även använder den som viktförvaring. Hon tar två 15-kilovikter som hon sedan lastar på vardera sida av skivstången.

Efter bänkpresen står det rodd på schemat, det kör hon för att växla övningarna mellan drag och tryck. Stina lastar då av skivstången och ställer tillbaka den på träningsstationen. Därefter lyfter hon upp stationens dragmaskin med händerna placerade högt upp på vardera sida om dess armar. Hon vänder sig om mot racket som står intill träningsstationen och hänger upp dragmaskinen i ett hål på power racket. Dragmaskinen fixeras med tillhörande sprint som enkelt skjuts in framifrån. Den främre armen låter hon vara fixerad neråt och den bakre armen höjs. Träningsstationen rullas en kort sträcka så den placeras under den bakre armens ände och stopp-pedalen trampas in. Vajerns karbinhake kopplas sedan in i toppen på stationen och vikterna justeras till lagom motstånd. Stina sätter sig sedan på golvet framför dragmaskinen, tar tag i handtaget och börjar köra.

#### **5.4.6. Ergonomi**

Till följd av att konceptförslaget består av olika delar där dragmaskinen behöver lyftas vid monteringsituation utfördes en ergonomisk utvärdering. Den valda utvärderingsmetoden heter REBA (Rapid Entire Body Assessment) och valdes på grund av dess konkreta sätt att utvärdera helkroppssituationer. Situationen som valdes att utvärderas var den som utanför träning identifierades som mest kritisk för användaren. Den valda situationen var vid montering av konceptförslagets dragmaskin. Nedan i Figur 86 presenteras en illustration av situationen.



Figur 86. Monteringssituation, ergonomi (egen bild)

Resultatet av REBA-utvärderingen blev 3 poäng på en skala som går från 1 till 15, där 15 är värsta tänkbara ergonomiskt sett. Innebörden av 3 poäng lyder "Låg risk, förändring kan behövas". Enligt Berlin & Adams (2017) är det viktigt att beakta hur ofta en situation som utvärderats i REBA förekommer eftersom metoden inte tar hänsyn till tid eller repetitioner. Därav har 3 poäng bedömts vara ett bra resultat då situationen endast inträffar två gånger per träningspass, montering och demontering. Hela REBA-analysen kan ses i bilaga 3.

## 5.5. Hållbarhetsanalys

En hållbar utveckling är en utveckling som tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov (Världskommisionen för miljö och utveckling, 1987). En hållbar utveckling består av tre delar: ekologisk, ekonomisk och social hållbarhet.

Eleiko skriver på sin hemsida:

"Att vara socialt ansvarig och hållbar är en förutsättning för att leva upp till våra värderingar och förverkliga vår vision att bygga en starkare värld. Genom att prioritera hållbarhet expanderar vi vårt fokus bortom fysisk styrka och mänsklig potential, det driver våra ambitioner att skapa en starkare värld på nya höjder."

Nedan diskuteras hur det utvecklade konceptet passar in i Eleikos arbete för en hållbar utveckling.

### 5.5.1. Ekologisk hållbarhet

Ekologisk hållbarhet är den del som handlar om natur och miljö (KTH, 2021a). Det handlar exempelvis om hur stora utsläpp av skadliga ämnen en produkt har under sin livscykel och vilken påverkan detta har på omvärlden. Ett vanligt måttvärde när det kommer till ekologisk hållbarhet är koldioxidutsläpp eller utsläpp omräknat i koldioxidekvivalenter.

För att utvärdera konceptets (produktens) ekologiska hållbarhet gjordes en eco-audit analys med verktyget Granta EduPack. I analysen hämtades komponenternas massa från CAD-modellen och produkten antogs använda material, tillverkningsmetod och sluthantering enligt Tabell 10.

Tabell 10. Material, tillverkningsmetod och sluthantering vid eco-audit analys.

Antal	Komponent	Material	Andel återvunnet material (%)	Massa (kg)	Primär tillverkningsmetod	Sluthantering
1	Vagn	Låglegerat stål	0	25	Extrudering	Återvinning
1	Armar och monteringsplatta	Låglegerat stål	0	11,4	Extrudering	Återvinning
4	Linhjul	Polyamid	0	0,1	Formsprutning	Förbränning
1	Lina	Låglegerat stål	0	1	Tråddragning	Återvinning

I Tabell 11 visas resultatet från eco-audit analysen. Totalt orsakade produkten ett koldioxidavtryck om 154 kg där materialen stod för den största andelen. Vidare var det så att återvinningspotentialen till största del (97,1%) bestod i att stålet återvanns. Därav kunde avtrycket, om produkten återvanns, minskas till 85,9 kg koldioxid vilket ungefär motsvarade en bilresa från Göteborg till Stockholm med en Volvo V50. Hela eco-audit analysen kan ses i bilaga 4.

Tabell 11. Resultat från eco-audit analys i Granta EduPack

Fas	Energi (MJ)	Energi (%)	Koldioxidavtryck (kg)	Koldioxidavtryck (%)
Material	1,22e+03	60,9	95,8	62,2
Tillverkning	696	34,8	52,1	33,8
Transport	58,9	2,9	4,24	2,8
Användning	0	0	0	0
Sluthantering	26,4	1,3	1,85	1,2
Total	2e+03	100	154	100
Återvinningspotential	-828		-68,1	

I kravspecifikationen listades att produktens ram skulle ha en teknisk livslängd om minst tio år därför används denna livslängd även här. För att jämföra produktens koldioxidutsläpp per användning antogs att den användes fyra gånger om dagen varje dag i tio år vilket totalt blir 14600 användningstillfällen. Koldioxidutsläppen per användningstillfälle blir då 5,8 gram.

### **5.5.2. Ekonomisk hållbarhet**

Ekonomisk hållbarhet kan definieras på några olika sätt (KTH, 2020). Dels kan ekonomisk hållbarhet likställas med ekonomisk tillväxt oavsett om det innebär att det sker på andra resursers bekostnad. Det innebär att en verksamhet är ekonomiskt hållbar så länge dess kapital växer. En annan definition är att en ekonomiskt hållbar utveckling inte orsakar någon negativ påverkan på den ekologiska eller sociala hållbarheten. Vilken definition som bör användas är en värderingsfråga och det finns även de som avstår från att använda ekonomisk hållbarhet som begrepp. Istället kan ekonomin ses som ett verktyg för att arbeta med ekologisk och social hållbarhet.

Eftersom konceptet avgränsats från dess ekonomiska aspekter och konsekvenser avgränsas således också ekonomisk hållbarhet och diskuteras därför inte vidare.

### **5.5.3. Social hållbarhet och etisk diskussion**

Social hållbarhet sätter individens behov i centrum. Dessa behov kan handla om makt, rättvisa och välbefinnande (KTH, 2021b). Den sociala hållbarheten kan vara svår att mäta men som hjälp kan FN:s 17 globala mål för hållbar utveckling användas. Där finns bland annat målet:

*”3. Säkerställa hälsosamma liv och främja välbefinnande för alla i alla åldrar.”*

Produkten som utvecklats är som nämnt anpassad för övningar så som latsdrag och sittande rodd vilket med den här sortens motstånd och utförande klassas som styrketräning. För en del finns det en viss rädsla till styrketräning där träningsformen uppfattas som farlig men enligt Jansson (2001) är styrketräning lika säker om inte säkrare än konditionsträning förutsatt att träningen sker enligt rekommendationer. Vidare i artikeln presenteras sju områden där styrketräning främjar hälsan. Dessa är följande:

1. Muskelstyrka och muskelmassa
2. Maximal syreupptagningsförmåga och uthållighet
3. Ämnesomsättning, fettmassa och insulinkänslighet
4. Blodtryck och blodfetter
5. Bentäthet/Fallrisk/Balans/Rörlighet
6. Ledsmärta/Ryggsmärta
7. Mental hälsa

Med det presenterat finns det alltså goda belegg till varför styrketräning är positivt. Dock är dessa fördelar som tidigare nämnt under förutsättning att träningen utförs enligt rekommendationer vilket innebär att det även finns negativa aspekter. För att nämna några finns överträning och ortorexi. Överträning handlar om obalans mellan

träning, vila och kost (Backman, 2019). Ortorexi handlar om en mental ohälsosam fixering för träning och kost (Håman, 2016).

Det finns både positiva och negativa aspekter, det relevanta i den här situationen är hur den utvecklade produkten främjar eller hämmar beteende genom sin användning. Exempelvis kan det faktum att vagnens vikthållare har utformats med fyra pinnar sporra vissa brukare till att lasta mer vikt än planerat. I förlängningen skulle det kunna bidra till överträning för individer som är ivriga att öka sin styrka snabbt. Dock har den risken vägts mot faktumet att produkten inte hade varit lika användbar för starkare individer. Vidare har de existerande lösningar som erbjuder samma övningar liknande maxkapacitet och i dagsläget ses inte det som ett problem vilket bör innebära att det inte blir ett problem i det här fallet heller.

Vad det gäller produktens främjan till ortorexi bedöms risken vara låg. Det beror på att det är en analog produkt som utöver att möjliggöra övningar inte hetsar till träning eller kosthållning vilket hade kunnat varit ett dilemma om produkten istället varit en applikation som skickade påminnelser. Gällande de positiva aspekterna av styrketräning bedöms de främjas då produkten utformats för smidig användning (vid träning), förvaring, mobilisering och montering/demontering. Användningen vid träning det vill säga övningarna som erbjuds har efterliknats enligt existerande produkter på marknaden vilket innebär att det är redan kända rörelser. Avslutningsvis anses produkten vara etiskt legitim i och med att fördelarna av produkten överväger de eventuella nackdelar som kan uppkomma vid missbruk.

#### **5.5.4. Effekter på hållbarhet av hemmagym**

Till följd av att hemmagym har en lägre nyttjandegrad än kommersiella gym innebär det att redskapen per person ökar. Beroende på om det ses ur ett perspektiv av ekologisk- eller ekonomisk hållbarhet varierar också huruvida den typen av gym är positiva eller negativa. Ur ett ekonomiskt perspektiv innebär den lägre nyttjandegraden, som beror av att fler har egen utrustning, att mer utrustning tillverkas och säljs. Det betyder att tillverkare av gymutrustning kan öka sin försäljning och därmed intäkter. Samtidigt, sett ur ett ekologiskt perspektiv innebär ökad försäljning och tillverkning ökad negativ ekologisk påverkan.

## 6. Diskussion

Nedan följer en utvärdering och diskussion av det konceptförslag som tagits fram.

### 6.1. Utvärdering av koncept – användarens perspektiv

Användarens upplevelse av utrustningen hen använde vid träning sammanfattades tidigare i fyra punkter. Dessa var flexibilitet, förtroende, förståelse och fascination. Det visade sig vid utveckling av konceptet att det fanns en motsättning i dessa fyra punkter. Flexibilitet innebar att konceptet skulle vara lätt att flytta, lätt att justera och tillåta variation i träningen. Detta samtidigt som användare kände att förtroendet för utrustningen de använde var starkt beroende av hur stabil och säker utrustningen upplevdes och förståelsen berodde av hur enkelt det var för användaren att förstå hur en viss utrustning fungerade och vilka muskler som aktiverades vid användningen. Vidare berodde det som benämns som fascination av hur användaren uppfattade att utrustningen kommunicerade sin funktion genom sitt utseende.

Motsättningen låg i att en ökad flexibilitet riskerade att automatiskt leda till en försämring av de övriga tre punkterna då exempelvis en ökad portabilitet skulle kunna leda till en mindre stabil och mindre säker produkt, eller åtminstone att produkten skulle upplevas som sådan. På samma sätt riskerade en flexibel produkt att bli svår att förstå om den inte kommunicerade sin funktion på rätt sätt och riskerade då att för användaren leda till en frustrerande upplevelse där användaren hellre skulle återgå till den gamla vanliga välbekanta utrustningen.

Det spelade alltså liten roll hur väl produkten faktiskt uppfyllde krav om stabilitet och säkerhet utifrån en kravspecifikation om upplevelsen av produkten försumrades av dess semantiska funktioner. Konceptet som utformats kommunicerar sin stabilitet och säkerhet genom sina gedigna materialval och kraftiga dimensioner. Det finns dock en risk att användaren har svårt att förstå monteringsfasen av produktens användning. Även om monteringen utformats så att den tekniskt sett skulle vara så enkel som möjligt finns det en risk att användaren vid första anblick inte förstår alls vad produkten gör.

Det handlade alltså om att väga för och nackdelar mellan de fyra punkterna för att sammantaget skapa en bra användarupplevelse. Förslagsvis bör en utvärdering ske tillsammans med användarna för att undersöka deras upplevelse av produkten. En utvärdering utan användarna skulle inte vara meningsfull då en sådan utvärdering skulle riskera att bli missvisande på grund av författarnas partiskhet.

### 6.2. Vidareutveckling

För att ta träningsstationen från koncept till produkt finns det vissa delar som skulle behöva utvecklas vidare. Nedan diskuteras de mest aktuella utvecklingsområdena.

#### 6.2.1. Fixering av dragmaskinen

På konceptet har inget beslut tagits angående vilken typ av fixering som ska sitta vid konceptets leder och för infästning vid rigg eller rack. Funktionsmodellen som utvecklades försågs med bultar som fixerade armarna i en fast vinkel samt fixerade

infästningen vid stolpen. Cad-modellen däremot försågs endast med öppna hål för att markera var det var tänkt att placera någon form av låsning.

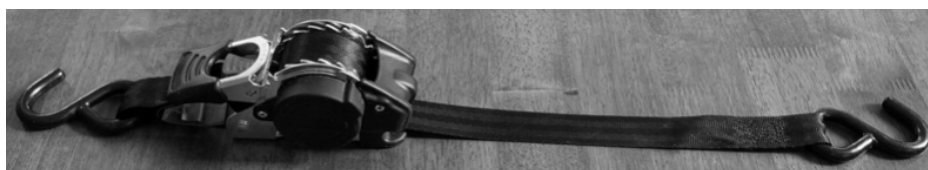
För en vidareutveckling av konceptet hade det krävts att ett beslut av vilken sorts låsning som skulle placeras vid lederna hade tagits. Att ett sådant beslut inte har tagits beror av två anledningar. För det första, utfallet av beslutet har en viss påverkan på användarupplevelsen, vilket gör att det hade krävts mer undersökning innan ett beslut hade kunnat tas. För det andra, har både fjäderbelastade sprintar och hävarmsspänne tagits upp som potentiella lösningar, dock använder inte sig Eleikos XF-serie av de typerna av lösningar utan endast av vanliga sprintar. Självklart hade ett beslut kunnat tas där något av alternativen valdes, men det hade också påverkat konceptets livslängd avsevärt då Eleiko uppger att livslängden för rörliga delar är 3 år medan fasta är 10 år.

### **6.2.2. Sits, knästopp och fotplatta**

Något som hade varit ett bra komplement till konceptet vore någon form av sits, knästoppare och fotplatta. På marknaden idag finns redan sitsar med knästoppare som går att fästa vid rigggar och power racks. Det är en smidig lösning för när latsdrag ska utföras, men för det här konceptet hade det även varit fördelaktigt om den komponenten hade någon form av fotplatta som stöd att spjärna emot vid utförande av sittande rodd. En sådan komponent hade vidare kunnat ges förvaringsplats på träningsstationen. På så sätt skulle den enkelt tas med och användaren skulle slippa att behöva antingen sitta på golvet eller behöva leta rätt på en bänk att sitta på.

### **6.2.3. Längdjustering av vajer**

Konceptets utformning med dragmaskin och vajer som löper igenom den innebär att det finns ett visst behov av en lösning som tillåter längdjustering av vajern. Liknande lösningar finns inom andra områden exempelvis spännband med automatisk upprullning, se bildexempel i Figur 87. En sådan variant inhandlades och testades för konceptet men valdes inte att tas med i det slutgiltiga konceptet. Det beror på att funktionen, utformningen och användningen kring en sådan komponent bedömdes kräva mer eftertanke än att bara vara ett litet moment i utvecklingen av konceptet.



Figur 87. Spännband med automatisk upprullning (egen bild)

### **6.2.4. Styrning av vagn**

Konceptets vagn är som nämnt försedd med hjul undertill för enkel förflyttning. Den tilltänkta styrningen av vagnen är att med två händer placerade på de översta viktspinnarna knuffa den framåt. Metoden bedöms ur ett teoretiskt perspektiv vara smidig men problemet är dock att den inte har kunnat utvärderas på något lämpligt sätt. De hinder som anses kunna vara aktuella är om vagnens tyngdpunkt och hjulens friktion är för hög vid fullastat läge samt om hjulens storlek är för liten relativt de kanter och ojämnheter som kan finnas i crossfitboxar och hemmagym.

Risken som antas med dessa hinder är att de skulle kunna få vagnen att tippa omkull vid förflyttning.

### **6.3. Vad kunde gjorts annorlunda?**

Under planeringsfasen valdes projektet att utföras i ett format där dess område, rack- och riggtillbehör, var bestämt men där funktionen att utveckla initialt inte var bestämd. Projektets format var då att i en förstudie utforska vilka funktioner som var aktuella ur användares perspektiv även om det inför projektet fanns en hypotes om vilken funktion som skulle vara mest uppskattad. I diskussion med uppdragsgivaren Eleiko framkom att även de hade en liknande hypotes. I diskussion med handledaren på Chalmers tekniska högskola lyftes tanken att det inte var tvunget att undersöka potentialen hos olika funktioner utan att hypotesen kunde väljas som inriktning från start. Trots denna diskussion valdes projektet att utföras i det utförande som först tänkt, nämligen att genom intervjuer med användare utse funktionen med störst potential.

I resultatet av förstudien visade det sig att hypotesen för inriktningen stämde, så i efterhand med de indikationer som fanns hade det sannolikt varit mer gynnsamt för projektet om hypotesen valts som inriktning direkt. Dock bidrog förstudien med en stor förståelse för användarsituationen vilket anses ha lett till ett förbättrat resultat. Därav hade ett utförande av projektet där dess inriktning valts från början och där intervjuer och observationer utförts med fokus på inriktningen potentiellt varit ett bättre upplägg. I det här projektet hade det alltså blivit att fokus direkt hade lagts på att utforska användares erfarenheter och åsikter kring latsdrag och sittande rodd. På så sätt hade informationen kring just latsdrag och sittande rodd eventuellt nått en djupare nivå där chanserna för att hitta överraskningskrav hade varit högre. Med det sagt anses inte projektet ha utförts dåligt, men att bestämma inriktning från början hade varit mer effektivt och sannolikt gett bättre förutsättningar till ett mer fördelaktigt resultat.

### **6.4. Pandemins påverkan på arbetet**

Till följd av att projektet har utförts under en period av COVID-19 pandemin har arbetet fått rätta sig därefter. Exempelvis har endast två besök gjorts till Eleiko och presentation med rundvandring i verksamheten har uteblivit och ersatts med muntlig beskrivning. I och med att projektet inte utförts på plats hos Eleiko har tillgången till verkstad vid utvecklingen av den fysiska funktionsmodellen påverkats. Dock erbjöds lyckligtvis tillgång till en välutrustad verkstad på annat håll vilket ändå möjliggjorde utvecklingen av en funktionsmodell.

## 7. Slutsats

Intervjuer med gymanvändare visade att det fanns många funktioner i traditionella gym som saknades i crossfitboxar och hemmagym. Bland annat saknades funktioner för att utföra isolerande benövningar, höftextensionsövningar samt press- och dragövningar. Anledningen till att dessa funktioner saknades var främst att de ansågs svåra, omständliga eller rentav omöjliga att efterlikna med andra redskap än de maskiner som fanns på traditionella gym.

Saknaden för de olika funktionerna varierade mellan olika användare men en gemensam funktion saknades hos de flesta användarna. Denna funktion var drag vertikalt och horisontellt vilket motsvarades av övningarna latsdrag och rodd. Dessa övningar visade sig vara svåra att utföra i crossfitboxar och hemmagym eftersom utrustningen i form av maskiner för dessa övningar saknades i dessa miljöer samt att övningarna var svåra att replikera på andra sätt. De traditionella maskiner som erbjöd dessa övningar visade sig vara skrymmande och otympliga och var därför sällan prioriterade i dessa miljöer, särskilt eftersom träningen inom Crossfit baserades på fria vikter. Hemmagymmen däremot begränsades oftast av en liten budget eller platsbrist. För att en sådan maskin skulle få ett utrymme i crossfitboxar och hemmagym behövde den göras portabel och smidig för att användaren skulle vilja använda den men samtidigt stabil och pålitlig eftersom användaren annars inte skulle lita på att utrustningen var säker.

Utifrån dessa förutsättningar togs ett koncept fram för en modulär variant av en träningsmaskin som erbjöd vertikala och horisontella dragrörelser såsom övningarna latsdrag och rodd. Konceptet, som kallas träningsstation, är ett tillbehör som används tillsammans med rack- eller riggstolpar och består av en tvåarmad enhet som monteras på stolpen, kallad dragmaskin, och en vagn som placeras på golvet och sedan utgör viktutstånd i rörelserna samtidigt som den fungerar som transport- och förvaringslösning för den tvåarmade enheten. Tillsammans utgör dessa två delar en modulär variant och kombination av de två traditionella gymmaskinerna latsdrag och kabelroddmaskin. Konceptet erbjuder alltså samma övningar som två traditionella gymmaskiner men upptar betydligt mindre utrymme i användningsmiljön. Vid förvaring upptar konceptet endast den golvyta som utgörs av vagnens bottenplatta, vilken är 50x50 cm eller 0,25 kvadratmeter. Vidare är hela konceptet enkelt förflyttbart med hjälp av vagnens hjul samtidigt som vagnen underlättar vid montering av arm-enheten vid stolpe vilket tillsammans ger konceptet en hög användarvänlighet.

## 8. Litteraturförteckning

- 1177 Vårdguiden. (2017). Hämtat från <https://www.1177.se/Vasterbotten/behandling--hjalpmedel/habilitering/habilitering-och-rehabilitering/>
- Awasthi, A., & Chauhan, S. S. (2012). A hybrid approach integrating Affinity Diagram, AHP and fuzzy TOPSIS for sustainable city logistics planning. *Applied Mathematical Modelling.* , ss. 573-584. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2011.07.033>.
- Backman, S. (2019). Vila dig i form: Så här undviker du överträning - nio tecken att se upp för. *Yle*, Hämtad från. <https://svenska.yle.fi/artikel/2019/03/02/vila-dig-i-form-sa-har-undviker-du-overtraning-nio-tecken-att-se-upp-for>.
- Berlin, C., & Adams, C. (2017). *Production Ergonomics: Designing work systems to support optimal human performance*. London: Ubiquity Press.
- BODY. (2013). Hämtat från <https://www.body.se/artiklar/nyheter/20130517/alla-sveriges-crossfit-gym/>
- Crossfit. (2021). Hämtat från <https://map.crossfit.com>
- Dahlberg, T. (2001). *Formelsamling i hållfasthetslära: Supplement till Teknisk hållfasthetslära*. Studentlitteratur.
- Eleiko AB. (2021a). *Our story*. Hämtat från <https://www.eleiko.com/sv/about/the-company/our-story#gs.qzgvcv>
- Eleiko AB. (2021b). *XF80 Power rack - black*. Hämtat från <https://www.eleiko.com/sv/p/eleiko-xf-80-power-rack-black/290#gs.vrltvq>
- Eleiko AB. (2021c). *Kompletta riggar*. Hämtat från <https://www.eleiko.com/sv/p/eleiko-freestanding-7-2m-xf-80-rig-w-monkeybars/406#gs.zot5ha>
- Eleiko AB. (2021d). *XF J-Cups*. Hämtat från <https://www.eleiko.com/sv/p/eleiko-xf-j-cups/449#gs.vrl2nc>
- Eleiko AB. (2021e). Hämtat från <https://www.eleiko.com/sv/home>
- Garage Gym Experiment. (den 13 12 2020). *Sunday Survey Results for 12.13.2020*. Hämtat från <https://garagegymexperiment.com/2020/12/18/sunday-survey-results-for-12-13-2020/>
- Garagegymexperiment. (2021). Hämtat från <https://garagegymexperiment.com/2021-sunday-survey-results/>
- Griffin, A., & Hauser, J. (1991). The Voice of the Customer. *MarketingScience*, ss. 2-27.
- Gustavsson, P., & Austrell, P.-E. (2003). *Krafter*. Hämtat från [http://www.bkl.lth.se/fileadmin/byggnadskonstruktion/education/V SMA10/dokument/Krafter\\_kompendium.pdf](http://www.bkl.lth.se/fileadmin/byggnadskonstruktion/education/V SMA10/dokument/Krafter_kompendium.pdf)

- Gymleco. (2020). *Försäljningen av hemmagym har femdubblats hos svenska gymleverantören*. Hämtat från My news desk:  
<https://www.mynewsdesk.com/se/gymleco/news/foersaeljningen-av-hemmagym-har-femdubblats-hos-svenska-gymleverantoren-413294>
- Håman, L. (2016). *Extrem jakt på hälsa: En explorativ studie om ortorexia nervosa*. Institutionen för kost- och idrottsvetenskap. Göteborg: Göteborgs Universitet. Hämtad från.  
[https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/41122/1/gupea\\_2077\\_41122\\_1.pdf](https://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/41122/1/gupea_2077_41122_1.pdf).
- Henricson, M., & Billhult, A. (2013). Kvalitativ design. i M. Henricson, *Vetenskaplig teori och metod* (ss. 129-138). Studentlitteratur.
- Jansson, E. (2001). Hälsospekter på styrketräning. *Svensk Idrottsforskning*, 3, ss. 90-95, Hämtad från. <https://centrumforidrottsforskning.se/wp-content/uploads/2014/04/Halsoaspekter-styrketraning.pdf>.
- Johannesson, H., Persson, J.-G., & Pettersson, D. (2013). *Produktutveckling - Effektiva metoder för konstruktion och design*. Stockholm: Liber.
- Johansson, J. (2020). *Expressen Föreningsliv*. Hämtat från <https://www.expressen.se/sport/foreningsliv/det-langsiktiga-malet-ar-att-bli-en-olympisk-gren/>
- Karlsson, M. (2004). *Observationsmetoder*. Hämtat från [http://www.cse.chalmers.se/research/group/idc/ituniv/kurser/04/analys/OH\\_Observationsmetoder.pdf](http://www.cse.chalmers.se/research/group/idc/ituniv/kurser/04/analys/OH_Observationsmetoder.pdf)
- Knuckles. (2014). *Wikimedia commons*. Hämtat från [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Competition\\_kettlebells\\_8-24\\_kilos.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Competition_kettlebells_8-24_kilos.jpg)
- KTH. (2020). *Ekonomisk hållbarhet*. Hämtat från <https://www.kth.se/om/miljo-hallbar-utveckling/utbildning-miljo-hallbar-utveckling/verktygslada/sustainable-development/ekonomisk-hallbarhet-1.431976>
- KTH. (2021a). *Ekologisk hållbarhet*. Hämtat från <https://www.kth.se/om/miljo-hallbar-utveckling/utbildning-miljo-hallbar-utveckling/verktygslada/sustainable-development/ekologisk-hallbarhet-1.432074>
- KTH. (2021b). *Social hållbarhet*. Hämtat från <https://www.kth.se/om/miljo-hallbar-utveckling/utbildning-miljo-hallbar-utveckling/verktygslada/sustainable-development/social-hallbarhet-1.373774>
- Legge, A. (2017). Hämtat från [legionathletics.com](http://legionathletics.com):  
<https://legionathletics.com/muscle-groups/>
- Naderifar, M., Goli, H., & Fereshteh, G. (2017). Snowball Sampling: A Purposeful Method of Sampling in Qualitative Research. *Strides in Development of Medical Education*.

- Nationalencyklopedin. (2021a). *Övning*. Hämtat från <https://www.ne.se/uppslagsverk/ordbok/svensk/övning>
- Nationalencyklopedin. (2021b). *Frihetsgrader*. Hämtat från [https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/frihetsgrader-\(2\)](https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/frihetsgrader-(2)) (hämtad 2021-03-01)
- Österlin, K. (2016). *Design i fokus: Varför ser saker ut som de gör?* Stockholm: Liber.
- Sats. (u.d.). *Konditionsträning – Nybörjare #3*. Hämtat från <https://www.sats.se/traning/traningsprogram/konditionstraning/nyborjare/program-3/>
- Skolverket. (u.d.). *Ämne - Cad*. Hämtat från <https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan/laroplan-program-och-amnen-i-gymnasieskolan/gymnasieprogrammen/amne?url=1530314731%2Fsyllabuscw%2Fjsp%2Fsubject.htm%3FsubjectCode%3DCAD%26courseCode%3DDESDES01%26tos%3Dgy&sv.url=12.5dfce44715d35a5cdfa9>
- Svjo. (2015). *Wikimedia commons*. Hämtat från [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Adjustable\\_wrench-3.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Adjustable_wrench-3.png)
- The box. (2012). *Origins of Crossfit*. Hämtat från <https://www.theboxmag.com/training/origins-of-crossfit-9629/>
- Ulrich, K., & Eppinger, S. (1995). *Product Design and Development*. McGraw-Hill International Editions Management and Organization Series. Mc-Graw Hill, Inc. .
- Världskommisionen för miljö och utveckling. (1987). *Vår gemensamma framtid*.
- Österlin, K. (2016). *Design i fokus: Varför ser saker ut som de gör?* Stockholm: Liber.

# 9. Bilagor

## 9.1. Bilaga 1

### Intervjuguide

- Vilken traditionell gymmaskin saknar i dagsläget motsvarighet i dagens crossfitboxar och hemmagym?
- Hur anpassas denna typ av gymmaskin till att passa in i crossfitboxar och hemmagym?
- Vilka är användarna som vi riktar vårt koncept mot?

### Generella frågor

Vilken typ av sport/träning utövar du?

Vad tränar du i för miljöer? (Hemmagym/box/trad.gym)

Vilka övningar kör du?

Basövningar?

Accessories?

Vilka redskap använder du dig av när du tränar?

Basövningar

Accessories

Vad är det med dem redskapen som gör att du använder dig av dem?

Speciellt motstånd?

Rörelsen?

Speciell muskelaktivering?

Vilka redskap gillar du inte och vad är det med dem du inte gillar?

Brukar du använda racks och/eller riggar?

Vilka övningar gör du då?

Vilka tillbehör använder du då?

Vad är viktigt med dom tillbehören?

Finns det något du saknar till dessa racks/riggar?

Varför?

Hur skulle det fungera?

Har du tränat i ett hemmagym?

Vilka redskap fanns?

Vilka redskap saknades?

Vilken övning är svårast att utföra i ett hemmagym?

Vad är det som begränsar/begränsas?

Vad skulle underlätta?

Vad är ett komplett hemmagym för dig?

Vad är det nödvändigaste?

Vad är extra? (Det som man gärna vill ha men är dyrt/inte ett måste)

Vad för typ av rack tillbehör skulle du helst vilja ha?

Något som finns?

Något som inte finns?

Programmerar för andra

Hur gör du när du programmerar för andra?

Kör du samma övningar som när du tränar själv?

Fysio

Vilka redskap har ni i erat jobb-gym?

Finns det något speciellt redskap som används mer/mindre?

Varför? Vad är det som gör att redskapet används mer/mindre?

Är det något redskap ni upplever saknas?

Varför? Vad är det som det redskapet gör bättre än andra redskap?

Jobb på Gym

Vad jobbar du med? (på gymmet)

Hur skulle du beskriva gränssnittet på ditt gym? (trad. Gym maskiner, box riggs öppna ytor eller lyftarflak)

Finns det maskiner/redskap du upplever som populärare än andra?

Upplever du att det finns någon speciell träningstrend, ex. när du pratar med kollegor

Vilka maskiner/redskap är mest aktuella då?

Vad är det vanligaste man som "gymarbetare" gnäller om med kollegorna? Till exempel om störande saker, vanliga problem, kunder, utrustning eller liknande

Finns det något redskap/maskin som du upplever riktigt svår att förstå dig på/att andra ofta frågar om

Avslutning:

Presentera vårt case och fråga vad hen har för input

## 9.2. Bilaga 2

### Pugh matris

Nedan följer en pugh-matris där fem koncept utvärderats och vardera konceptet använts som referens. Raderna rangordning och vidareutveckling har inte fyllts i i varje jämförelse, istället presenteras detta i en sammanfattande tabell i slutet av pugh-matrisen.

Krav	Viktning	Koncept				
		5.1.1.1	7.2.1.1	8.3.1.1.b	2.1.1.1	9.5.1.1
1.1	5	Referens	0	0	0	0
1.2	4		0	0	0	0
1.3	3		0	0	0	0
1.4	4		-	0	-	+
1.5	2		-	0	-	+
1.6	5		0	0	0	0
1.7	4		-	0	0	-
1.8a	4		-	0	0	0
1.8b	3		-	0	+	+
1.9	4		+	0	+	0
1.10	5		0	-	0	-
2.1	3		0	0	0	0
2.2	4		0	0	0	0
3.1	3		0	0	0	0
3.2	3		0	0	0	0
3.3	3		0	0	0	0
4.1	2		0	0	0	0
4.2	2		0	0	0	0
5.1	5		-	+	-	0
5.2	5		0	0	-	0
5.3	5		-	0	0	+
5.4	4		0	0	+	+
5.5	4		+	+	0	0
6.1	3		-	-	0	0
7.1	3		+	+	0	0
7.2	5		0	0	-	-
7.3	3		+	+	+	0
8.1	3		0	0	0	0
9.1	3		0	0	0	0
10.1	3		+	+	+	+
10.2	2	0	0	0	0	
Summa +			17	18	17	21
Summa -			-30	-8	-21	-14
Nettovärde			-13	10	-4	7
Rangordning						
Vidareutveckling						

Krav	Viktning	Koncept		7.2.1.1	8.3.1.1.b	2.1.1.1	9.5.1.1
		5.1.1.1					
1.1	5	0			0	0	0
1.2	4	0			0	0	0
1.3	3	0			0	0	0
1.4	4 +				+	+	+
1.5	2	0			0 +	+	
1.6	5	0			0	0	0
1.7	4 +				+	+	+
1.8a	4 +				+	+	+
1.8b	3	0			0 +	+	
1.9	4 -				-	0 -	
1.10	5	0			-	-	-
2.1	3	0			0	0	0
2.2	4	0			0	0	0
3.1	3	0			0	0	0
3.2	3	0			0	0	0
3.3	3	0			0	0	0
4.1	2	0			0	0	0
4.2	2	0			0	0	0
5.1	5 -				0 -	-	
5.2	5	0			0 -		0
5.3	5 +				+	+	+
5.4	4	0			0 +	+	
5.5	4 -				+	-	-
6.1	3 +				0 +	+	
7.1	3 -				0 -	-	
7.2	5	0			0 -	-	
7.3	3 -				0	0 -	
8.1	3	0			0	0	0
9.1	3	0			0	0	0
10.1	3 -				0	0	0
10.2	2	0			0	0	0
Summa +		20			21	29	29
Summa -		-22			-9	-27	-29
Nettovärde		-2			12	2	0
Rangordning							
Vidareutveckling							

Krav	Viktning	Koncept		8.3.1.1.b	2.1.1.1	9.5.1.1
		5.1.1.1	7.2.1.1			
1.1	5	0	0	Referens	0	0
1.2	4	0	0		0	0
1.3	3	0	0		0	0
1.4	4	0	-		0	+
1.5	2	0	0		+	+
1.6	5	0	0		0	0
1.7	4	+	+		0	0
1.8a	4	0	-		0	0
1.8b	3	0	-		0	0
1.9	4	-	+		+	0
1.10	5	+	+		0	0
2.1	3	0	0		0	0
2.2	4	0	0		0	0
3.1	3	0	0		0	0
3.2	3	0	0		0	0
3.3	3	0	0		0	0
4.1	2	0	0		0	0
4.2	2	0	0		0	0
5.1	5	-	0		-	0
5.2	5	0	0		-	0
5.3	5	0	-		0	+
5.4	4	0	0		+	+
5.5	4	-	-		-	-
6.1	3	0	-		0	0
7.1	3	-	+		-	0
7.2	5	0	0	-	-	
7.3	3	-	0	0	-	
8.1	3	0	0	0	0	
9.1	3	0	0	0	0	
10.1	3	-	0	0	0	
10.2	2	0	0	0	0	
Summa +		9	16		10	15
Summa -		-22	-23		-18	-12
Nettovärde		-13	-7		-8	3
Rangordning						
Vidareutveckling						

Krav	Viktning	Koncept				2.1.1.1	9.5.1.1
		5.1.1.1	7.2.1.1	8.3.1.1.b			
1.1	5	0	0	0	Referens	0	
1.2	4	0	0	0		0	
1.3	3	0	0	0		0	
1.4	4 +		-	+		+	
1.5	2	0	0	0		+	
1.6	5	0	0	0		0	
1.7	4	0	-	0		0	
1.8a	4	0	-	0		0	
1.8b	3	0	-	0		0	
1.9	4 -			0		0	
1.10	5	0	0	0		-	
2.1	3	0	0	0		0	
2.2	4	0	0	0		0	
3.1	3	0	0	0		0	
3.2	3	0	0	0		0	
3.3	3	0	0	0		0	
4.1	2	0	0	0		0	
4.2	2	0	0	0		0	
5.1	5	0	0	+		0	
5.2	5 +		+	+		+	
5.3	5 +			0 +		+	
5.4	4 -		-	-		0	
5.5	4	0	0	+		0	
6.1	3	0	-	-		0	
7.1	3	0	0	+		0	
7.2	5	0 +		+		0	
7.3	3 -			0 +		-	
8.1	3	0	0	0	0		
9.1	3	0	0	0	0		
10.1	3 -			0	0		
10.2	2	0	0	0	0		
Summa +		14	10	34	16		
Summa -		14	22	7	7		
Nettovärde		0	-12	27	9		
Rangordning							
Vidareutveckling							

Krav	Viktning	Koncept				
		5.1.1.1	7.2.1.1	8.3.1.1.b	2.1.1.1	9.5.1.1
1.1	5	0	0	0	0	0
1.2	4	0	0	0	0	0
1.3	3	0	0	0	0	0
1.4	4 -	-	-	-	-	
1.5	2 -	-	-	-	-	
1.6	5	0	0	0	0	0
1.7	4 +	-		0	0	
1.8a	4	0	-	0	0	0
1.8b	3 -	-	-	-	-	
1.9	4 -		+	0	0	
1.10	5 +		+	0	0	
2.1	3	0	0	0	0	0
2.2	4	0	0	0	0	0
3.1	3	0	0	0	0	0
3.2	3	0	0	0	0	0
3.3	3	0	0	0	0	0
4.1	2	0	0	0	0	0
4.2	2	0	0	0	0	0
5.1	5 -	-		0	0	
5.2	5	0	0	0	-	
5.3	5 -	-	-	-		0
5.4	4 -	-	-	-		0
5.5	4	0	0 +			0
6.1	3	0 -	-	-		0
7.1	3	0	0 +			0
7.2	5	0 +		+		0
7.3	3	0 +		+	+	
8.1	3	0	0	0	0	0
9.1	3	0	0	0	0	0
10.1	3 -		0	0	0	0
10.2	2	0	0	0	0	0
Summa +		9	17	15	3	
Summa -		30	34	21	14	
Nettovärde		-21	-17	-6	-11	
Rangordning						
Vidareutveckling						

Referens

Resultat av pugh-matrisen:

Koncept:	5.1.1.1	7.2.1.1	8.3.1.1.b	2.1.1.1	9.5.1.1
Poäng	-33	-49	43	-21	12
Rangordning	4	5	1	3	2
Vidareutveckling	NEJ	NEJ	JA	NEJ	JA

# 9.3. Bilaga 3.

## Ergonomiutvärdering med REBA

### A. Neck, Trunk and Leg Analysis

#### Step 1: Locate Neck Position

Neck Score

1

#### Step 1a: Adjust...

If neck is twisted: +1  
If neck is side bending: +1

#### Step 2: Locate Trunk Position

Trunk Score

1

#### Step 2a: Adjust...

If trunk is twisted: +1  
If trunk is side bending: +1

#### Step 3: Legs

Leg Score

1

#### Step 4: Look-up Posture Score in Table A

Using values from steps 1-3 above, Locate score in Table A

#### Step 5: Add Force/Load Score

If load < 11 lbs.: +0  
If load 11 to 22 lbs.: +1  
If load > 22 lbs.: +2

Adjust: If shock or rapid build up of force: add +1 Force / Load Score

#### Step 6: Score A, Find Row in Table C

Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.

#### Scoring

1 = Negligible Risk  
2-3 = Low Risk. Change may be needed.  
4-7 = Medium Risk. Further investigate. Change Soon.  
8-10 = High Risk. Investigate and implement Change  
11+ = Very High Risk. Implement Change

### B. Arm and Wrist Analysis

#### Step 7: Locate Upper Arm Position:

Upper Arm Score

1

#### Step 7a: Adjust...

If shoulder is raised: +1  
If upper arm is abducted: +1  
If arm is supported or person is leaning: -1

#### Step 8: Locate Lower Arm Position:

Lower Arm Score

1

#### Step 9: Locate Wrist Position:

Wrist Score

1

#### Step 9a: Adjust...

If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

#### Step 10: Look-up Posture Score in Table B

Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

#### Step 11: Add Coupling Score

Well fitting: Handle and mid rang power grip, **good: +0**  
Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part, **fair: +1**  
Hand hold not acceptable but possible, **poor: +2**  
No handles, awkward, unsafe with any body part, **Unacceptable: +3**

#### Step 12: Score B, Find Column in Table C

Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

#### Step 13: Activity Score

+1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)  
+1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)  
+1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

### Scores

Table A		Neck		
		1	2	3
Legs	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
Trunk	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
Posture	2 3 4 5	3 4 5 6	4 5 6 7	5 6 7 8
Score	4 3 5 6	5 6 7 8	6 7 8 9	7 8 9 9

Table B		Lower Arm		
		1	2	3
Wrist	1 2 3	1 2 3	1 2 3	1 2 3
Upper Arm	1 2 2 1 2 3	1 2 2 1 2 3	1 2 2 1 2 3	1 2 2 1 2 3
Score	3 3 4 5 4 5 5	4 4 5 5 6 7	5 6 7 8 8 8	6 7 8 8 8 9

Table C		Score B											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Score A	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8	8
	4	3	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	5	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9	9
	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10	10
	7	7	7	8	9	9	10	10	10	11	11	11	11
	8	8	8	9	10	10	10	10	11	11	11	11	11
	9	9	9	10	10	11	11	11	12	12	12	12	12
	10	10	10	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Table C Score	3	+	0	=	3	REBA Score
---------------	---	---	---	---	---	------------

## 9.4. Bilaga 4

Eco-audit analys

Nedan presenteras en eco-audit analys från verktyget Granta EduPack.



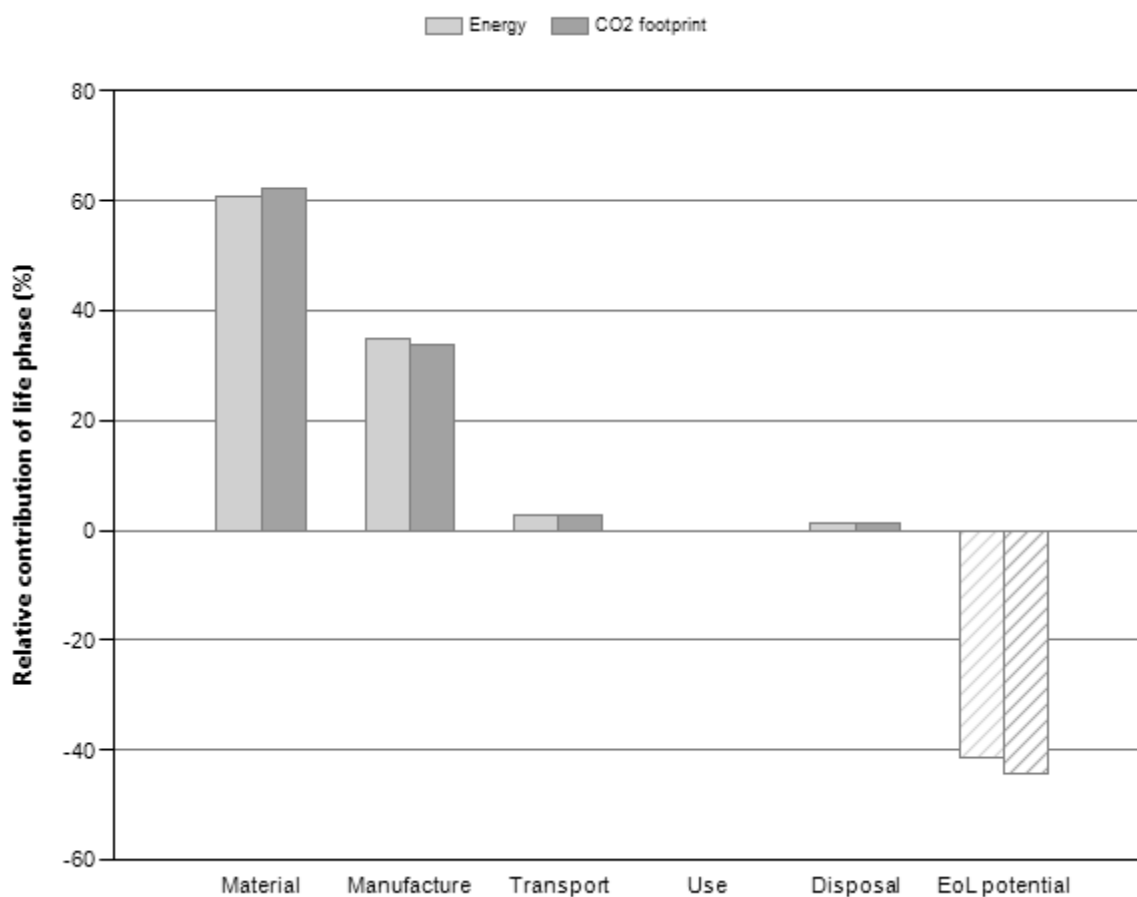
### Eco Audit Report

Product name                      Modulär latsdrag och rodd

Country of use                    Sweden

Product life (years)            10

Summary:



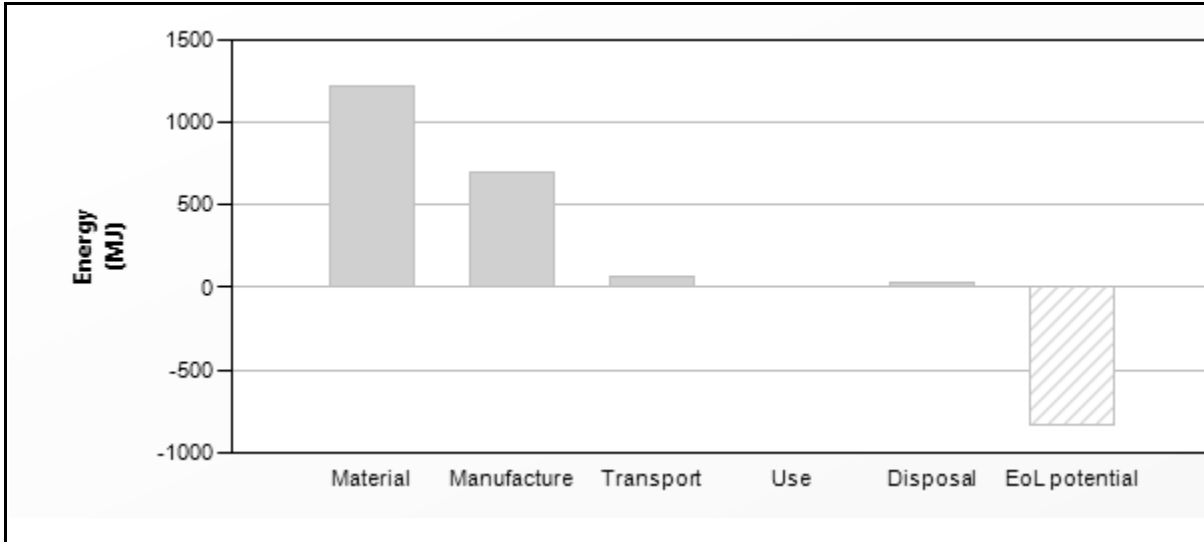
[Energy details](#)

[CO2 footprint details](#)

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 footprint (kg)	CO2 footprint (%)
Material	1,22e+03	60,9	95,8	62,2
Manufacture	696	34,8	52,1	33,8
Transport	58,9	2,9	4,24	2,8
Use	0	0,0	0	0,0
Disposal	26,4	1,3	1,85	1,2
Total (for first life)	2e+03	100	154	100
End of life potential	-828		-68,1	

Energy Analysis

Summary



	Energy (MJ/year)
Equivalent annual environmental burden (averaged over 10 year product life):	200

Detailed breakdown of individual life phases

Material:

Summary

Component	Material	Recycled content* (%)	Part mass (kg)	Qty.	Total mass (kg)	Energy (MJ)	%
Vagn	Low alloy steel	Virgin (0%)	25	1	25	7,8e+02	63,7
Armar och monteringsplatta	Low alloy steel	Virgin (0%)	11	1	11	3,5e+02	29,1
Linhjul	Polyamides (Nylons, PA)	Virgin (0%)	0,1	4	0,4	57	4,7

Lina	Low alloy steel	Virgin (0%)	1	1	1	31	2,5
Total				7	38	1,2e+03	100

\*Typical: Includes 'recycle fraction in current supply'

Manufacture:

Summary

Component	Process	Amount processed	Energy (MJ)	%
Vagn	Extrusion, foil rolling	25 kg	4,3e+02	61,6
Armar och monteringsplatta	Extrusion, foil rolling	11 kg	2e+02	28,1
Linhjul	Polymer molding	0,4 kg	8,7	1,3
Lina	Wire drawing	1 kg	63	9,1
Total			7e+02	100

Transport:

Summary

Breakdown by transport stage

Stage name	Transport type	Distance (km)	Energy (MJ)	%
Lastbilstransport råvaror	40 tonne (6 axle) truck	1,4e+03	43	73,7
Distribution av produkt	40 tonne (6 axle) truck	5e+02	15	26,3
Total		1,9e+03	59	100

Breakdown by components

Component	Mass (kg)	Energy (MJ)	%
Vagn	25	39	66,1
Armar och monteringsplatta	11	18	30,2
Linhjul	0,4	0,62	1,1
Lina	1	1,6	2,6
Total	38	59	100

Use:

Summary

Relative contribution of static and mobile modes

Mode	Energy (MJ)	%
Static	0	
Mobile	0	
Total	0	100

Disposal:

Summary

Component	End of life option	Energy (MJ)	%
Vagn	Recycle	18	66,3
Armar och monteringsplatta	Recycle	8	30,3
Linhjul	Combust	0,2	0,8
Lina	Recycle	0,7	2,7
Total		26	100

EoL potential:

Component	End of life option	Energy (MJ)	%
Vagn	Recycle	-5,5e+02	66,6
Armar och monteringsplatta	Recycle	-2,5e+02	30,4
Linhjul	Combust	-3,1	0,4
Lina	Recycle	-22	2,7
Total		-8,3e+02	100

---

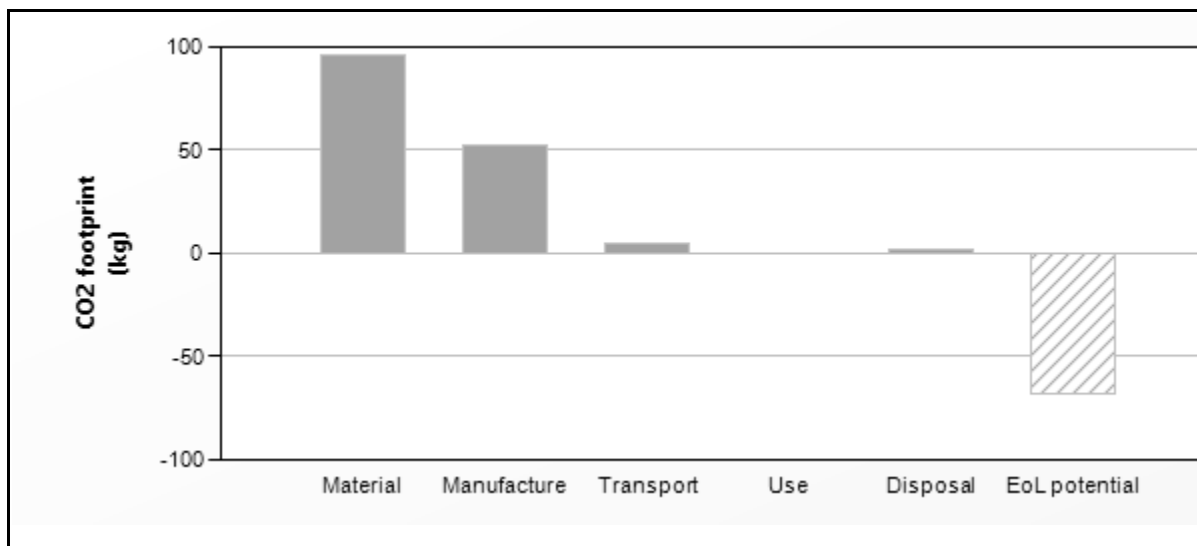
---

Notes:

Summary

CO2 Footprint Analysis

[Summary](#)



	CO2 (kg/year)
Equivalent annual environmental burden (averaged over 10 year product life):	15,4

Detailed breakdown of individual life phases

Material:

[Summary](#)

Component	Material	Recycled content* (%)	Part mass (kg)	Qty.	Total mass (kg)	CO2 footprint (kg)	%
Vagn	Low alloy steel	Virgin (0%)	25	1	25	62	64,9
Armar och monteringsplatta	Low alloy steel	Virgin (0%)	11	1	11	28	29,6
Linhjul	Polyamides (Nylons, PA)	Virgin (0%)	0,1	4	0,4	2,8	2,9

Lina	Low alloy steel	Virgin (0%)	1	1	1	2,5	2,6
Total				7	38	96	100

\*Typical: Includes 'recycle fraction in current supply'

Manufacture:

Summary

Component	Process	Amount processed	CO2 footprint (kg)	%
Vagn	Extrusion, foil rolling	25 kg	32	61,6
Armar och monteringsplatta	Extrusion, foil rolling	11 kg	15	28,1
Linhjul	Polymer molding	0,4 kg	0,65	1,3
Lina	Wire drawing	1 kg	4,7	9,1
Total			52	100

Transport:

Summary

Breakdown by transport stage

Stage name	Transport type	Distance (km)	CO2 footprint (kg)	%
Lastbilstransport råvaror	40 tonne (6 axle) truck	1,4e+03	3,1	73,7
Distribution av produkt	40 tonne (6 axle) truck	5e+02	1,1	26,3
Total		1,9e+03	4,2	100

### Breakdown by components

Component	Mass (kg)	CO2 footprint (kg)	%
Vagn	25	2,8	66,1
Armar och monteringsplatta	11	1,3	30,2
Linhjul	0,4	0,045	1,1
Lina	1	0,11	2,6
Total	38	4,2	100

Use:

Summary

### Relative contribution of static and mobile modes

Mode	CO2 footprint (kg)	%
Static	0	
Mobile	0	
Total	0	100

Disposal:

Summary

Component	End of life option	CO2 footprint (kg)	%
Vagn	Recycle	1,2	66,3
Armar och monteringsplatta	Recycle	0,56	30,3
Linhjul	Combust	0,014	0,8

Lina	Recycle	0,049	2,7
Total		1,8	100

EoL potential:

Component	End of life option	CO2 footprint (kg)	%
Vagn	Recycle	-46	67,5
Armar och monteringsplatta	Recycle	-21	30,8
Linhjul	Combust	0,72	-1,1
Lina	Recycle	-1,8	2,7
Total		-68	100

Notes:

Summary



**CHALMERS**