

# CHALMERS



## Re-design av pelarfästen

En produktutvecklingsprocess med montering i fokus och användaren i centrum

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Design & Produktutveckling

**JOHN ULNES OCH JOHAN BORGSTRÖM**

Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling

*Avdelningen för Design & Human Factors*

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2016

Examensarbete

EXAMENSARBETE

# Re-design av pelarfästen

En produktutvecklingsprocess med montering i fokus och användaren i centrum

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Design & Produktutveckling

JOHN ULNES & JOHAN BORGSTRÖM

Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling  
*Avdelningen för Design & Human Factors*  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2016

Re-design av pelarfästen  
En produktutvecklingsprocess med montering i fokus och användaren i centrum  
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Design & Produktutveckling  
JOHN ULNES & JOHAN BORGSTRÖM

©JOHN ULNES OCH JOHAN BORGSTRÖM, Sverige 2016

Examensarbete  
Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling  
Avdelningen för Design & Human Factors  
Chalmers tekniska högskola  
SE-412 96 Göteborg  
Sverige  
Telefon: + 46 (0)31-772 1000

Omslag:  
Rendering av slutkoncept

Tryckeri /Institutionen för Tillämpad mekanik  
Göteborg, Sverige 2016

## Förord

Denna rapport presenterar ett examensarbete som är genomfört under vårterminen 2015 som ett obligatoriskt och avslutande moment i utbildningen Design & produktutveckling 180 hp (Högskoleingenjör på Chalmers tekniska högskola. Arbetet, som omfattar 15 hp, är utfört tillsammans med företaget Workplaces For Industries WFI AB.

Vi vill tacka alla som varit med och bidragit till vårt arbete. Ett särskilt stort tack riktas till Henrik Johansson, handledare på företaget och Pontus Wallgren, handledare och examinator, för goda råd och värdefulla synpunkter. Särskilda tack riktas även till Filip Bruveris på företaget för goda idéer och råd under arbetets gång och Sven Ekered för hjälp vid framtagning av prototyper.

Göteborg, 2016



Johan Borgström



John Ulnes

## Sammanfattning

Detta är ett examensarbete genomfört under våren 2016 som syftar till att ta fram koncept för fästen som kommer att göra det enkelt att fästa olika tillbehör på de perforerade pelare som finns på Workplaces For Industries WFI AB (kort: WFI):s arbetsbänkar för personer med viss monteringsvana. Det syftar även till att ge koncepten en god design genom att ha användning, tillverkning och miljöpåverkan i åtanke vid framtagning.

Den teoretiska referensramen beskriver begreppet användbarhet och hur det kan användas för att designa produkter så att de kan utföra uppgifter på ett effektivt sätt och med en hög grad av tillfredställning för en specifik användare. Den beskriver även det synsätt kring produktutvecklingsprocesser som använts för att arbetet på ett effektivt sätt ska uppfylla syften kring en god design med avseende på användning, tillverkning och miljö.

I en förstudie kartläggs olika produkter och fästen som finns på marknaden idag som liknar WFI:s utbud. Här genomförs även tester av montering, funktionsanalyser och utvärdering av ekologisk hållbarhet för WFI:s hyllor, fasta-, svängbara och ledbara armar, vilka ligger till grund för den kravspecifikation som sätts upp för de nya koncepten.

Koncept genereras med hjälp av Osborns Idésporrar, en workshop med WFI, Idéskiftesmetoden, förklaras och utvecklas med hjälp av skisser, papp-modeller, kognitiva genomgångar och 3D-printade plastmodeller, utvärderas med hjälp av utvärderingsmatriser, användartester och konsultation med WFI och presenteras med visualiseringar i CAD och i viss utsträckning måttsatta ritningar.

Sökord: Produktutveckling, design för användbarhet, montering, fäste, kognitiv genomgång.

## **Abstract**

This is a Bachelor Thesis completed in the spring of 2016. Its purpose is to come up with concepts for mounts that will be easy to attach to the perforated pillar on Workplaces For Industries WFI AB (short: WFI):s workbenches for a person who has some experience from mounting different components. The purpose is also to give the concepts good designs by keeping use, manufacturing and environmental effects in mind when developing them.

The theoretical frame of reference describes the term Usability and how theory about it could be used when designing products, making sure that specific users will be able to fulfill set tasks in effective and efficient ways in ways that please the users. The frame also describes an approach on Product Development processes that was taken in the process to make sure that the purposes were fulfilled.

A pilot study containing a benchmarking followed by tests on mounting, analyses of functions of and evaluations in ecological sustainability of the shelves, the fixed support arms, the pivoting arms and the flexible arms that WFI offer. The pilot study serves as a base for a specification of demands for the new concepts.

Ideas were generated using Osborn's Checklist, Brainwriting and a workshop with WFI, explained and developed using sketches, cardboard models, Cognitive Walkthroughs and 3D-printed plastic models, evaluated with evaluation matrixes, user tests, consultation with WFI and finally presented as visualisations i CAD, in some cases accompanied with blueprints.

The remainder of this thesis will be written in Swedish.

**Keywords:** Product development, Design for Usability, Attach, Mounts, Cognitive Walkthrough.

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte	1
1.3	Avgränsningar	2
1.4	Precisering av frågeställning	2
1.5	Rapportens disposition	2
2	TEORETISK REFERENSRAM	3
2.1	Synsätt och metoder för produktutvecklingsprocesser	3
2.2	En introduktion till begreppet användbarhet	3
3	METOD	5
3.1	Projektplan	5
3.2	Förstudie	5
3.2.1	Kartläggning av konkurrenters och WFI:s produkter	5
3.2.2	Användartester av WFI:s produkter	5
3.2.3	Funktionsanalys	6
3.2.4	Analys av material och tillverkning med Eco Audit Tool	7
3.3	Kravspecifikation	7
3.4	Idé- och konceptgenerering	7
3.4.1	Skisser	7
3.4.2	Konsultation	8
3.4.3	Osborns idésporrar	8
3.4.4	Idégenereringsworkshop med WFI	9
3.4.5	Idéskiftesmetoden	9
3.4.6	Skissmodeller / mock-ups / prototyper	10
3.4.7	CAD-modeller	10
3.5	Konceptval och utvärdering	10
3.5.1	Utvärderingsmatris	10
3.5.2	“Tänka-högt-protokoll”	11
3.5.3	Konsultation med WFI	11
3.5.4	Finita elementmetoden	12
4	RESULTAT OCH ANALYSER	13
4.1	Förstudie	13
4.1.1	Kartläggning av konkurrenters och WFI:s produkter	13
4.1.2	Användartester	21
4.1.3	Funktionsanalyser	33
4.1.4	Analys av material och tillverkning med Eco Audit Tool	34
4.2	Kravspecifikationer	36

4.2.1	Hyllor	36
4.2.2	Fasta- och svängbara armar	37
4.2.3	Ledbara armar	37
4.2.4	Allmängiltiga krav	37
4.3	Idé- och konceptgenerering	38
4.3.1	Osborns idésporrar	38
4.3.2	Idégenereringsworkshop och konsultation med WFI	51
4.3.3	Idéskiftesmetoden	65
4.4	Konceptutvärdering och val	73
4.4.1	Utvärderingsmatriser	74
4.4.2	Användartester med Tänka-högt-protokoll	77
4.4.3	Konsultation med WFI	81
4.4.4	FE-analys	82
4.5	Slutgiltiga koncept	84
4.5.1	Hyllor	85
4.5.2	Fäste för fast- och svängbar arm	87
4.5.3	Sidofäste för Ledbar arm	89
5	REKOMMENDATIONER FÖR FORTSATT ARBETE	92
6	DISKUSSION	93
	REFERENSER	95



# **BILAGOR**

Bilaga 1: Testformulär från användarundersökning

Bilaga 2: Formulär för REBA-analys

Bilaga 3: Sammanställning av WFI:s olika produkter

Bilaga 4: Spreadsheet över jämförelse mellan WFI:s och konkurrenter produkter

Bilaga 5: Funktionsanalyser

Bilaga 6: Kravspecifikationer

# 1 INLEDNING

Det finns många fördelar med att sälja möbler omonterade, men det är också förenat med vissa risker. Ett problem som kan uppkomma är att de kan vara svåra att sätta ihop. Detta kan förebyggas genom att ha personen som ska montera möbelen i fokus under produktutvecklingsprocessen så att komponenter kan anpassas efter dennes behov, förmåga och förutsättningar.

## 1.1 Bakgrund

Workplaces For Industries AB (kort: WFI AB) är, bland annat, producent av arbetsbänkar med tillhörande moduler som används i industrier. Med de olika modulernas hjälp kan arbetsbänkarna anpassas efter kunders olika önskemål. Det går exempelvis att fästa olika hyllor och skärmar ovanför deras arbetsbänkar.

WFI AB anser att deras arbetsbänkar fungerar väl när de är monterade. De levereras dock omonterade och det finns möjligheter till utveckling för hur arbetsbänkarna sätts ihop. En viktig del av montering av arbetsbänken är fästning av de olika moduler som sitter ovanför bordsytan och fäster på bänken i perforerade pelare, exempelvis fasta- och svängbara armar och hyllor. I dag monteras olika komponenter enligt olika principer beroende på vilka moduler de ska bära och vart de ska sitta. Företaget är inte helt nöjda med hur detta fungerar idag och anser att deras produkter brister med avseende på användarens upplevelse vid montering av de olika modulerna.

Företaget menar att de som monterar deras arbetsbänkar har en medelhög monteringsvana. Med detta menas personer som har rört sig mycket i verkstadsmiljö och har medelgoda kunskaper om de verktyg som vanligen används där. Personerna har även tidigare erfarenheter från montering av möbler.

Den egna produktionen av bänkar och tillbehör sker idag i Gnosjö och bedrivs på ett sådant sätt att den har en relativt låg miljöpåverkan. Produkterna tillverkas i stål som skärs ut formas och sätts samman på olika sätt innan de sprutlackeras. Stålet de använder kommer från GA industri AB, beläget i Osby i Gnosjöregionen som till stor del använder återvunnet stål. Företagens verksamheter är belägna nära varandra vilket medför korta materialtransporter.

## 1.2 Syfte

Projektet syftar primärt till att ta fram nya fästen till WFI:s befintliga produkter som gör det lätt för en montör att fästa och ta loss olika hyllor, armar och andra moduler på önskad plats. Det syftar även till att ge fästena en god design genom att ha formspråk, tillverkning och miljöpåverkan i åtanke vid framtagning.

Mål för projektet är att vid projektets slut kunna redovisa framtagna modeller på fästen till moduler som är enklare att hantera för en tilltänkt montör jämfört med nuvarande produkter utan att tumma på egenskaper vid användning. Designval ska även vara motiverade ur ett ekonomiskt och miljömässigt perspektiv.

## **1.3 Avgränsningar**

Detta projektet kommer att fokusera på hur olika komponenter fästs in i pelarna ovanför bänkens arbetsyta.

Projektgruppen utgår från WFI:s bakgrundsbeskrivning av problemet och kommer inte att göra djupa efterforskningar kring andra möjligheter till ökat kundvärde än genom ökad användarvänlighet vid montering.

Projektet kommer inte innefatta arbete med utformning av paketering, men kommer att ta hänsyn till hur produkterna ser ut när de packats upp.

Produkterna ska med helst kunna tillverkas med WFI:s maskiner, om nya inköp ska göras behöver dessa motiveras väl. De kan även innehålla delar som köps in från underleverantörer.

## **1.4 Precisering av frågeställning**

Det ska vara så enkelt att förstå hur de nya komponenterna fungerar att en person med medelhög monteringsvana ska förstå hur komponenterna är tänkta att monteras relativt snabbt första gången de ser dem.

Det ska gå snabbare, vara mindre fysiskt- och kognitivt krävande att montera med de nya fästena.

## **1.5 Rapportens disposition**

Efter rapportens inledande kapitel och teoretisk referensram presenteras metoderna som användes under projektet. Därefter följer rapportens resultatkapitel tillsammans med respektive analyser av resultat i kronologisk ordning. Rapporten skrivs på detta sätt för att det ska framgå hur varje metod och dess resultat påverkat arbetsprocessen och utformning och val av metoder. Rapporten avslutas med en diskussion som övergriper hela projektet och innehåller vissa rekommendationer för fortsatt arbete.

## 2 TEORETISK REFERENSRAM

Projektets utformning i stort är baserat på teorier om produktutvecklingsprocesser i allmänhet. Projektets resultat har präglats av metoder och utvärdering som vilar på teorier om användbarhet. Nedan följer en introduktion av produktutveckling och om användbarhet.

### 2.1 Synsätt och metoder för produktutvecklingsprocesser

Boken *Produktutveckling - effektiva metoder för konstruktion och design* (H. Johannesson, 2013) beskriver produktutveckling som en problemlösningsprocess och tillhandahåller metoder som kan vara lämpliga. Den förklarar att produktutvecklingsprocesser kan vara iterativa och att vilka metoder som är lämpliga att använda beror av vilket problem som ska lösas, och att utvecklingsarbetet förenklat kan beskrivas linjärt som en process där:

- problem identifieras
- krav sätts upp för nya lösningar
- idéer för lösningar tas fram, utvärderas och utvecklas vidare
- koncept för helhetslösningar tas fram, utvärderas och utvecklas vidare.

Processen pågår tills dess att kraven för de nya lösningarna är uppfyllda eller att projekt avslutas för att de nya lösningarna inte möter uppsatta krav.

Detta arbetssätt har anammats i projektet och flera metoder som beskrivs har använts.

### 2.2 En introduktion till begreppet användbarhet

Boken *Introduction to Usability av Patrick W. Jordan* beskriver användbarhet som ett mått för hur effektivt och med vilken grad av tillfredsställelse en specifik användare når ett specifikt mål i en särskild miljö.

Hur användbar en produkt är kan få ekonomisk påverkan för ett företag som säljer produkter eftersom det kan påverka efterfrågan positivt. Om produkten används av en person som är i tjänst kan produktens användbarhet påverka ekonomiskt eftersom det hur snabbt och hur väl en uppgift utförs. Begreppet användbarhet innefattar också kognitiv och fysisk belastningsergonomi och det är viktigt att den tilltänkta användaren inte utsätts för risker.

Några sätt att mäta användbarhet är att ta reda på om och hur väl uppgifter blir utförda, hur många steg som behövs genomgå för att klara en uppgift samt de olika stegens mentala arbetsbelastning och fysiska arbetsbelastning. Det går även att göra och kvalitativa- och kvantitativa attitydanalyser med hjälp av olika tester.

När produkter ska utvärderas med avseende på användbarhet kan antingen experter tänka sig hur något hade fungerat för tilltänkta användare (icke-empiriska metoder)

eller så kan test utföras av tilltänkta användare (empiriska metoder). De icke-empiriska metoderna ofta går snabbare att utföra men de empiriska kan ge mer nyanserade och detaljerade resultat.

För att optimera tiden som går åt för att skapa användbar design rekommenderas är att arbeta med kortare iterationsfaser i början av designarbetet och låta dem ta längre tid mot slutet. Det viktigt att anpassa vilka metoder som används att ta fram och testa koncept efter detta. Detta arbetssätt har anammats i samklang med arbetsättet som beskrevs i *Produktutveckling - effektiva metoder för konstruktion och design* och flera metoder som är speciellt framtagna för att designa med användbarhet i åtanke har använts. (Jordan, 1998)

## **3 METOD**

I metodkapitlet redogörs för arbetsgången som följts under projektet och de metoder som har använts. Iteration har varit genomgående i arbetet, där metoder och steg har repeterats då det varit relevant. Det har gjorts för att säkerställa att de uppnådda resultaten uppfyller kraven som ställdes på dem.

### **3.1 Projektplan**

Under projektets uppstart upprättades en plan för hur arbetet skulle fortlöpa. Den innefattade projektets syfte och mål samt ett schema över aktiviteter, milstolpar och preliminära deadlines för dessa. Utifrån dem planerades det fortsatta arbetet.

### **3.2 Förstudie**

Det genomfördes en förstudie för att skaffa en omfattande kunskap om problembilden kring monteringen av WFI:s produkter. Men även för att undersöka och identifiera för- och nackdelar hos liknande lösningar hos konkurrerande företag. Förstudien syftade även till att undersöka lösningar för liknande produkter inom andra områden för att se vad som gjorts och vad som fungerar. Resultaten från förstudien sammanfattades i funktionsanalyser och kravspecifikationer som låg till grund för det fortsatta utvecklingsarbetet.

#### **3.2.1 Kartläggning av konkurrenters och WFI:s produkter**

Inledningsvis genomfördes en kartläggning av produkterna i WFI:s produktkatalog för att undersöka och klassificera monteringsprinciperna som de olika tillbehören använde sig av. Det gjordes i syfte att skapa en överblick av de olika fästernas lösningar.

Därefter genomfördes en analys av utbudet på liknande arbetsbänkar och tillbehör hos konkurrerande företag. Undersökningen syftade till att kartlägga vilka andra typer av fästen och lösningar som fanns på marknaden, hur de fäste rent tekniskt, hur de monterades, hur de tillverkades, vilka material de tillverkades i, försäljningspris och vikt.

Informationen samlades in genom sökningar i patentdatabaser, via sökningar i konkurrerande företags produktkataloger och web-baserade sökningar på produkter som hyllor, ledbara armar, svängbara armar och fasta armar. Den insamlade informationen kom från bilder och beskrivningar av produkterna.

Kartläggningen genomfördes för att få en översikt över aktörer och produkter på marknaden idag och för att kunna jämföra dessa med WFI:s lösningar.

#### **3.2.2 Användartester av WFI:s produkter**

Det genomfördes ett antal användartester av WFI:s befintliga produkter för att identifiera vilka problem som uppkom under montering av dem. Bland annat utfördes observationer som gick ut på att en testpersonen fick öppna, tolka och montera

undersökta komponenter medan deras sätt att använda produkterna dokumenterades och analyserades. Testpersonen uppmanades att "tänka högt", att sätta ord på sina handlingar, beslut och tankar. Monteringens fotograferades.

Stor vikt lades vid att indentifiera problematiska monteringssteg, se om något gick fel, samt hur lång tid de olika komponenterna tog att montera. Även antalet komponenter som produkterna bestod av och nödvändiga verktyg för montering dokumenterades.

Dokumentationen genomfördes på ett sätt som gjorde att resultaten skulle kunna jämföras med tester av prototyper senare i arbetet och analyseras med avseende på kognitiv genomgång, fysisk- och kognitiv arbetsbelastning vid montering. (Testformulär i sin helhet finns i bilaga 1).

### **3.2.2.1 Kognitiv genomgång**

Med användartesterna som grund genomfördes en kognitiv genomgång av montering av befintliga produkter. Den kognitiva genomgången presenterades som en lista för de kognitiva och fysiska steg en montör behövde genomföra för att montera en produkt.

De olika stegen i genomgången bedömdes utifrån om de krav som ställdes på användarens förmåga som krävdes för att utföra dem var rimliga. Det var således inte bara antalet steg i processen som utvärderades och stod som mått för komplexiteten - utan även kraven som ställdes på användaren för att utföra varje enskilt steg i processen och påverkade helhetsintrycket av en komponents användbarhet.

### **3.2.2.2 Fysisk belastningsergonomisk utvärdering**

Under användartesterna fotograferades testpersonerna under tiden de monterade WFI:s produkter för att enklare kunna identifiera skadliga arbetsställningar. De arbetsställningar som identifierades som potentiellt farliga utvärderades ur ett fysiskt belastningsergonomiskt perspektiv med hjälp av REBA-analyser, vilka gav en bild av hur kritiska de olika arbetsmomenten var.

REBA-analys är en belastningsergonomisk utvärderingsmetod där ett arbetsmoment systematiskt utvärderas efter vilken arbetsställning momentet utförs i, vilken belastning som personen utsätts för under momentet och vilken vinkel, armar, nacke, handleder och under hur lång tid momentet utförs. Alla de olika parametrarna läggs sedan ihop för att ge arbetsmomentet ett sammanlagt betyg över hur skadligt det är för användaren. (Mats Bohgard, 2011)(För formulär för REBA-analys se bilaga 2)

### **3.2.3 Funktionsanalys**

Efter att ha samlat in information om WFI:s produkter i undersökningar och monteringsstester utvärderades denna och omtolkades till funktionsanalyser, listor över produkternas olika delar och deras funktioner. De olika funktionerna klassades in som huvud-, stöd-, del- och onödiga funktioner. Analysen gällde produkternas funktioner vid användning.

Analyserna gjordes för att få en tydlig bild av hur produkterna fungerar idag och varför de ser ut som de gör. Klassifikationerna av funktioner gav en översikt om

vilken påverkan det skulle få om olika delar togs bort eller förändrades. De funktioner som värderades som viktiga att behålla omformulerades till krav nästa metodsteg.

### **3.2.4 Analys av material och tillverkning med Eco Audit Tool**

Det genomfördes en analys av energiåtgången och CO<sub>2</sub>-fotavtrycket från tillverkning av undersökta produkter. Analysen genomfördes i CES Selector, en PC-applikation som tillhandahåller data för material och deras egenskaper (Granta Material Intelligence, 2016), mer specifikt i programtjänsten The Eco Audit Tool som kan ta fram en överskådlig bild av miljöpåverkan som tar hänsyn till material, tillverkning och transport.

Värden för WFI:s befintliga hyllor, fasta-, ledade- och svängbara armar fördes i programmet. De gällde var materialets ursprung, hur produkterna var tillverkade, hur mycket de vägde och hur långt de transporterats. Information om produkterna inhämtades från produktkatalog och genom vägning av komponenter. Ut kom siffervärden och grafer som jämförde de olika produkterna med avseende på energiåtgång och CO<sub>2</sub>-fotavtryck.

Analysen genomfördes för att få en uppfattning om nuvarande produkters miljöpåverkan. Delar av underlaget användes för att sätta upp jämförande krav för de nya produkterna.

## **3.3 Kravspecifikation**

Det togs fram en specifikation av de krav som ställdes på de koncept som skulle genereras. Detta gjordes för att kunna säkerställa att nya koncept som mötte uppsatt kravbild. Kraven klassades som skall-krav eller bör-krav beroende på om det ansågs som nödvändigt att de möttes eller om det var positivt, men inte nödvändigt. Klassningen infördes för att kunna visa att kraven värderas olika.

Kravspecifikationen uppdaterades under under projektets gång, när förståelsen för problemen fördjupades.

## **3.4 Idé- och konceptgenerering**

I kapitlet beskrivs och redogörs för de metoder som användes i utvecklingsarbetet då ett stort antal olika idéer och konceptförslag skulle tas fram utifrån underlaget från förstudien.

### **3.4.1 Skisser**

En del av arbetet var att komma på nya idéer för hur de utvecklade produkterna kunde se ut. Skisser med penna och papper användes som ett hjälpmedel i detta arbete, och fungerade både för att utforska idéer och att förmedla dem till projektets olika intressenter. Eftersom nya idéer tillkom under arbetets gång och processen var till synes iterativ var skissverktyget något som användes under hela arbetet för såväl övergripande lösningar som detaljer.



Verktyget användes för är att det är lättillgängligt och för att det för en van tecknare går snabbt att få fram skisser med mycket information. Det finns också möjligheter till att ändra och göra om.

### 3.4.2 Konsultation

Genom projektet inhämtades råd av personer med expertkunskaper inom områden som projektet berörde. Rörande marknadsvärde för konceptidéer rådfrågades Henrik Johansson VD på WFI. Frågor rörande konstruktion och tillverkning rådfrågades Filip Bruveris, ansvarig för produktutveckling hos WFI. I frågor om användbarhet och design rådfrågades dr Pontus Wallgren, Universitetslektor, Design & Human Factors, Product- and Production Development på Chalmers tekniska högskola.

### 3.4.3 Osborns idésporrar

Det genomfördes en idégenerering för hur fästen för företagets olika tillbehör skulle kunna se ut. Som stöd användes Osborns idésporrar, en tabell med olika kategorier och frågor som kan användas för att generera utvecklade idéer på redan befintligt idématerial (H. Johannesson, 2013). I detta fallet utgjordes befintligt idématerial av WFI:s och konkurrenters nuvarande produkter.

*Tabell 3.1 - Osborns idésporrar. Tabellen redogör för olika kategorier och frågor som Osborns idésporrar erbjuder.*

Kategori	Frågor
Förstora	Lägga till något? Större frekvens? Starkare? Resligare? Fler ingredienser? Multiplicera? Extra värde? Etc.
Förminska	Ta bort något? Mindre frekvens? Lättare? Mindre? Långsammare? Dela upp? Annan ekonomi
Ersätta	Något annat i stället? Annat tillfälle? Annan process?
Omplacera	Annan inbördes ordning? Annan plats? Annat storleksförhållande? Ny ordningsföljd?
Göra tvärt om/ motsats	Upp och ned? Åt andra hållet? In och ut?
Bearbeta	Vad finns det som liknar detta? Något att kopiera? Om bearbetningar görs, vilka förbättringar kan göras?
Modifiera	Byta innebörd? Färg? Rörelse? Ljud? Smak? Form? Vikt? Struktur? Addera något av detta?

Idégenereringen genomfördes genom att presentera frågorna från tabell 3.1 och försöka komma på nya idéer för hur WFI:s produkter skulle kunna se ut och fungera. Nya idéer visualiserades med enkla skisser och diskuterades sedan. Metoden genomfördes för en produkt åt gången och varje produkt gavs ungefär två timmar.

Metoden användes för att utforska idérymden kring hur olika produkterna skulle kunna fungera, med förhoppning om att hitta möjligheter för att utveckla befintliga produkter.

### **3.4.4 Idégenereringsworkshop med WFI**

WFI uttryckte tidigt att de ville vara med under en del av den kreativa processen där koncept skulle tas fram. Det anordnades tidigt i idéframtagningsprocessen en workshop med både idégenerering och konsultation. Deltog gjorde projektgruppen, företagshandledaren och produktutvecklingsarig på WFI.

Workshopen började med att projektgruppen presenterade ett axplock av idéer som uppkommit Osborns Idésporrar och förtydligats genom förfinade skisser och fördjupad analys av montering. Idéerna som presenterades var uppdelade efter vilket tillbehör som de ämnade att fästa i pelarna, i grupperna hyllor, fasta- och svängbara armar och ledbar arm. De diskuterades och utvecklades vidare av gruppen, i form av idéskisser.

Workshopen genomfördes för att få ut så mycket som möjligt av den branscherfarenhet och insikt i problemet som företagshandledaren och produktutvecklingsansvarig besatt. Det är exempelvis begränsat vilka tillverkningstekniker WFI har tillgång till här gavs ett tillfälle för dem att få en översikt över idéer och komma med input och idéer för hur koncept skulle kunna tillverkas och vad som var möjligt för dem att bygga.

### **3.4.5 Idéskiftesmetoden**

Idéskiftesmetoden är en kreativ gruppmetod där gruppmedlemmarna individuellt arbetar med en problembeskrivning under en begränsad tid. De ska under den tiden komma fram till ett antal olika lösningar på problembeskrivningen. Efter den utsatta tiden byter gruppmedlemmarna idé-material med varandra, och vidareutvecklar varandras idéer och lösningsförslag. Gruppmedlemmarnas material med lösningsförslag skickas vidare mellan gruppmedlemmarna med fasta intervall tills de olika lösningsförslagen varit hos alla gruppmedlemmar (H. Johannesson, 2013).

Den användes under den andra idégenereringsiteration som påbörjades efter workshop/konsultation med WFI, sedan det beslutats att flera nya idéförslag behövde tas fram för några av fästena som projektet syftade till att förbättra. Metoden utfördes av två personer som kom på tre stycken idéer var till lösningar på ett problem. De olika lösningsförslagen cirkulerade mellan gruppmedlemmarna flera gånger och utvecklades vidare. De nya idéförslagen som togs fram genom idéskiftesmetoden diskuterades och deras tilltänka monteringsgång visualiserades. Därigenom framkom eventuella problem eller svårigheter som fanns hos konceptförslagen.

Metoden användes eftersom den erbjöd möjligheten att få många olika infallsvinklar på samma problem och idé. Det var nödvändigt att få in nya tankesätt kring problemen eftersom idéframtagningen stagnerat efter föregående workshop.

### **3.4.6 Skissmodeller / mock-ups / prototyper**

Tidigt i idéframtagningprocessen så tillverkades mycket enkla modeller för att testa idéer som kom fram under idégenereringsprocesserna. Många av idéerna som togs fram handlade om olika enkla mekaniska funktioner som upplevdes enklare att testa och visualisera genom att bygga grova fysiska modeller av dem för att testa idéernas kvalitet. Desto mer konceptidéerna färdigställdes desto mer sofistikerade gjordes modellerna för att testa dem. Modell- och prototyp tillverkning var ett verktyg som användes mycket iterativt under både konceptframtagning och konceptutvärdering.

### **3.4.7 CAD-modeller**

Under utvecklingsarbetet användes CAD-verktyget CATIA V5 (Dassault Systemes) för att ta fram och bygga upp modeller av idéförslagen i en 3D-miljö. CAD-verktyget användes för att snabbt kunna ta fram modeller för att undersöka och visualisera vilken storlek och mått olika komponenter skulle ha utan att behöva bygga lika många fysiska modeller.

#### **3.4.7.1 3D-print av CAD-modeller**

Från CAD-modellerna skapades fysiska prototyper i plast med hjälp av en 3D-skrivare. De användes för ytterligare tester och utvärdering av konceptförslagen. Metoden ansågs som effektiv eftersom prototyperna höll för att testa konceptens funktioner.

## **3.5 Konceptval och utvärdering**

I nästa steg valdes koncept ut från de olika konceptförslag som presenterades i det tidigare steget. Dessa utvärderades mot de olika krav som identifierats under arbetets gång samt mot uppdragets frågeställningar. Under processen användes en utvärderingsmatris för att säkerställa objektiviteten i de val som gjordes.

Även en konsultation med WFI genomfördes under utvärderingen för att låta deras synpunkter ur tillverknings- och marknadsperspektiv spela in i valet av slutkoncept.

Vidare så utvärderades de valda koncepten med flera olika metoder för att testa produktens användbarhet. Arbetet fortsatte att vara iterativt även under den här delen av processen och detaljer i koncepten ändrades mellan de olika usability-testerna som utfördes för att sedan låta testa koncepten igen och undersöka förändringarna för att optimera användarens upplevelse vid användning. Till sist så undersöktes de nya konceptens hållfasthet genom en FE-analys där koncepten utsattes för höga lastfall och deras deformation och spänningskoncentrationer undersöktes för att säkerställa att koncepten klarade av den högsta tillåtna belastningen vid användning.

### **3.5.1 Utvärderingsmatris**

En utvärderingsmatris användes för att välja koncept för att se till att inte subjektiva åsikter dikterade vilket koncept som valdes. De olika koncepten utvärderades med WFI:s lösningar som referens utefter kraven från kravspecifikationerna. Om koncepten uppfyllde kraven bättre än referenslösningen tilldelades de ett plus(+), om de uppfyllde kraven sämre än referenslösningen tilldelades de ett minus (-). Om de uppfyllde ett krav lika väl som referenslösningen så tilldelades koncepten noll (0). De

koncepten där nettovärdet av alla plus och minus var högst var de koncepten som objektivt hade störst förbättringspotential.

Metoden användes för att för att enkelt få en överblick över och göra ett urval ur de koncept- och idéförslag som framkommit under idégenereringsprocessen. (H. Johannesson, 2013)

De koncepten som valdes var också tvungna att uppfylla alla kraven från kravspecifikationen som benämns som Skall-krav. Alltså någonting som produkten måste uppfylla och kunna utföra.

### **3.5.2 “Tänka-högt-protokoll”**

Tänka-högt-protokoll är en metod som används för att utvärdera en användares upplevelse då den använder en produkt eller ett gränssnitt. Den går ut på att användaren berättar vad den gör och hur den tänker när den utför en uppgift. (Jordan, 1998). Metoden lät användare specifikt utvärdera och berätta hur de upplevde monteringen av olika prototyper för koncepten och eventuella problem med desamma.

Testerna av de nya koncepten för hyllor och fäste för fasta- och svängbara armar föregicks av att testpersonerna fick montera WFI:s befintliga lösningar samtidigt som de redogjorde för sina handlingar och tankar under processen. Efter att de genomfört montering av befintliga produktet och redogjort för svårigheterna med det ombads de att utföra ett likande test för de nya koncepten. Testerna utfördes på detta sätt för att testpersonerna skulle kunna jämföra befintliga lösningar med nya koncept.

Konceptet för fäste för ledbar arm testades på ett annorlunda sätt eftersom konceptet inte ansågs som färdigutvecklat och eftersom prototypen som användes inte kunde testas med den funktionalitet som önskades. Konceptet saknade en lösning för att kunna spänna fast fästet mot pelaren ordentligt. Testerna utvärderade därför främst hur intuitiv och enkel konceptets fästning på pelaren upplevdes jämfört med WFI:s lösning. Tester utfördes internt av projektgruppen. Dessa tester utfördes för att få en tydligare bild av konceptets potential.

Testerna filmades och testpersonernas upplevelser och synpunkter på koncepten och dess montering analyserades. Filmerna på monteringen av de nya koncepten analyserades även för att identifiera eventuella nya skadliga arbetsmoment vid monteringen och jämföra med de ergonomiska analyser som utfördes på WFI:s produkter under projektets förstudie. Filmerna användes för att kunna analysera resultat i efterhand.

Tänka-högt-protokoll kan fungera för att verifiera att användare använder en produkt som den är tänkt. De kan också ge en djupare förståelse för varför ett problem kan uppstå. Metoden användes för att verifiera att användares upplevelser av att montera prototyper av koncepten stämde överens med vision.

### **3.5.3 Konsultation med WFI**

Ett sista, avslutande möte med WFI användes för att gemensamt utvärdera de olika koncepten och dellösningarna. Först presenterades de olika konceptförslagen som uppkommit inom de olika problemområdena. Därefter visades data från de olika

testerna som utförts som visade på de olika konceptens fördelar och nackdelar samt vilka förändringar som gjorts på dem under de tidigare konceptutvärderingarna. Materialet som presenterats diskuterades mellan teamet och WFI. Därefter fick WFI ge besked och väga in på vilka koncept inom de olika arbetsområdena som de tyckte visade på störst förbättringspotential och skulle vidareutvecklas.

### **3.5.4 Finita elementmetoden**

Som ett sista steg i konceptutvärderingen så användes CATIA V5 (Dassault Systemes) för att utföra en FE-analys på CAD-modellerna av koncepten. FE-analys, eller finite element analysis är en metod för att lösa beräkningsproblem för riktiga objekt genom att diskretisera den geometriska strukturen hos objektet. FE-metoden gör det genom att dela upp geometrin i små bitar som kopplas ihop i ett ekvationssystem. Det gör att istället för en struktur med en oändlig mängd frihetsgrader så finns det ett ändligt antal element med egenskaper som bestäms av ingenjören som utför analysen (H. Johannesson, 2013). Metoden användes för att undersöka hur stor belastning som konceptens konstruktion skulle dimensioneras mot samt om de klarade av lastfallen som uppstod då de belastades som efter maxbelastningarna som var satta på WFI:s produkter utan att brott uppstår eller att de deformeras.

## 4 RESULTAT OCH ANALYSER

I följande kapitel presenteras och redogörs för resultaten från utvecklingsarbetet. Kapitlet har samma struktur som metodkapitlet för att det enklare ska gå att följa utvecklingsarbetets gång.

### 4.1 Förstudie

I följande kapitel presenteras resultaten från projektets förstudie. De presenteras i form av analyser, tester och beskrivningar av företagets befintliga produkter, en marknadsanalys av liknande produkter och lösningar hos andra aktörer och slutligen genom funktionsanalyser och kravspecifikationer för de olika tillbehören.

#### 4.1.1 Kartläggning av konkurrenters och WFI:s produkter

Utifrån projektets syfte och frågeställning så undersöktes de olika komponenterna och tillbehören från WFI:s produktkatalog som på olika sätt fästs på bänkens perforerade pelare. Därifrån identifierades fyra stycken olika övergripande monteringsprinciper inom vilka företagets olika tillbehör kunde placeras (Se bilaga 3 för kartläggning av WFI:s produkter).

De fyra identifierade monteringsätten (se figur 4.1) var:

- Produkter som hängdes fast med hakar.
- Produkter som klämdes fast på sidan av pelaren.
- Produkter som sattes fast med skruv och mutter genom pelarens perforering.
- Produkter som fäste med skruvar genom pelarens perforering som fäste i gängor i tillbehöret.



**Figur 4.1 - Fyra monteringsprinciper.** Figuren visar de fyra olika monteringsprinciperna som identifierades under kartläggning och analys av WFI:s produktkatalog (WFI, u.å).

Utifrån de fyra monteringsprinciperna som WFI använde så genomfördes en marknadsanalys och närmare jämförelse med WFI:s produkter. Där undersöktes och analyserades lösningar och produkter hos andra aktörer på marknaden. De konkurrerande aktörernas vilkas produkter kartlades är aktiva på den svenska, engelska och amerikanska marknaden och produkterna säljs i butik, e-butik och ibland via offerering (Se bilaga 4 för spreadsheet av jämförelse mellan WFI:s och

konkurrenters produkter). Produkterna säljs ofta från företag till företag och ibland från företag till privatpersoner.

#### 4.1.1.1 WFI:s fästen för hyllplan

De flesta av WFI:s produkter som fästs i pelarna genom hakar var deras olika typer av hyllplan. WFI:s hyllplan fäster i pelare med hjälp av konsoler med hakar i bakändorna (se figur 4.2). Hakarna är utformade så att hyllorna kan fästas i olika vinklar. Hyllplanen fästs i konsolerna med skruvförband. För montering krävdes en insexnyckel och en skiftnyckel. WFI:s konsoler såldes tillsammans med hyllorna och detta kostar mellan 295 kr och 495 kr beroende på storlek på hyllplan (Gigants produktkatalog). Konsolerna gjordes i plåt som var utskuren och bockad. Den maximala belastningen för hyllplanen var 50 kg.

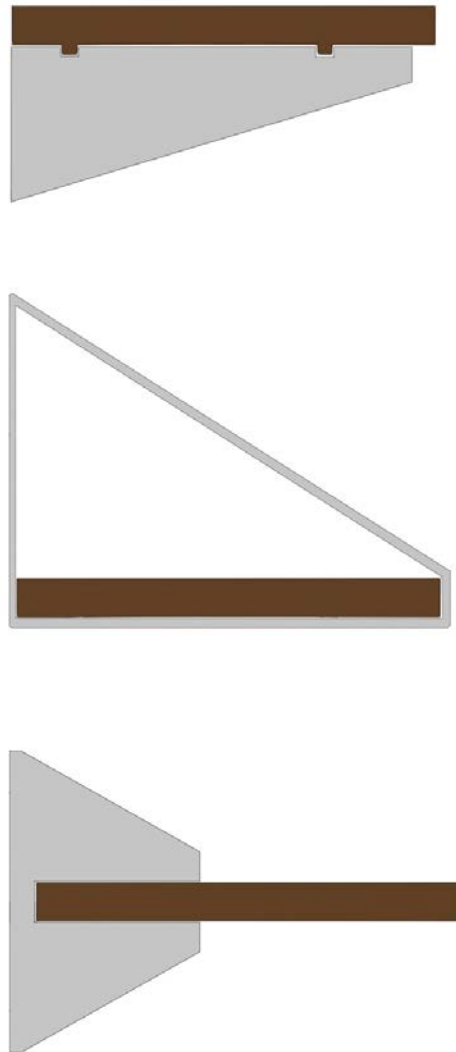


*Figur 4.2 - WFI:s fäste för hyllor. En konsol fasthakad i en perforerad pelare, här i ett läge så att hyllplanet är horisontellt.*

#### 4.1.1.2 Konkurrenters lösningar för fästen för hyllplan

Det fanns flera olika typer av konsoler för hyllor och det skiljde sig åt både hur hyllorna fixerades vid konsolerna och hur konsolerna fixerades i pelare.

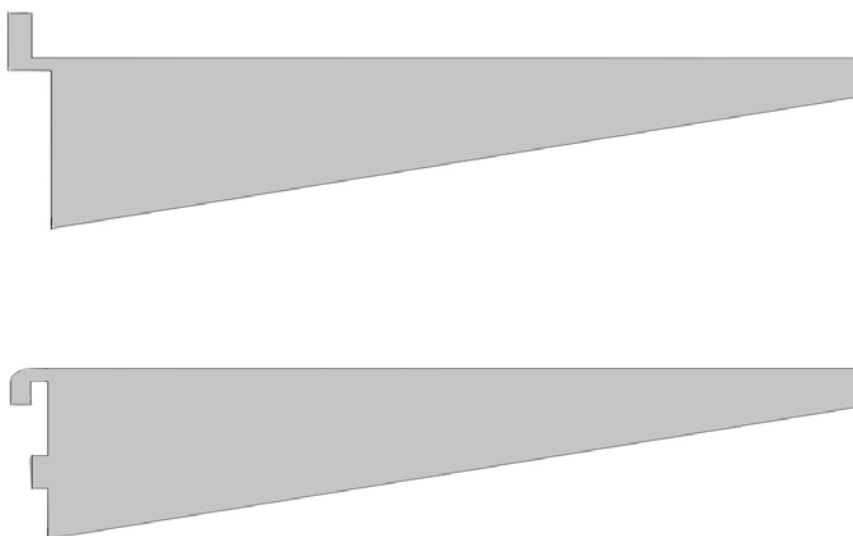
I några fall fixerades hyllplanen i konsolerna genom att läggas på dem (se figur 4.3). I ett fall hade hyllplanet en liten utstickande del som passade i ett spår i konsolen och i ett annat ramades hyllplanet in av konsolerna på tre sidor. I ett fall klämdes hyllan fast i konsolen och i några fall skruvades hyllplanet fast i konsolen med vertikala skruvförband.



**Figur 4.3 - Konsoler och hyllplan.** Bilden visar tre konsoler med hyllplan från sidan. Den övre hyllan fixeras med ett spår, den mittersta ramas in av konsolen och den understa kläms fast.

Några undersökta produkter hade konsoler som hakade fast i och stödde mot pelare på olika sätt och några kunde fästas i pelare med skruvförband (se figur 4.3 och 4.4).





**Figur 4.4 - Konsoler med hakar.** Bilden visar två konsoler sedda från sidan med olika typer av hakar. Den övre har en hake som fäster uppåt och den undre har en nedåtvänd hake och ett stöd.

#### 4.1.1.3 Analys av fästen för hyllplan

Det var intressant att se att det fanns många olika sätt att fästa konsoler i pelare och i hyllplan. De lösningar som hittades för att fästa hyllor i konsoler såg ut att kunna tåla en belastning ovanifrån på hyllplanet väl, men om de är lämpliga att använda till arbetsbänkar är osäkert eftersom arbetsbänkar i industrimiljö i viss utsträckning bör kunna utsättas för stötar. Hyllplanen skulle kunna då kunna glida i sidled och eventuellt falla av (se Figur 4.3).

Ingen av ovan nämnda lösningar återfanns på konsoler som gick att vinkla, vilket var möjligt för WFI:s hyllplan, som fäster i sina konsoler med skruvförband. WFI:s hyllplan går även, till skillnad från dessa lösningar, att montera på två olika platser i djupled. Däremot kunde de alternativen anses vara nättare, och de kräver inte några skruvförband.

Alternativet med en hake som var vänd uppåt var betydligt bredare än WFI:s hake, men en variant av en uppåtvänd hake som var anpassad för WFI:s pelare skulle kunna vara intressant. En stor fördel med WFI:s konsol var att den var smal och täckte mindre än en halv perforering, vilket gör det möjligt att montera något mer i samma perforering. Även lösningen med en hake och en plugg var bredare än WFI:s variant.

I undersökningen fanns även alternativ där konsoler fästes i pelare med hjälp av skruvförband. Dessa lösningar skulle tåla stötar på arbetsbänken i större utsträckning än WFI:s hakfästen, men de täckte hela perforeringar så att det inte gick att montera fler saker på samma höjd på pelaren. Eventuellt skulle konsoler som monterades i pelaren med skruvförband med fördel fästas i pelaren först, för att sedan fästa hyllplan, jämfört med WFI:s hyllplan, där konsolerna med fördel monterades på hyllplanet innan det sattes fast i pelaren.

Med WFI:s konsoler fanns möjlighet att fästa flera hyllor brevid varandra på samma höjd.

När WFI:s fästprincip för hakar undersöktes och jämfördes med andra lösningar med fokus på montering av hyllplan så identifierades att problemet vid monteringen för WFI:s lösning inte verkade uppkomma då konsolerna skulle fästas i pelaren utan i steget innan, då konsolerna monterades ihop med hyllplanet.

#### 4.1.1.4 WFI:s fäste för fast arm

WFI:s fäste för fast arm var det enda som använde sig av fästprincipen där gängor för skruv fanns direkt i tillbehörets gods. Den fasta armen var fastsvetsad på en rektangulär platta med två hål med gängor i. Med hjälp av två skruvar som sattes i från pelarens baksida fästes plattan i den perforerade pelaren. Det satt en hållare för en tvärgående C-profil i armens undre spår (se figur 4.5). Vid montering krävdes en insexnyckel. Armarna kostar från 255 kr till 340 kr /st. Armens konstruktion bestod av ihopsvetsade delar av bockad plåt. Den maximala belastningen för en fast arm sades vara 10 kg.



*Figur 4.5 - Två fasta armar och en c-profil. Bilden visar två fasta armar med pelarfästen och fästen för tvärgående C-profilbalk, en tvärgående C-profilbalk, fyra skruvar och fyra brickor. En Fast arm och en tvärgående balk är fortfarande i emballage.*

#### 4.1.1.5 Analys av fästen för fasta armar

Det fanns andra företag som gjorde fasta armar, och dessa var så lika WFI:s att de inte togs med i undersökningen, då det inte fanns tillräckligt stora skillnader att jämföra. Däremot framkom det att WFI använde sig av den fasta armen som en komponent till deras svängbara arm.

En detalj som ökade användarvänligheten vid montering mycket för den fasta armen

var gängorna i godset i plattan där den fasta armen satt. Lösningen gjorde det enklare att fästa skruven än om det hade gjorts med en mutter och en bricka.

#### 4.1.1.6 WFI:s fästen för svängbara armar

WFI:s svängbara arm utgjordes av en fast arm med en fastsvetsad platta med gängat gods, och en därpå skruvad gångjärnsled. Gångjärnsleden hade försänkningar för dessa skruvar på ena sidan. Andra sidan av gångjärnet var fastsvetsad på en platta med två hål i sig. Armen kunde fästas på framsidan av en pelare med hjälp av två skruvförband genom hålen (se figur 4.6). För att fästa armen behövdes en fast nyckel och en insexnyckel. Ett skruvförband fungerade som axel i gångjärnet. Komponenten sades klara av en maxbelastning på 15 kg.



*Figur 4.6 - WFI:s svängbara arm i befintligt utförande. Bilden visar WFI:s svängbara arm snett bakifrån, med fokus på pelarfäste och gångjärn (WFI, u,å).*

#### 4.1.1.7 WFI:s tidigare fäste för svängbar arm

I undersökningen hittades inga intressanta alternativa lösningar för svängbara armar från andra företag. Däremot undersöktes en gammal version av WFI:s svängbara arm, vilken kunde monteras på utsidan av pelaren istället för på framsidan (se figur 4.7). Delarna var tillverkade av skuren och bockad plåt som var ihopsvetsade eller ihopskruvade. Armen fäste i pelaren genom att klämmas med skruvförband från sidan, likt fästprincipen som användes för att fästa WFI:s ledbara arm (se figur 4.1), men denna klämman använde tre halva perforeringar och skruvarna som höll ihop klämman fäste i gängat gods istället för i muttrar. För montering av fästet krävdes en insexnyckel.



*Figur 4.7 - En tidigare version av WFI:s svängbara arm. Figuren visar en tidigare version av WFI:s svängbara arm monterad högst upp på en perforerad pelare (WFI, u.å).*

#### **4.1.1.8 Analys av fästen för svängbar arm**

WFI har ändrat placeringen på den svängbara arm från sidan av pelaren till mitt på pelarens framsida. Detta gjorde att fyra hela perforeringar täcktes istället för de tre halva perforeringar som den gamla täckte. Den nya lösningen gjorde det omöjligt att fästa en annan komponent i samma perforeringar som den svängbara armen. På bilden av WFI:s gamla svängbara arm var den placerad längst upp på en perforerad pelare (se Figur 4.7). En tidigare version av WFI:s svängbara arm) vilket vittnar om att den är tänkt att monteras så. De flesta andra av WFI:s tillbehör för arbetsborden var tänkta att monteras längre ned på pelaren för att vara lätta att nå. Behovet för att kunna montera flera saker i samma höjd bredvid varandra på pelaren antogs därför vara lägre högst upp på pelaren eftersom även fästet för de fasta armarna som var tänkta att placeras högt upp på pelarna täckte hela perforeringar.

#### **4.1.1.9 WFI:s fäste för ledbara armar**

De produkter i WFI:s produktkatalog som i nuläget använde monteringsprincipen med ett skruvförband som klämde fast dem på sidan av pelaren var deras fästen för ledbara armar. De bestod av två delar som hakades fast i arbetsbänkens pelare från båda sidor och klämdes ihop med ett skruvförband bestående av två skruvar med tillhörande brickor och muttrar. Fästet var omvändbart och kunde fästas för att placera den ledbara armen i riktning framåt, mot bänkytan, eller bakåt. För montering krävdes en insexnyckel och en hylsnyckel. WFI:s ledbara armar kostade mellan 485 kr och 520

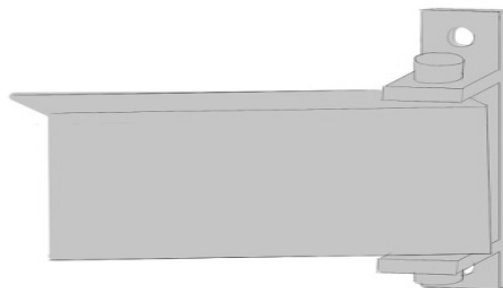
kr och sades klara en maximal belastning på 15 kg. Komponenten var tillverkad av bockad, skuren plåt med påsvetsade detaljer.



*Figur 4.8 - WFI:s ledbara arm. Bilden visar hur komponenten är hakad i och fastklämd på en pelare.*

#### **4.1.1.10 Konkurrenters lösningar för montering av ledbara armar**

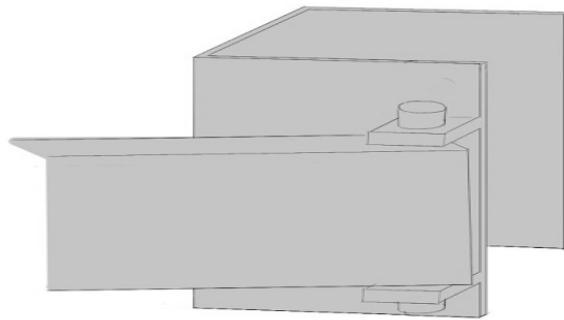
Konkurrenter hade produkter som liknade WFI:s ledbara arm. Några av dem fästes i pelare på andra sätt. Många produkter monterades på framsidan av pelare med två skruvförband genom pelarens perforeringar, en ovanför och en under armens gångjärn (se figur 4.9). Vid montering av dessa användes i alla fall utom ett liknande verktyg som vid montering av WFI:s lösning. Ett företag hade ett fäste som fästes genom pelarens perforeringar med två stycken skruvar som kunde spännas åt för hand, utan att använda verktyg.



*Figur 4.9 - Alternativt fäste för ledbar arm 1. Bilden visar ett fäste som kunde*

*monteras på fram eller baksidan av perforerad pelare med hjälp av två skruvar genom pelarens perforeringar.*

En annan lösning bestod av en bockad stålbit som omslöt en pelare på tre sidor. Fästet hade påsvetsade hakar på insidan som fästes i pelarens perforeringar (se figur 4.10). När det fästes på en pelare hamnade gångjärnet på framsidan av pelaren och en skruv som klämde fast komponenten mot pelaren på baksidan. För att fästa komponenten behövdes inga verktyg eftersom skruvhuvudet var försett med ett handtag så den kunde spännas för hand.



*Figur 4.10 - Alternativt fäste för ledbar arm 2. Bilden visar framsidan av fästet, där armens gångjärn är synligt.*

#### **4.1.1.11 Analys av fästen för ledbara armar**

En fördel med fästen som monterades på framsidan på en pelare (se figur 4.9) var att de använde mindre material och tillverkningssteg än fästet som WFI använde. De täckte däremot flera av pelarnas perforeringar helt vilket medförde att inga andra tillbehör kunde fästas i samma höjd.

En intressant sak med fästet som omslöt pelaren på tre sidor var att det gjorde att armen kunde fästas i pelaren utan att pelarens perforeringar täcktes på framsidan. Den lösningen täckte däremot flera hela perforeringar på baksidan (se figur 4.10). Det kunde jämföras med WFI:s fäste som täckte fyra halva perforeringar på framsidan av pelaren och lika många på baksidan.

En detalj som fanns på flera fästen var skruvhuvuden som hade tillägg för att kunna spännas för hand. Medan WFI:s fäste krävde en fast nyckel och en insexnyckel som användes samtidigt för att spännas fast. Det var en detalj som ansågs kunna underlätta vid montering.

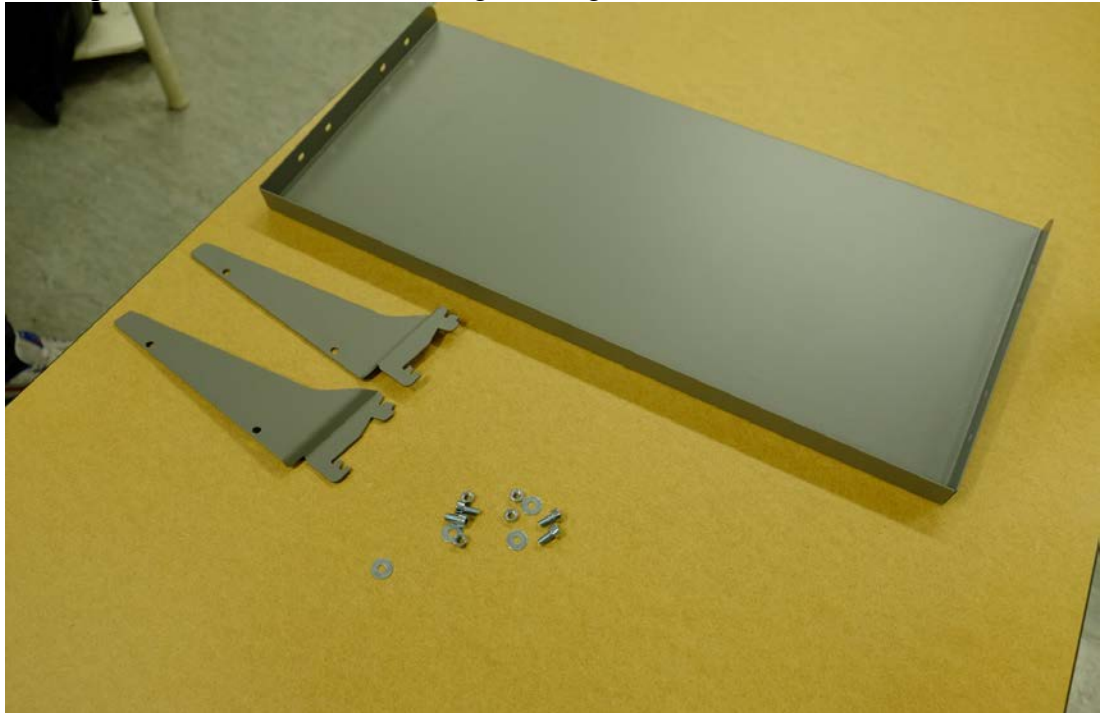
## **4.1.2 Användartester**

Nedan presenteras resultaten av användartesterna, som utfördes på komponenter som använde alla de fyra monteringsprinciper som tidigare identifierats, tillsammans med analyser av användbarhet, kognitiva genomgångar och utvärdering av fysisk belastningsergonomi. Under användartesterna identifierades flera monteringssteg som var problematiska ur användarsynpunkt för en medelgod montör.

Totalt krävdes fem olika verktyg vid montering av de olika fästena och deras tillbehör. Det ansågs som problematiskt med avseende på användbarhet att det användes olika storlek på skruvar och muttrar för de olika komponenterna. Detta ökade risken för att medelgoda montörer skulle förlora tid vid montering på att testa verktyg.

#### 4.1.2.1 Hyllplan med Konsoler

Totalt bestod hyllan med konsoler och skruvförband av 15 delar som gick att ta isär och sätta ihop med olika mekaniska lösningar (se figur 4.11).



*Figur 4.11 - Monteringsats för hyllplan. Bilden visar två konsoler, ett hyllplan, fyra insex-skruvar, fyra muttrar och fyra brickor*

För montering av hyllplanet krävdes en hylsnyckel eller fast nyckel i storlek 10 mm, en insexnyckel i storlek 5 mm.

Den kognitiva genomgången för hela monteringsprocessen bestod av elva olika moment. Några av dem behövde repeteras flera gånger, detta resulterade i att monteringen utfördes i 23 steg. Monteringsprocessen såg ut som följande:

1. Öppna paket med hyllplan
2. Tänk på hur hyllplanet ska sitta
3. Se vilken konsol som ska sitta på vilken sida för att passa hyllplan
4. Trä skruv genom konsolens hål från utsidan och placera mutter och bricka på insidan
5. Skruva på mutter för hand
6. Prova ut rätt storlek på fast- eller hylsnyckel och insexnyckel.
7. a) Håll fast mutter med fast- eller hylsnyckel b) Dra åt skruv med insexnyckel



- Repetera steg 4-7 tre gånger, en för varje skruvförband
21. Lyft hyllplanet
  22. Fäst konsolernas övre krokar i pelarnas perforering
  23. Vinkla ner hyllplanet till de undre krokarna fäster

Tiden för monteringen av hyllplanet inklusive att öppna och ta av emballaget berodde på hur lång tid varje steg tog för en montör, vilket kunde variera med komplexiteten av varje steg. Ett riktmärke för hur lång tid det tog totalt var att en medelgod montör vid ett test behövde två och en halv minut på första försöket för att packa upp, sätta ihop och montera hyllan på de perforerade pelarna.

Hyllplanets plastemballage kunde öppnas med kniv eller sax. Det fanns en risk att de små komponenterna som påsen innehöll skulle trilla ur, varför steget fick genomföras med viss noggrannhet.

Därefter bestämdes hur hyllplanet var tänkt att sitta när det var monterat. Rakt eller vinklat, med lister framåt eller bakåt, uppåt eller neråt och på vilket djup i rummet. Det ansågs finnas så många alternativ att det gränsade till att vara svårt att överskåda monteringsmöjligheter vid en första anblick. En risk fanns att en montör skulle kunna montera på ett sätt som inte var optimalt. Detta kunde antingen resultera i att hyllan inte användes optimalt eller att några steg i monteringen fick göras om.

Sedan passades konsolens hål mot hålen i hyllplanet och skruvarna fördes genom hålen. Det var ett arbetsmoment som satte krav på precision från montören eftersom hålen var så små att skruvarna knappt gick igenom. På insidan fördes bricka och mutter på änden av skruven och drogs för hand tills den satt fast utan att falla av. Montören arbetade finmotoriskt med båda händerna och greppade både muttern och skruven tillräckligt hårt för att kunna dra åt muttern tills den satt fast (se figur 4.12). Kraven som sattes på montören ansågs inte som orimliga för en med medelgod monteringsvana, men momentet ansågs omständigt och tidskrävande.





*Figur 4.12 - Närbild av fästning av konsol i hyllplan. Bilden visar en konsol som fästs i ett hyllplan för hand med ett skruvförband.*

Därefter provades rätt storlek på insexnyckel och fast nyckel fram för att kunna dra åt skruven hårdare. När man drog åt skruvarna behövde man hålla emot med ett verktyg och skruva med det andra; ett moment som ställde krav på koordination och viss greppstyrka. Kraven på montören ansågs inte heller här som orimliga för en med medelgod monteringsvana, men även detta moment ansågs omständigt och tidskrävande. Problemen i monteringssteg 4-7 värderades som mer kritiska eftersom de genomfördes fyra gånger per hylla. Det fanns stor potential att utveckla produkten med avseende på användbarheten för en person med medelgod monteringsvana.

Därefter lyftes hyllplanet upp och passades in i perforeringarna i pelarna på två sidor. Först passades konsolens övre hakar in, sedan vinklades hyllplanet nedåt tills de undre hakarna också fäste. Det momentet antog en viss mängd styrka kombinerat med koordination då konsolernas hakar skulle passas in i perforeringar samtidigt på bägge pelare.

Inga arbetsmoment identifierades som kritiska eller potentiellt skadliga nog för att kräva ytterligare utvärdering med belastningsergonomiska metoder.

#### **4.1.2.2 Fasta armar med pelarfäste och C-profil samt tvärgående C-profilsbalk**

Totalt bestod monteringsatsen för de fasta armarna med pelarfäste och den tvärgående balken av elva stycken delar (se figur 4.5) som gick att sätta ihop och ta isär med hjälp av olika mekaniska lösningar. För att montera tillbehöret behövdes en insexnyckel i storlek 6 mm.

Den kognitiva genomgången för monteringen av tillbehöret bestod av 14 moment varav några behövde repeteras på flera ställen eller genomföras parallellt, vilket gav en montering som genomfördes i 20 steg:

1. Öppna paket med fast arm
2. Bestäm placering
3. Välj verktyg
4. Skruva ur skruvarna ur de fasta armarnas pelarfästen
5. För skruv genom brickan och den perforerade pelaren
6. a) Håll armen i läge b) Skruva i den första skruven i gängan för hand
7. Dra åt den första skruven med verktyg
8. Dra i den andra skruven med verktyg  
Repetera steg 5-8 för arm 2.
13. Öppna hållare för c-profil på båda armarna en bit
14. Lossa skruv för hållare av C-profil
15. Flytta hållare till önskat läge
16. Repetera 9-10 för arm två
17. Placera balkens fästen längst ut på de fasta armarna
18. Lyft C-profil
19. För in c-profil igenom båda hållarna
20. Dra åt skruv på hållarna

Tiden för monteringen av hyllplanet inklusive att öppna och ta av emballaget berodde på hur lång tid varje steg tog för en montör, vilket kunde variera med komplexiteten av varje steg. Några riktmärken för hur lång tid det tog ungefär var att en medelgod montör vid ett test behövde tolv minuter på första försöket för att genomgå de 20 monteringsstegen. Ungefär en minut gick åt till att packa upp komponenterna och första tänkt montering, nio minuter gick åt till att fästa de fasta armarna i pelaren och två minuter till att fästa balken.

Efter att emballaget plockats bort fann montören produkten sammansatt i tre olika delar - de två armarna med pelarfästen och den tvärgående balken. Här fanns ingen direkt risk att lösa delar skulle försvinna. Det var enkelt för en medelgod montör att förstå hur de tre delarna skulle fästa i pelarna och i varandra, fästen utgjordes av skruvförband som skulle klämma fast delarna.

Skruvarna skruvades ut ur godset, en i taget, medan den fasta armen hölls på plats med en hand. Då skruvarna lämnade godset fanns en risk för att brickorna skulle glida av från skruvarna. Riskerna var överhängande eftersom användaren hade båda händerna fulla vid momentet där skruvarna togs av. Här identifierades en stor potential att genom förändrad utformning av produkten öka användarvänligheten för en medelgod montör.

När skruvarna tagits av bestämdes placering för armarna. De monterades sedan i en omständigt process i flera steg, då det i vissa steg utfördes flera saker parallellt. Montören lyfte upp och höll den fasta armen med pelarfäste högt upp på pelaren med den ena handen. Med den andra fördes en skruv igenom pelarens perforeringar

och skruvades in i det gängade godset i fästet (se figur 4.13). Produkten ansågs vara svår att använda för en medelgod montör vid det sjätte, tvådelade monteringssteget.



*Figur 4.13 - Det sjätte monteringssteget av den fasta armen. Bilden visar en medelgod montör som försöker fästa en skruv genom pelarens två perforeringar i ett förgångat hål i armens fäste.*

En REBA-analys av arbetsmomentet visade att den fysiska belastningen inte var direkt kritisk ur ergonomisk synpunkt men att momentet med fördel kunde ses över och förändras.

Efter detta kunde armen hänga snett ut från pelaren (se figur 4.14). Detta var inte estetiskt tilltalande och kunde få användaren att ifrågasätta hur väl uttänkt lösningen var.



**Figur 4.14 - Närbild av den fasta armen under montering.** Bilden visar den fasta armen med pelarfästet, delvis monterad i den perforerade pelaren.

Användaren använde sedan insexnyckeln för att dra fast den ena skruven helt. Då hamnade armen fast, och i rätt position. Eftersom armen var i position användaren hade bägge händer fria kunde verktyg användas direkt, det ställde låga krav på greppstyrka och finmotoriskt arbete från användaren. Arbetsmoment 4-8 upprepades sedan för den andra fasta armen med pelarfäste, och att de upprepades två gånger ansåg bristen på användbarhet som värre. Noterbart var att om skruvarna skulle fäst i muttrar i stället för gängat gods i pelarens fäste hade monteringssteg 4-8 varit mycket mer komplicerade och det hade tillkommit åtta delar till monteringsattsens. Detta ansågs som en bra delösning ur användbarhetssynpunkt.

Då bägge fasta armarna skruvats fast så fästes en C-profilbalken mellan dem. Två hållare lossades delvis. Beroende på hur en montör valde att placera balken i dess hållare kunde olika kritiska arbetsställningar uppstå. Enligt en REBA-analys var det värsta rimliga alternativet att montören försökte att föra in balken från bänkens kortsida (se figur 4.15).

Det skapade en dålig arbetsställning och riskerade att skada balkens hållare som belastades felaktigt vid försöket.



*Figur 4.15 - Bild av montering av den tvärgående balken med C-profil. Bilden visar en medelgod montör som genomför det 19:e monteringssteget.*

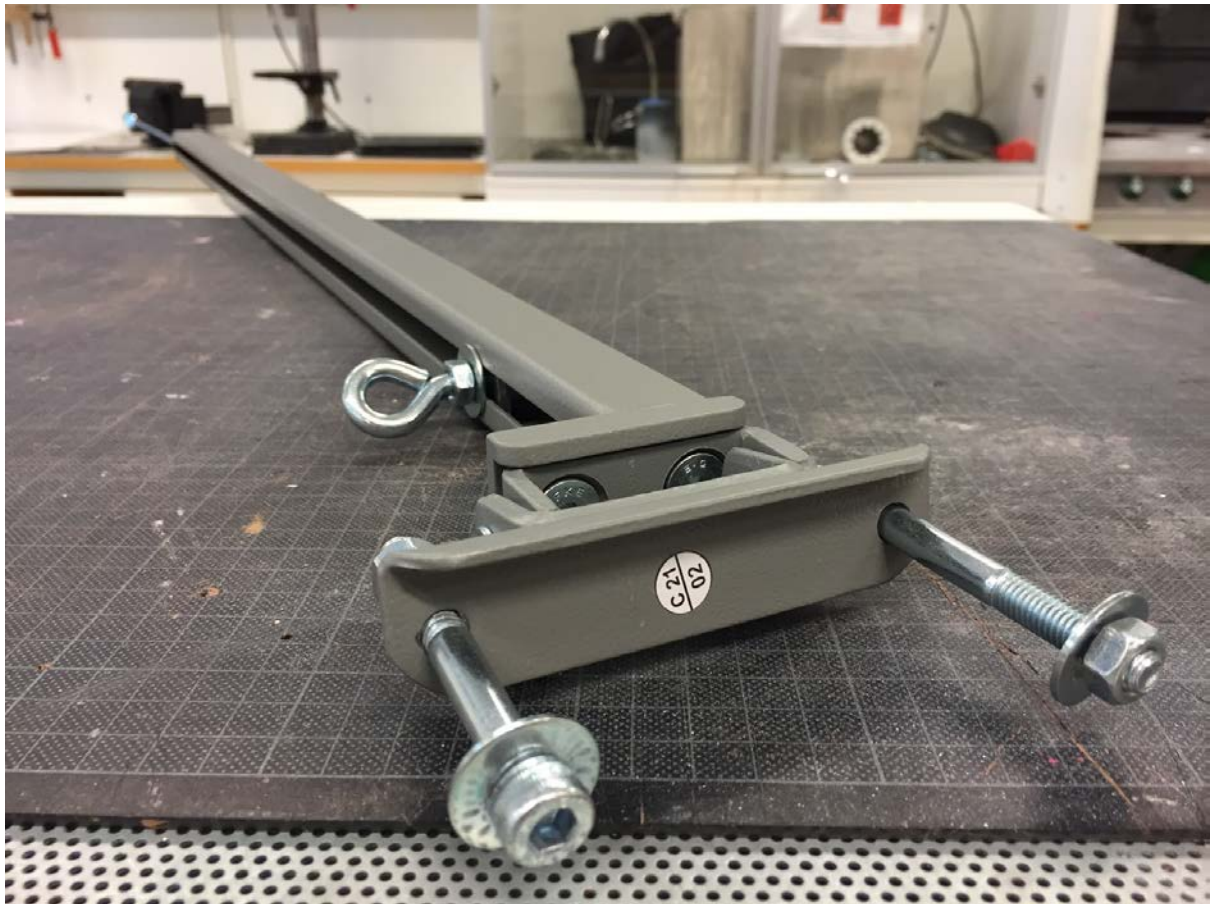
Optimalt skedde monteringen genom att balkens hållare först flyttades längst ut på de fasta armarna. Därefter kunde en montör stå mitt framför bänken mellan armarna och placera dem i sina fästen innan skruvarna drogs åt med verktyg så att balken fixerades plats med en hand och skruven dras åt med den andra.

En REBA-analys av den optimala monteringen av balken visade att arbetsmomentet inte var kritiskt. Det noterades att om användaren skulle göra fel skulle det få ett högre utslag, men att risken för felaktig arbetsgång inte var överhängande för en medelgod montör.

#### **4.1.2.3 Svängbar arm med ögla**

När tillbehöret öppnades satt alla komponenter ihop, och monteringssetsen bestod av sju delar som behövdes ta isär för montering av fästet på pelaren (se figur 4.16).





*Figur 4.16 - Monteringsatts för en svängbar arm med ögla. Bilden visar den svängbara armen med en ögla och dess monteringsatts som består ett gångjärn och två skruvar med tillhörande muttrar och brickor.*

För att montera tillbehöret behöves en insexnyckel i storlek 6 mm en fast- eller hylsnyckel i storlek 13 mm.

Den kognitiva genomgången för hela monteringsprocessen bestod av tio steg. Det sjunde och åttonde steget innebar att två delsteg utfördes parallellt. Monteringsprocessen såg ut som följande:

1. Öppna paket med svängbar arm
2. Välj verktyg
3. Prova verktyg
4. Skruva av muttrar från skruvar
5. Ta ut skruvar ur fästplattan
6. Bestäm vilken höjd armen ska monteras på.
7. a) Lyft upp armen till den tänkta höjden och b) ta en av skruvarna och för genom plattan och perforeringen
8. a) Armen och skruven hålls på plats med ena handen och axeln b) bricka placeras på skruven och mutter skruvas på med den andra.
9. Bricka placeras på skruv och mutter skruvas på.
10. Fast eller hylsnyckel och insexnyckel används för att dra åt skruvarna hårt.

Tiden för monteringen av hyllplanet inklusive att öppna och ta av emballaget berodde på hur lång tid varje steg tog för en montör, vilket varierade med komplexiteten av varje steg. Några riktmärken för hur lång tid det tog ungefär var att en medelgod montör vid ett test behövde sex minuter på första försöket för att genomgå de tio monteringsstegen.

Efter att plastemballaget öppnats och den ihopsatta komponenten lyfts ur skruvades muttrarna av från skruvarna och de samlades ihop med brickorna för att inga delar skulle försvinna. Muttrarna och skruvarna undersöktes för att se vilka verktyg som behövde användas vid monteringen. Därefter prövades rätt storlekar på insexnyckel och den andra nyckeln ut.

Sedan bestämdes vilken höjd armen skulle fästas på. Armen lyftes upp med två händer och hölls mot pelarens perforeringar. Användaren bytte sedan grepp på den svängbara armen armen och höll den med en hand och med axeln. Med den andra handen plockades en av skruvarna upp och fördes genom hålen i armens fäste samt genom pelarens perforeringar. Med den fria handen plockade användaren upp en mutter och bricka och skruvade fast dem på den lösa skruven (se figur 4.17). Detta moment ställde mycket höga krav på greppstyrka, koordination och finmotorik hos användaren och ansågs därför inte användarvänligt för en medelgod montör.



*Fig 4.17 - Montering av svängbar arm med stöd av axel. Bilden visar en montör genomföra det kritiska 8:e monteringssteget.*

En REBA-analys visade att arbetsmomentet inte var kritiskt med avseende på fysisk belastningsergonomi men värt att se över. Om den svängbara armen inte skulle bäras upp med avlastning från axelstöd vore momentet värre.

När den ena skruven dragits fast en bit för hand fästes den andra och drogs en bit för hand, den också. Därefter så var armen tillräckligt fixerad för att användaren skulle kunna släppa taget om armen (se figur 4.18) och använda sig av verktygen för att dra fast skruvarna ordentligt.

Ett problem kvarstod dock: det var svårt att komma åt med en insexnyckel i pelarfästets övre skruv eftersom ett skruvhuvud från gångjärnsleden stack upp och hamnade i insexnyckelns väg (se figur 4.18).



*Figur 4.18 - Svängbar arm efter nio genomförda monteringssteg. Bilden en arm som hänger någorlunda på plats på pelaren inför det sista monteringssteget. Den visar även att en röd ring som ringar in pelarfästets övre skruvhuvud, gångjärnsledens övre skruvhuvud och en ditritad insexnyckel.*

#### **4.1.2.4 Ledbar arm**

Den ledbara armens fäste bestod av två delar med hakar, som levererades ihopsatta med två skruvförband (se figur 4.19). På den ena delen med hakar satt en Gångjärnsdel för en svängbar arm fastsvetsad.





**Figur 4.19 - Monteringssats för ledbar arm.** Bilden visar en ledbar arm med två skruvförband med brickor och muttrar i lederna. Armen är fäst i ett pelarfäste bestående av två delar med hakar som sitter ihop med två skruvförband med korta skruvar och muttrar med inbyggda brickor

För att montera tillbehöret krävs insexnyckel i storlek 6 mm och en fast- eller hylsnyckel i storlek 13 mm.

Kognitiv genomgång:

1. Öppna förpackning
2. Välj verktyg
3. Bestäm placering i höjdlid och riktning på armen
4. Öppna skruv som klämmer ihop fästet med hjälp av a) fast nyckel och b) insexnyckel
  - Repetera steg 4
  - 1. Haka fast fästet i pelarens perforeringar
  - 2. Dra åt skruv med a) fast nyckel och b) insexnyckel
  - Repetera steg 7

Tiden för monteringen av den ledbara armen inklusive att öppna och ta av emballaget berodde på hur lång tid varje steg tog för en montör. Detta varierade med komplexiteten av varje steg. Ett riktmärke för hur lång tid det tog ungefär var att en medelgod montör vid ett test behövde drygt två och en halv minut vid sitt första försök att montera den ledbara armen. Eftersom alla komponenter satt ihop vid leverans av tillbehör och ingenting behövdes tas isär för montering så minimerade det antal fel som kunde uppså för att komponenter sattes ihop eller monterades i fel ordning.

Efter att emballaget öppnats undersöktes komponenten, särskilt fästet. Verktyg som krävdes för att öppna och stänga fästet identifierades. Innan armen kunde fästas använde montören de båda nycklarna samtidigt och skruvade upp de skruvförband som höll ihop klämfästet. Det fjärde monteringssteget var lite omständigt och krävde viss simultankapacitet, men ansågs inte som kritiskt eftersom det låg inom ramen för vad en medelgod montör förväntas klara av.

Då skruvarna öppnats tillräckligt för att hänga fästets krokar i pelarens perforeringar så var tillbehörets position och riktning tvunget att fastställas, där armen kunde riktas framåt eller relativt bordsskivan bordsskivan. Därefter trädde fästet runt pelaren och hakarna fördes in i de önskade perforeringarna i pelaren. Då fästet sänktes ner i perforeringarna fäste hakarna i perforeringarna. Användaren kunde se att fästets hakar satt innanför perforeringen då tillbehöret sänkts ner. Därefter användes båda verktygen samtidigt för att dra åt skruvarna. Momentet bedömdes likt det fjärde monteringssteget.

Vid monteringen så identifierades inte några arbetsmoment som skulle vara kritiska ur ergonomisk synpunkt med avseende på fysisk belastning.

Något som fungerade sämre var glappet som uppstod längs armens leder vid belastning. Det orsakade att armen lutade nedåt. Det som främst orsakade detta var brickorna som WFI använde sig av i armens leder, en typ av nylonbricka som deformerades vid belastning och orsakade glapp. Det ansågs ligga utanför projektets avgränsningar.

### **4.1.3 Funktionsanalyser**

Nedan redogörs för korta sammanfattningar av de funktioner som var viktiga vid användning av undersökta tillbehör till WFI:s arbetsbänkar. (För funktionsanalyser i helhet, se bilaga 5.)

#### **4.1.3.1 Hyllor**

Hyllornas huvudfunktion var att erbjuda en avlastningsyta. Hyllplanen fästes i konsolerna med hjälp av skruvförband och de kunde fästas på olika djup. Konsolerna hakades sedan fast i de perforerade pelarna.

En funktion som påverkade hyllornas utformning mycket var att de gick att fästa i olika vinklar. Det medförde bland annat att hyllplanet hade stödlister för att förhindra att det som lastades på hyllan föll av då hyllan fästes i vinkel. En annan sak som var viktig att belysa med hyllorna var att deras konsoler utformats på ett sätt så att det gick att fästa fler saker i samma perforeringar. Möjligheten att fästa andra saker vid sidan av hyllorna var en funktion som WFI värdesatte högt.

#### **4.1.3.2 Fasta armar**

De fasta armarnas huvudsakliga funktion var att hålla upp en över bänken tvärgående C-profil i vilken det var möjligt att fästa krokar eller annat i vilka det gick att hänga upp exempelvis verktyg och lampor. Det ansågs inte önskvärt att det fästet hade

synliga skruvhuvud. Att plattan täckte perforeringar kallades också för en onödig funktion. Det gängade godset i plattans hål uppmärksammades som positivt eftersom det underlättade monteringen.

#### **4.1.3.3 Svängbara armar**

För den svängbara armen fanns att dess huvudfunktioner var att kunna erbjuda upphängning som kan flyttas i tre dimensioner. Två saker som inte ansågs önskvärda var att fyra perforeringar per pelare täcktes helt när armen var monterad och att det var onödigt att använda skruvförband som krävde verktyg för att fästa armen i pelaren.

#### **4.1.3.4 Ledbara armar**

Den ledbara armens huvudfunktion var att erbjuda en upphängning som var möjlig att flytta i sidled och i djupled. Armens fäste var stort och såg klumpigt ut och täckte fyra halva perforeringar fram och lika många bak. Det ifrågasattes om fästets storlek var nödvändig.

Det var intressant att fundera kring om fästet kunde se annorlunda ut. En fråga som uppkom var hur stort värde det kunde finnas att hitta en lösning som täckte färre perforeringar. Samma sak gällde för den svängbara armen, som i nuläget fäste med en platta som täckte fyra perforeringar på varje sida.

Den ledbara armen hade ett, till synes, stort och klumpigt fäste. Men möjligheten att fästa andra tillbehör i samma höjd var något som WFI värdesatte högt, varför det var intressant att undersöka om det gick att göra fästena mindre men ha kvar deras funktionalitet.

Det var intressant att WFI:s fästen ofta använde skruvar för att fästa. Det innebar att de satt väldigt väl, men krävde verktyg vid monteringen.

### **4.1.4 Analys av material och tillverkning med Eco Audit Tool**

En övergripande analys av resultatet var att WFI:s nuvarande produkter inte påverkade miljön på ett anmärkningsvärt sätt. Analysen baserade sig på värdena i tabell 4.1 och 4.2, som ansågs som låga enligt gruppmedlemmarna som besatt kunskaper inom hållbar utveckling.

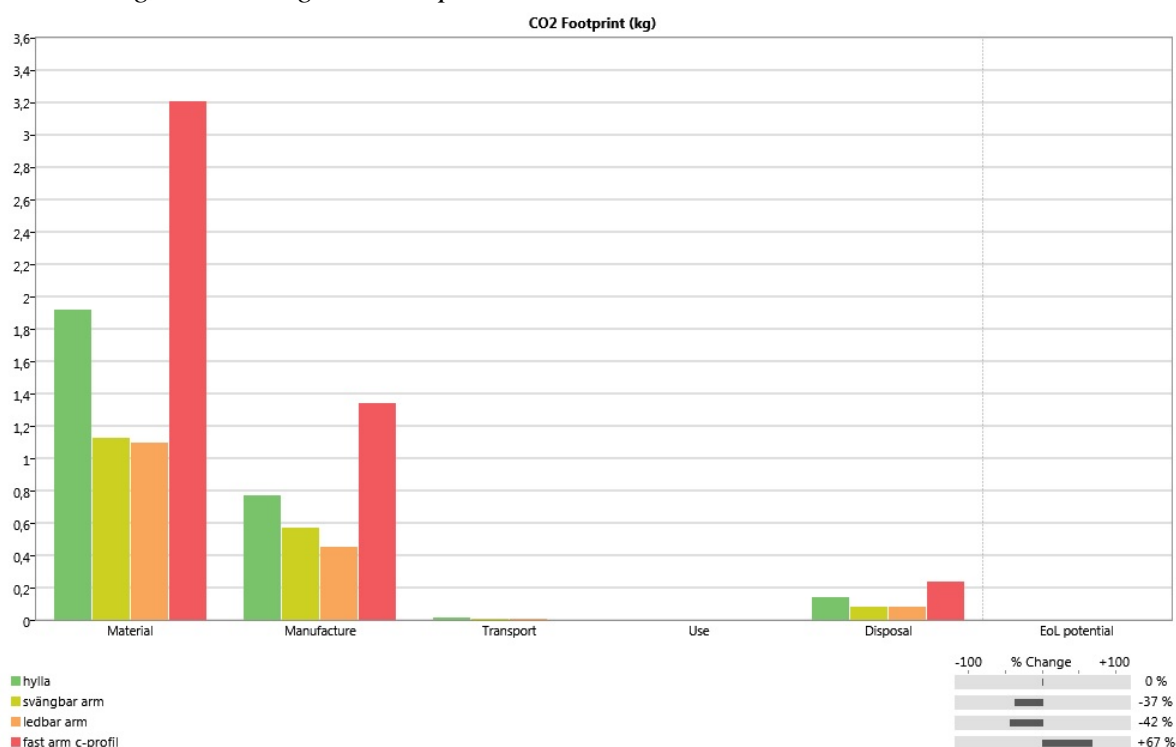
Det syntes ett återkommande mönster för graferna gällande vilken komponent som fick högst stapel (se tabell 4.1 och tabell 4.2). Staplarnas storlek växte med komponenternas vikt och slutsatsen drogs att mer vikt gav högre miljöpåverkan. Vidare gjordes analysen att fästena, vilka projektet syftade till att förändra utgjorde en mycket liten del av modulernas hela vikt. Det fanns således inte stor potential till mer hållbara moduler genom sänkt vikt på fästena.

“EoL potential” var en förkortning av “End of Life potential” och angav i graferna ett värde för hur stor potential som fanns att få ut energi ur materialet vid återvinning. Det fanns ingen sådan potential (se tabell 4.1) men materialet hade istället potential att återvinnas helt och användas igen, vilket skulle spara mycket energi. (Stena Recycling,

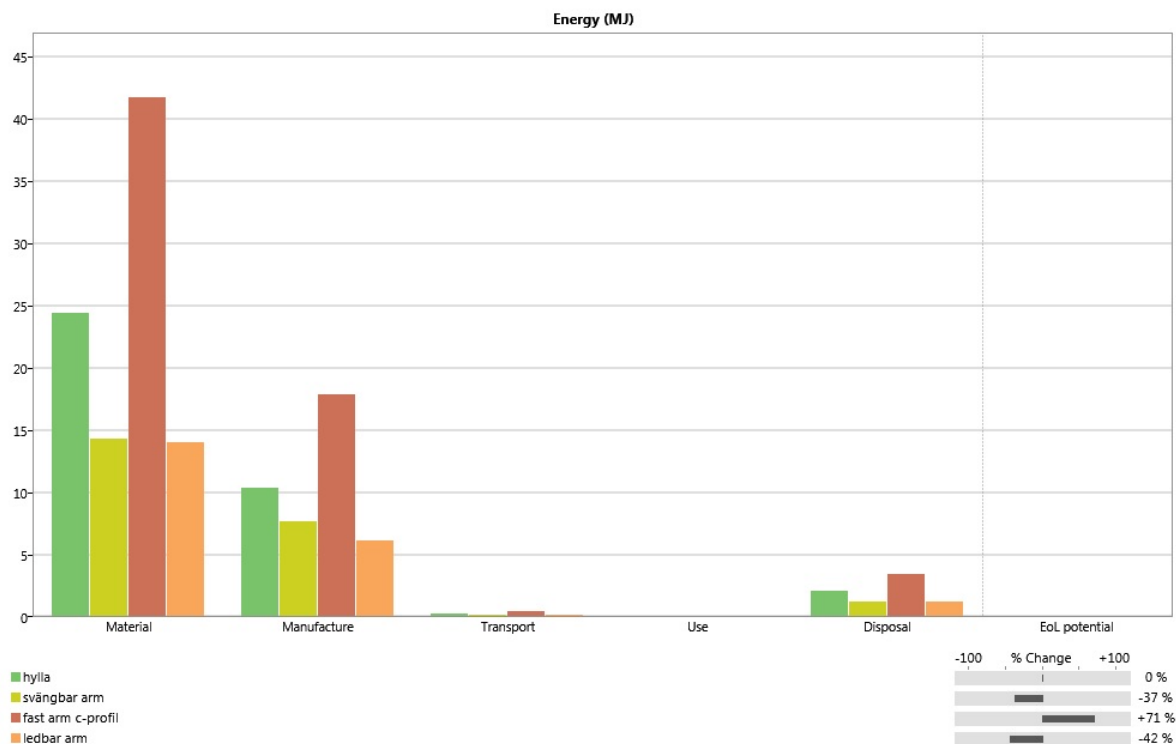
2016) Det fanns således stora möjligheter att bidra till en hållbar utveckling genom att göra det lättare att montera av och på fästena, eftersom det kunde öka chans till materialåtervinning.

Eftersom analysen pekade på att WFI:s produkter inte påverkade miljön anmärkningsvärt fattades beslut om att sätta krav på nya idéer för fästena att de i första hand skulle kunna tillverkas på liknande sätt eller i andra hand på sätt som medförde en lägre miljöpåverkan.

**Tabell 4.1 - CO2 Footprint (kg).** Bilden visar grafer som redogör för WFI:s produkters CO2-fotavtryck, med avseende på material, tillverkning, transport, användning, återvinning och EoL-potential



**Tabell 4.2 - Energy (MJ).** Bilden visar grafer över energiåtgång för material, tillverkning, transport, användning, återvinning och EoL-potential



## 4.2 Kravspecifikationer

Utifrån funktionsanalyserna och resultaten från användartesterna togs kravspecifikationer fram för de olika fästena. (För att se kravspecifikationer som de såg ut när idégenereringar påbörjades, se bilaga 6.)

Kravspecifikationen uppdaterades under projektets gång, när förståelsen för problemen fördjupades. Nedan följer en sammanfattning av de uppdaterade kravspecifikationerna.

### 4.2.1 Hyllor

För hyllorna sattes det upp krav upp gällande att hyllplanen borde kunna vinklas och placeras på olika djup på ett smidigt och lättförsåeligt sätt. Det ställdes även flera krav som ämnade att säkerställa en förenklad montering. Bland annat bestämdes att antalet verktyg som krävdes vid montering borde minimeras eller vara samma verktyg som krävdes vid montering av andra komponenter för att skapa konsistens mellan de olika systemen. Vidare ställdes krav som sa att monteringssteg som krävde att montören gjorde flera saker samtidigt borde undvikas, att antalet lösa komponenter fästet bestod av borde minskas för en mer överskådlig montering och att antalet monteringssteg måste minimeras.

Att kravet på möjlighet att vinkla hyllplanen inte värderades som nödvändigt var viktigt för att behålla lösningsrymden för nya koncept på hyllplan öppen.

#### **4.2.2 Fasta- och svängbara armar**

Det skrevs flera krav som handlade om en förenklad och snabbare montering av den fasta armen. Kraven handlade bland annat om att minimera mängden lösa komponenter och antalet monteringssteg. Detsamma gällde kraven för den svängbara armen, som fästes på ett liknande sätt. Samtidigt ställdes nödvändiga krav på vilken belastning fästet var tvunget att klara av.

#### **4.2.3 Ledbara armar**

Den ledbara armen ansågs vara relativt enkel att montera och det gick att montera flera saker på samma höjd. Dessa funktioner var viktiga att bevara. Däremot upplevdes att fästet var tungt, stort och klumpigt. Att fästet var stort i sitt utförande berodde på att det krävdes för att möta de krav som ställdes på stabilitet för fästet. Att uppfylla krav på ett mindre och smidigare fäste fick inte ske på bekostnad av stabilitet och hållfasthet.

Det uppkom senare krav för fästet för den ledbara armen gällande att det skulle vara möjligt att montera två saker i samma perforering. Detta innebar att både konsoler och sidofästen var tvungna att utformas på sådant sätt att de kunde monteras och hänga brevid varandra.

#### **4.2.4 Allmängiltiga krav**

För alla kravspecifikationer gällde att krav för att säkerställa en smidig montering utgick från nuvarande problembild, och kravlistan skulle därför fungera för att stämna av att nya koncept undviker dessa problem. Dock fanns en risk att nya problem skulle uppkomma med nya lösningar. För att säkerställa att nya koncept var användarvänliga att montera var de tvungna att, förutom att uppfylla för-specificerade krav, genomgå monteringsstester.

För alla produkter fanns ett krav om att de skulle vara robusta nog för en verkstadsmiljö. De skulle kunna tåla stötar i monterat läge utan att trilla ned eller gå sönder, exempelvis motsvarande från en lättare krock från en truck som körde in i bänken.

Det sattes upp löst formulerade krav kring tillverkningskostnad och ECO-cost som sa att nya produkter skulle ligga på liknande nivåer eller lägre. För att nå detta kunde de nya produkterna tillverkas på liknande sätt som befintliga produkter. Inom kravspecifikationen rymdes möjligheten att köpa in verktyg för att formspruta plast eller att köpa in standardkomponenter i den mån det var ekonomiskt- och ekologiskt försvarbart jämfört med vad det tillförde i användbarhet.

Allmänt gällde att krav blev mer specifika under projektets gång. Ett område där detta var extra tydligt var gällande krav som ställdes kring stabilitet för den ledbara armens fäste. Detta blev tydligt i samband med idégenereringsworkshopen med WFI. Ett förbättrat fäste var tvunget att uppfylla krav om smidig tillverkning, användbarhet vid montering och fick inte glappa från pelaren vid belastning.

## 4.3 Idé- och konceptgenerering

I detta underkapitel beskrivs de idéer och konceptförslag som togs fram genom Idé- och konceptgenereringsmetoder. För att kunna följa resultaten och dess framväxt presenteras resultaten från de olika metoderna separat, i kronologisk ordning. Här tåls det att upprepas att processen var iterativ. För tydlighet presenteras idéer och koncept för olika typer av fästen under olika rubriker.

### 4.3.1 Osborns idésporrar

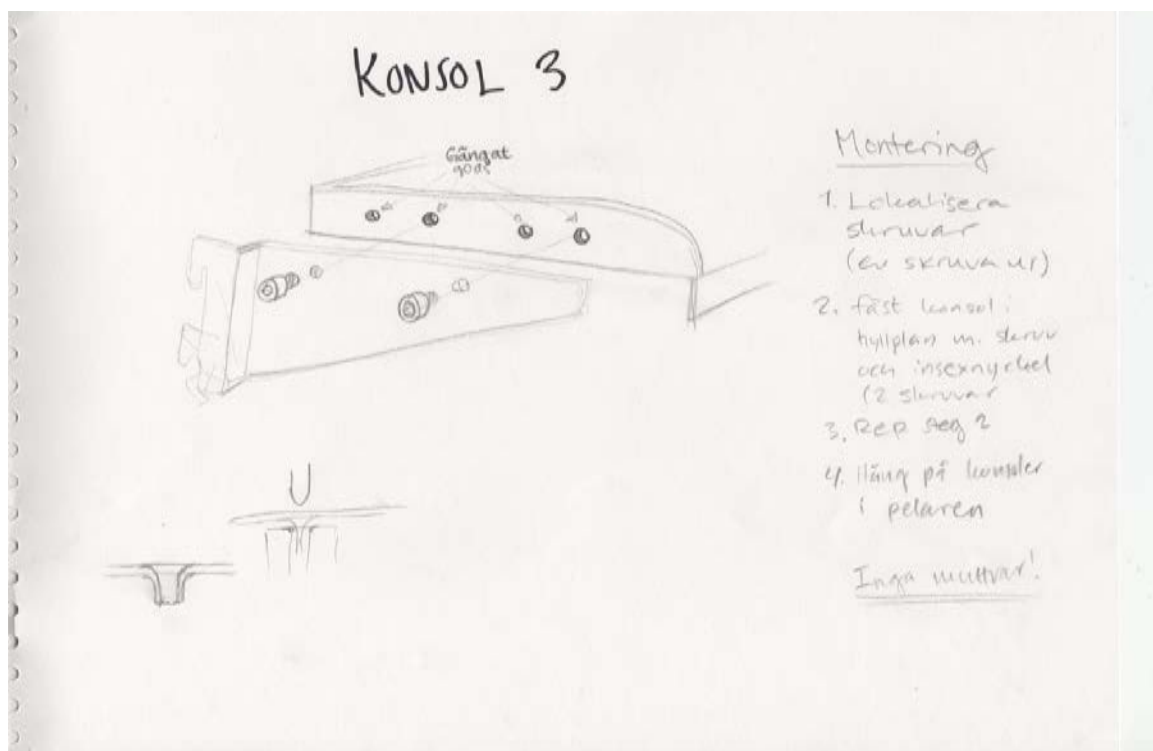
Vid denna idégenereringsmetod uppkom en stor mängd idéer med blandad innovationshöjd för de olika typerna av fästen. De presenteras under rubrikerna Hyllor, Fäste för fast arm, Fäste för svängbar armar och Sidofäste för ledbar arm.

#### 4.3.1.1 Hyllor

Av de idéer som som ansågs som intressanta fanns tre stycken som presenterade olika sätt att fästa hyllplan i konsoler och ett koncept som inte använde konsoler utan en stång. De presenteras ingående nedan.

##### 4.3.1.1.1 Hyllplan med gängat gods

En idé var att göra hål med gängat gods i hyllplanet (se figur 4.20). En skruv kunde då fästas genom konsolens hål och direkt i hyllplanet. Hålen i konsolerna skulle även göras något större för att en skruv skulle kunna träs igenom enklare.

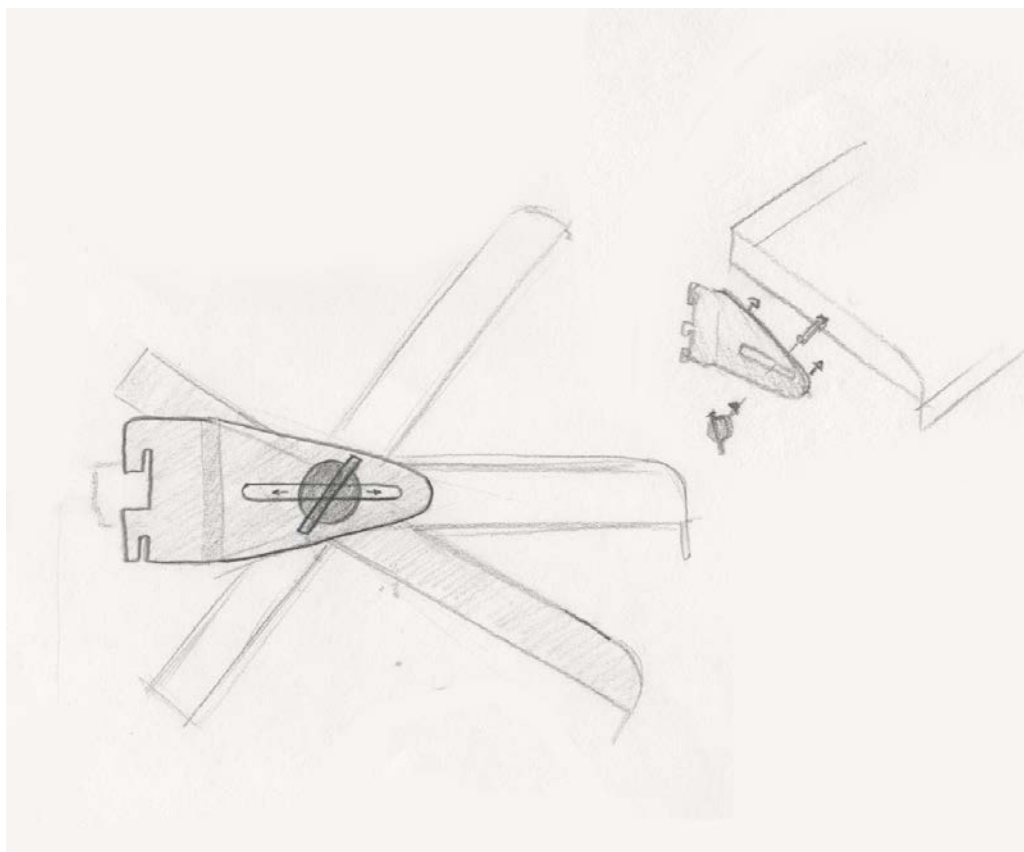


**Figur 4.20 - Hyllplan med gängat gods.** Bilden visar en idéskiss för ett hyllplan som har invändiga gängor. Hyllplanet är tänkt att fästas i en konsol med hjälp av två korta skruvar.

Idén hade potential att möta krav som var uppsatta på konsolerna gällande att minska antalet komponenter och därigenom förenkla monteringen, framför allt de stegen där skruvförbanden fästs, då det skulle bli färre lösa delar att hålla koll på. En svaghet hos idén var att godset i hyllplanet var så tunt att det skulle vara svårt att få in tillräckligt med gängvarv för att en skruv skulle kunna fästas ordentligt. I skissen (se figur 4.20) är detta problem löst med ett tjockt gods. Detta vore dock inte görbart i verkligheten utan skulle behöva lösas på annat sätt.

#### 4.3.1.1.2 Hyllplan som kan fästas i många vinklar

En andra idé var att ha en skruv fastsvetsad mitt på kortsidan av varje hyllplan. I varje konsol skulle det finnas ett horisontellt spår i vilket skruven placerades (se figur 4.21). Det horisontella spåret skulle ge en möjlighet att flytta hyllan i djupled. Hyllplanets skulle kunna rotera fritt runt skruven och kunna spännas åt i önskat läge med hjälp av ett stort skruvhuvud som enkelt kan dras för hand.



**Figur 4.21 - Hyllplan som kan fästas i många vinklar.** Figuren visar två skisser som beskriver hur idén skulle kunna se ut och monteras.

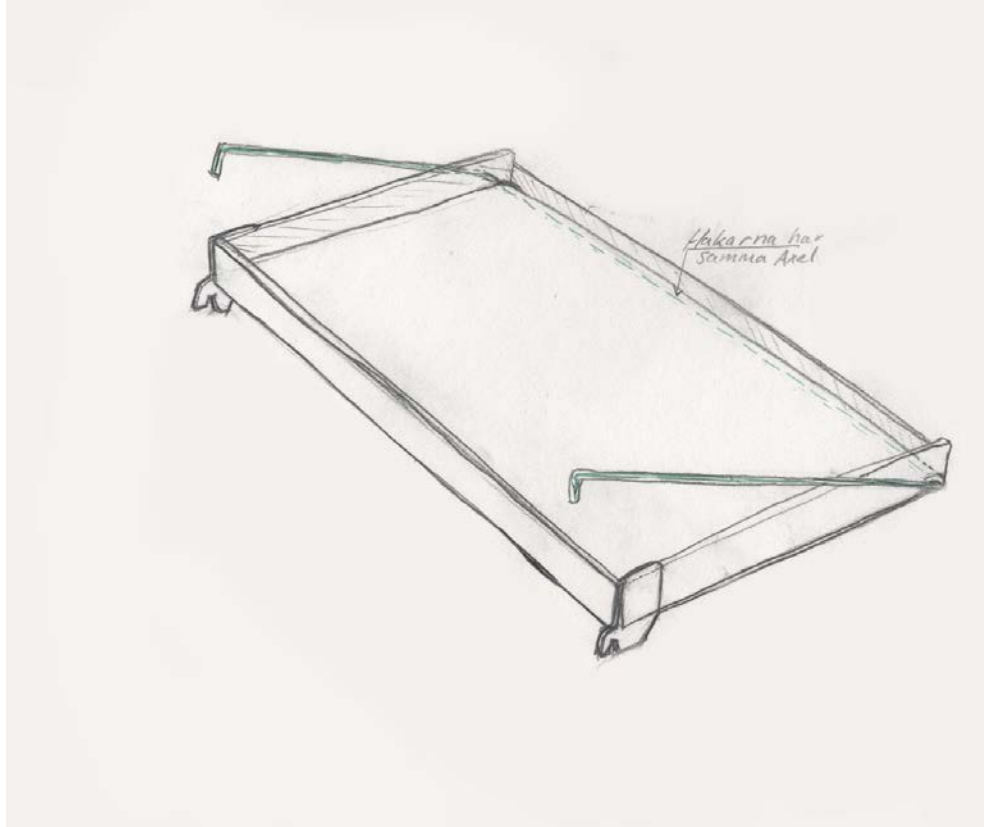
Idén skulle ge stora möjligheter att i detalj kunna ställa in hyllplanets läge, både vid montering, men också med enkelhet efter att hyllan var placerad. En fördel med att ställa in hyllplanets läge med en roterande axel är att det skulle vara möjligt att förenkla formen på konsolens fästen i pelaren, eftersom önskemålet att kunna fästa konsoler olika vinklar skulle tillgodoses på annat sätt. En utmaning skulle bli att få



tillräckligt hög friktion mellan skruv, hyllplan och konsol för att hyllplanet inte skulle vridas när de lastades.

#### 4.3.1.1.3 Hyllplan med metallstänger

En tredje idé handlade om att byta ut konsolerna mot metallstänger, så att hyllplanet skulle fästa med en hake på hyllplanet (se figur 4.22). Haken var tänkt att kunna rotera i framkant på hyllplanet och hängas in i olika hål för att få olika vinkel på hyllplanet.

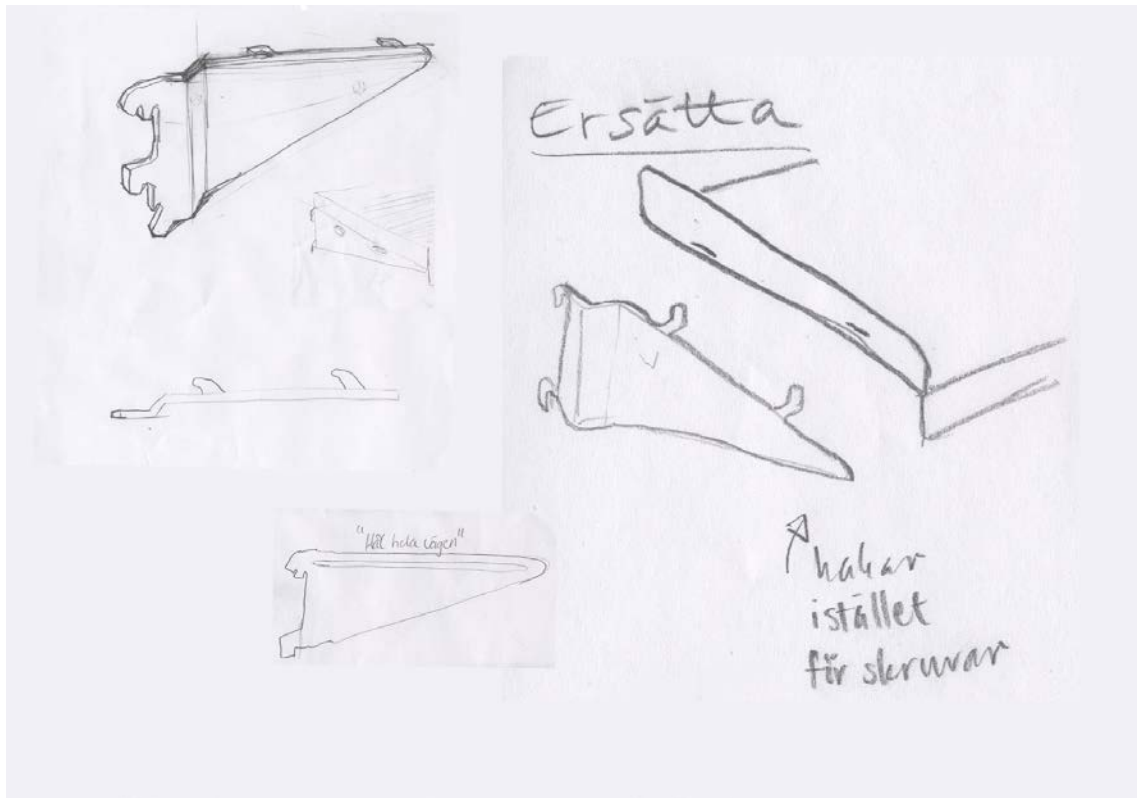


**Figur 4.22 - Hyllplan med metallstänger.** Bilden visar ett hyllplan som hänger på två krokar från hyllan och på två från tillhörande metallstänger

Idén hade potential att möta de krav som ställdes på att förenkla montering, eftersom den inte skulle ha några skruvförband. En annan potentiell fördel mot nuvarande lösning är att materialet i metalltråden skulle använda mindre material och ge hyllplanet ett nättare utseende än nuvarande konsoler.

#### 4.3.1.1.4 Konsoler med hakar

En idé som uppkom handlade om att byta ut skruvarna som fäste hyllplanet i konsolerna mot hakar, vilket skulle minska antalet komponenter och göra så att en montör inte skulle behöva hantera fyra skruvförband vid monteringsprocessen (se figur 4.23).



**Figur 4.23 - Konsoler med hakar.** Bilden visar ett antal tidiga skisser med konsoler som kan hakas fast i hyllplanen.

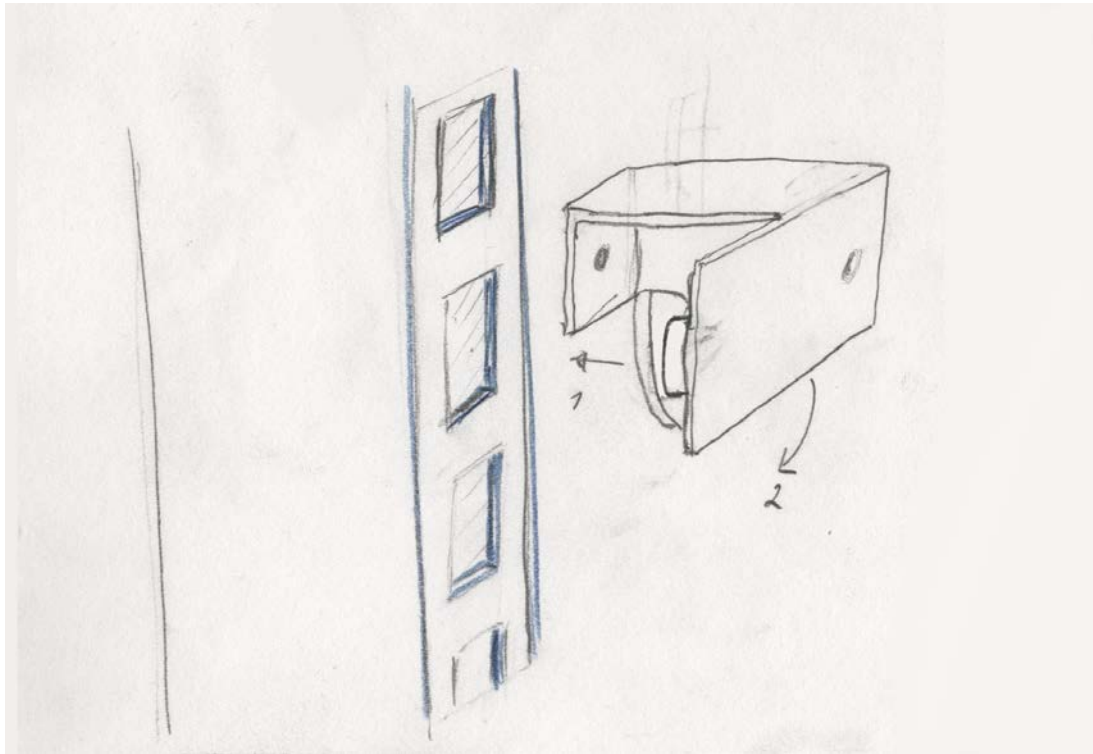
Idén hade potential att möta krav som var uppsatta på konsolerna gällande att minska antalet komponenter och antalet monteringssteg. En kritisk punkt för idén var att den inte såg ut att möta uppsatta krav som gällde att klara av att ta upp stötar. Det fanns en risk att konsolens hakar skulle hoppa ur hyllans hål om de skulle få en stöt.

#### 4.3.1.2 Fäste för fast arm

Det uppkom tre intressanta idéer för fästen för en fast arm, varav en hakades på pelaren med ett vrid, en hakades på genom att lirka in en S-formad hake och en erbjöd ett stöd fästet mot pelarens perforeringar. De olika idéerna presenteras mer utförligt följande tre underkapitel.

##### 4.3.1.2.1 Fäste för fast arm med två olika hakar

Det uppkom en idé där den fasta armen kunde fästas på pelaren med hjälp en platta med hakar. Två olika typer av hakar placerades på baksidan av en platta (se figur 4.24). Den ena haken passar in i pelarens perforering åt ett håll, men låses fast i perforeringen när komponenten vrids. Den andra hakar sig fast runt pelaren när komponenten vrids. Nu är komponenten på plats och en kan i lugn och ro fästa en skruv genom hålen.

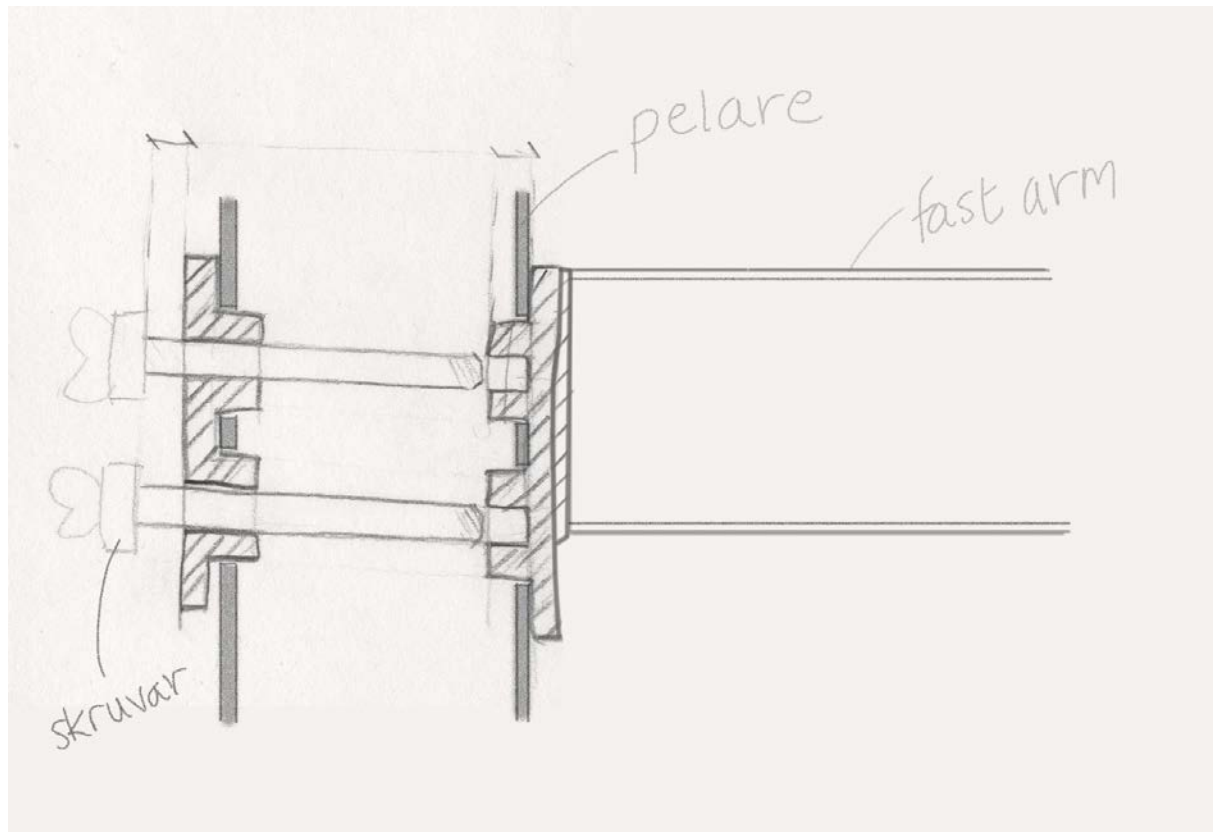


**Figur 4.24 - Tidiga idéskisser för ett fäste för fast arm med två olika hakar.**  
*Figuren visar en komponent som kan fästas i en perforerad pelare.*

Idén hade potential att förenkla montering av den fasta armen avsevärt eftersom den eliminerade det problematiska monteringssteget som identifierades vid användartesten, där den fasta armen behövde hållas på plats mot pelaren för hand medan den skruvades fast med den andra handen.

#### 4.3.1.2.2 Fäste för fast arm med rätblock

En annan idé som uppkom var att ha två plattor med två klackar på vardera sidan pelaren med hål i (se figur 4.25). Klackarna var tänkta att vara lika stora som pelarens perforeringar. Den ena plattan styr in det fasta arm-fästet i perforeringarna och den andra plattan styr in skruvarna i sina hål.

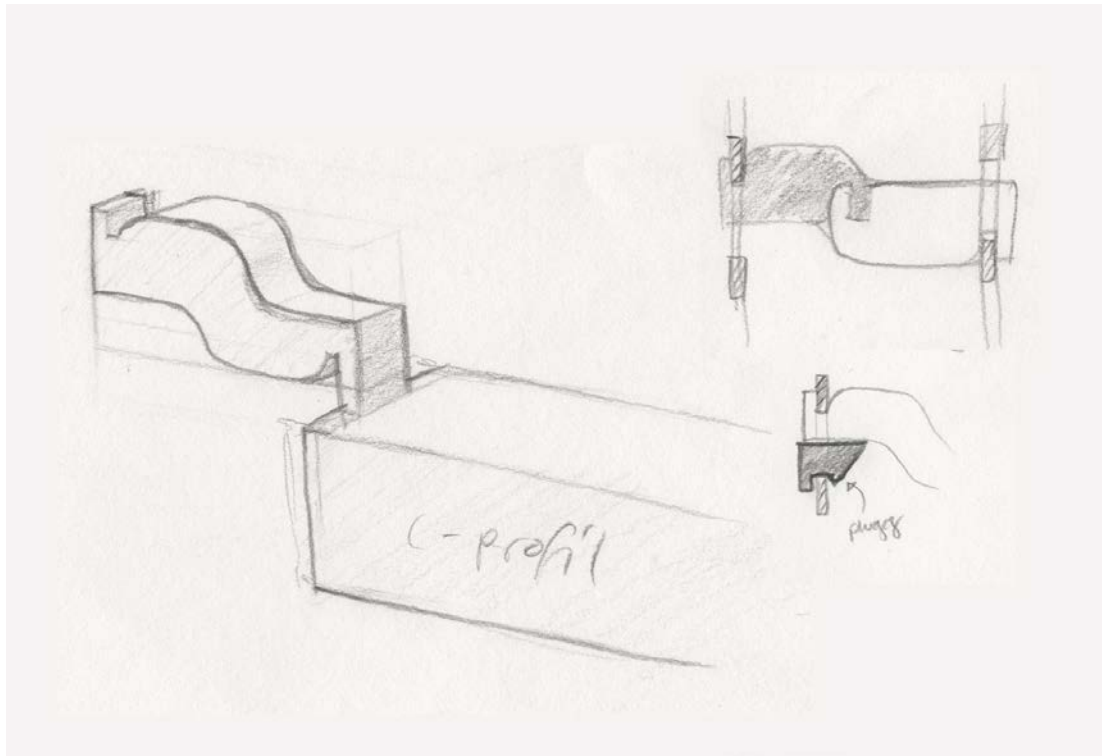


**Figur 4.25 - Tidiga idéskisser över fäste för fast arm med klackar.** Bilden föreställer ett tvärsnitt av en fast arm som är monterad på en pelare med hjälp av två plattor med klackar med hål i.

Idén hade potential att bidra till en underlättad montering av den fasta armen jämfört med nuvarande lösning eftersom armen skulle vara lätt att hålla på plats när kuberna förts in i perforeringarna. Dessutom skulle det bli enklare att skruva i skruvarna eftersom skruvarnas och hålets axlar skulle sammanfalla. En annan positiv aspekt var att idén skulle adressera kravet kring att minska antalet lösa delar vid montering eftersom plattorna var tänkta att ersätta brickor. En svaghet hos idén var att det i detta läget inte var specificerat hur delarna skulle tillverkas.

#### 4.3.1.2.3 Fäste med en hake som träs igenom pelarens perforeringar

En tredje idé var att ha en avlång S-formad del med hakar i fram- och bakänden (se figur 4.26). S-formen var tänkt att underlätta att trä delen igenom pelarens perforeringar. I bakänden fanns en hake som kunde fästa i pelarens bakre perforerings överkant och i framänden en som kunde fästa i den främre perforeringens underkant.



**Figur 4.26 - Tidiga idéskisser för ett fäste med en hake som träs igenom pelarens perforeringar. Bilden visar en 3D-vy till vänster och två 2D-vyer höger, där en övre visar en variant där hakar sätts ihop inne i pelaren och den undre visar en plugg i den bakre perforeringen för att ge ökad robusthet.**

Idén hade potential att förenkla monteringen av den fasta armen avsevärt eftersom den förändrade det problematiska monteringssteget som identifierades vid användartesten där flera delsteg behövde utföras parallellt. Den medförde även, i sitt grundutförande, ett minskat antal lösa delar som användes vid monteringen och gick att montera utan verktyg.

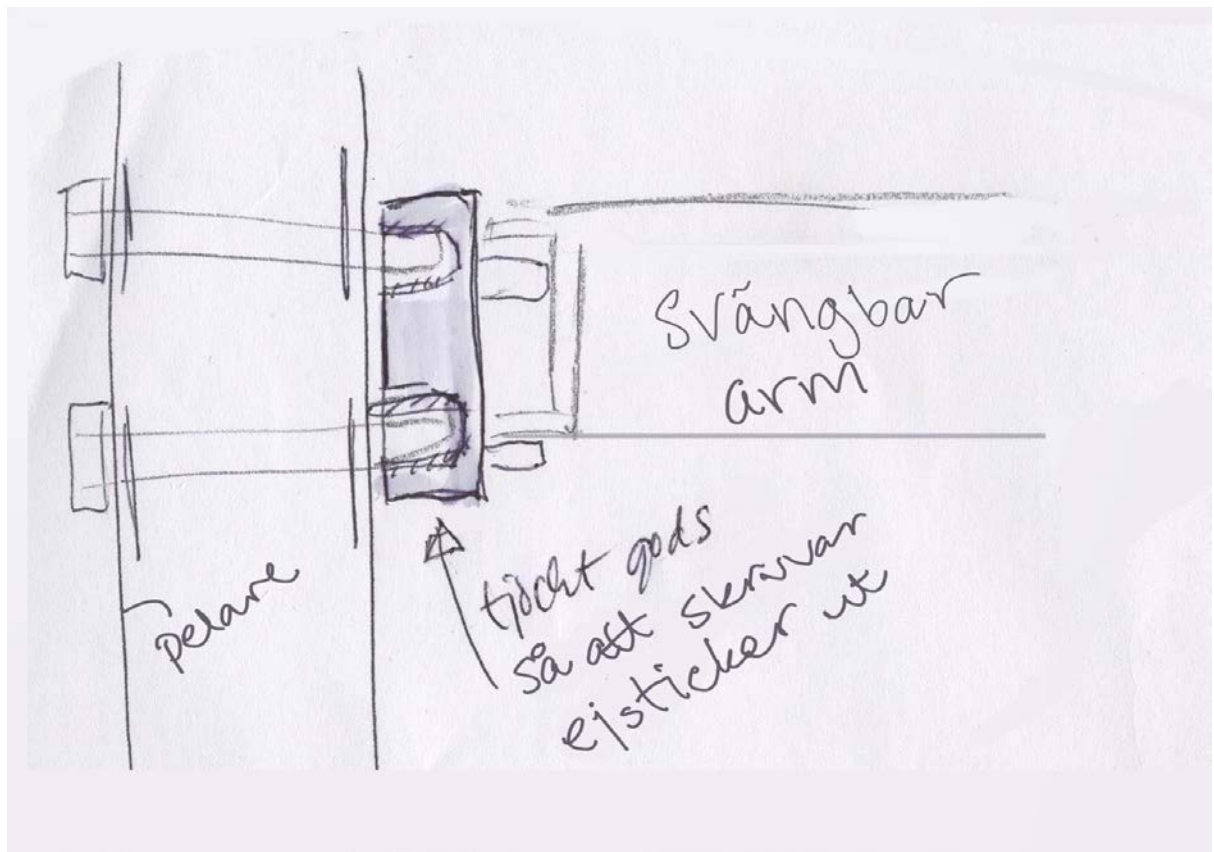
En brist hos idén i sitt grundutförande var att den saknade den robusthet som krävdes av en komponent till en arbetsbänk som skulle stå i en verkstadsmiljö. Den skulle exempelvis kunna haka ur sig om det kom en stöt underifrån på armen. En idé som uppkom för att motverka detta var att sätta in en plugg i den bakre perforeringen.

### 4.3.1.3 Fäste för svängbar arm

Det uppkom tre intressanta idéer för fästet för svängbara armar, varav en byggde på att använda sig av skruvar som fäste i gängat gods, en erbjöd ett stöd fästet mot pelarens perforeringar och en byggde på att två delar skulle låsas i varandra. De olika idéerna presenteras mer utförligt följande tre underkapitel.

#### 4.3.1.3.1 Fäste för svängbar arm med tjockt gods

En idé som utforskades var möjligheten att göra tjockare gods för den plattan där C-profilens gångjärn sitter fastsvetsat (se figur 4.27). I godset gjordes två hål med invändiga gängor där skruvar kunde fästas.



**Figur 4.27 - Tidig idéskiss av fäste för svängbar arm med tjockt gods.** Figuren visar en 2D-teckning av en pelare, två skruvar, ett fäste med tjockt gods, ett gångjärn och en svängbar arm,

Idén hade potential att möta uppsatta krav gällande att minska antalet lösa delar eftersom det skulle innebära två brickor och två muttrar färre än den ursprungliga designen eftersom skruvarna här fästs i godset istället för i muttrar. Den såg ut att kunna bidra till både förenklad och försvårad montering. Förenklad eftersom det inte skulle vara några muttrar att hålla reda på, men försvårad eftersom det inte skulle gå att se skruvhålen när skruvarna ska in i dem, eftersom armens platta då samtidigt måste hållas mot pelaren.

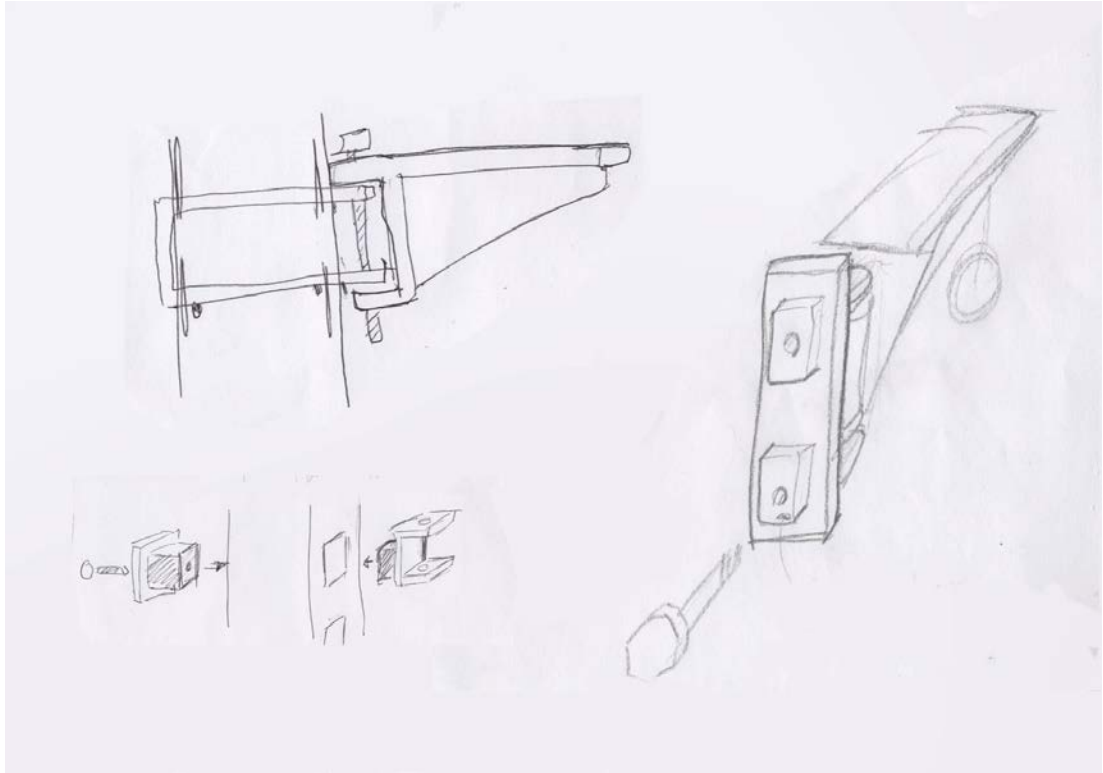
#### 4.3.1.3.2 Fästen för svängbar arm med rättblock som går in i perforeringar

Det uppkom flera olika versioner av en idé som handlade om att låta klackar som satt ihop med den svängbara armens gångjärn gå in i pelarens perforeringar (se figur 4.28). Att rättblocken går in i perforeringarna gjorde det lättare att hålla komponenterna på rätt plats i höjd- och sidled vid montering.

Idén med gångjärnsdelen som gick igenom pelaren (se figur 4.28) var tänkt att monteras annorlunda jämfört med nuvarande lösning. Först fästes delen som liknade ett C som utgjorde halva gångjärnet i pelaren. Därefter fixerades den svängbara armen i halvan som förts genom pelaren med ett skruvförband.

Idéerna med rättblock i både fram- och baksidan av pelarens perforeringar var tänkta att styra in gångjärnet och skruvarna i perforeringarna och underlätta montering genom att låta skruvarnas och skruvhålens centrumaxlar sammanfalla.





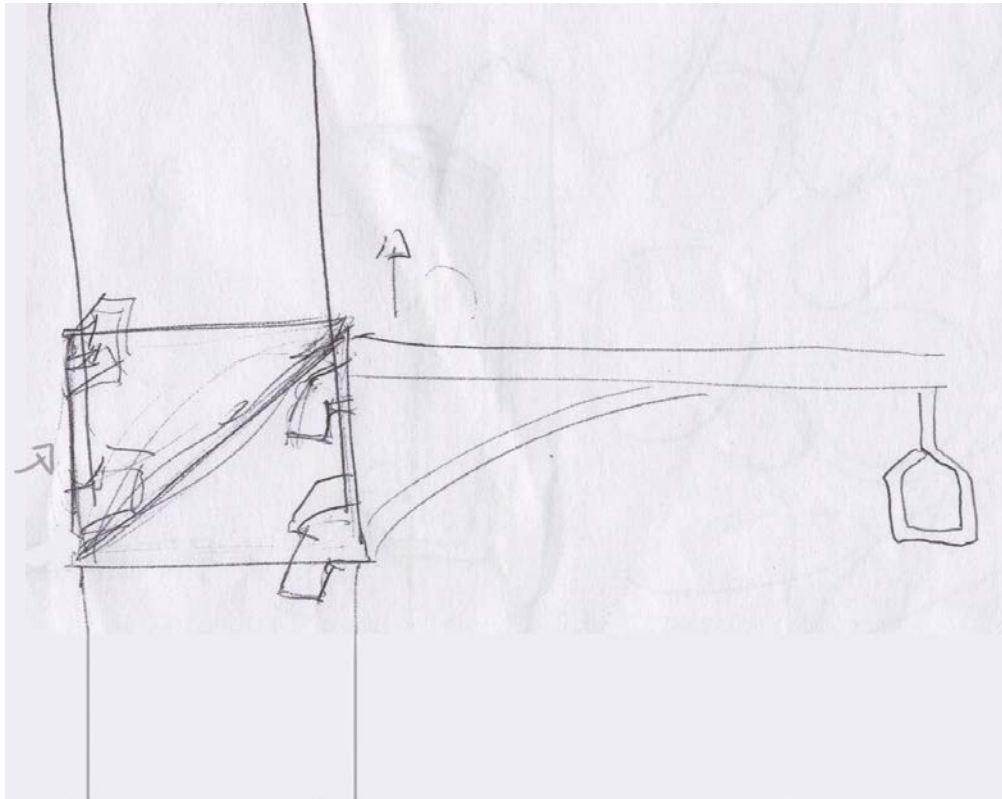
**Figur 4.28 - Tre tidiga idéskisser av fästen för svängbar arm med rätblock som går in i perforeringar. Överst till vänster syns en version där gångjärnsdelen går igenom pelaren och nederst syns en med ett skruvförband och ett rätblock på varje sida av pelaren. Till höger syns en framdel av en version som är tänkt att ta upp två av pelarens perforeringar.**

Idén med gångjärnsdelen som fördes igenom pelaren skulle innebära att komponenten behövde tas isär ytterligare än i nuläget när den kom till en montör, eftersom den svängbara armen skulle vara frånkopplad sin gångjärnsled. Idéns potential låg i att det skulle bli lättare att montera fästet i pelaren när armen var frånkopplad. Det skulle då vara mycket lättare att hantera fästet eftersom montören skulle slippa hantera armens vikt. Baksidan av detta låg i att det skulle uppkomma ett nytt moment i monteringen, eftersom montören själv behöver koppla på armen till gångjärnet.

Idéerna med rätblock som passade i fram- och baksidan av pelarens perforeringar sågs som utvecklingar av befintligt fäste och hade potential att underlätta monteringen, som i stort skulle ske med samma monteringssteg. En annan intressant sak var att idéerna påminde mycket om några tidiga idéskisser över fäste för fast arm med rätblock (se figur 4.25). Det var någonstans i detta skede av processen som idén om att ha ett likadant fäste för den svängbara armen som den fasta uppkom.

#### 4.3.1.3.3 Fäste med bakdel som låser framdel

En idé som utforskades var att låta fästa armen med hjälp av två bitar som fördes på pelaren från var sitt håll, där hakar fäste i pelarens perforeringar (se figur 4.29). Idén gällde att kunna fästa två delar för sig enkelt med hjälp av hakar, och att när båda delarna var fästa skulle de låsa varandra.



**Figur 4.29 - Tidig idéskiss för fäste för svängbar arm med bakdel som låser framdel.** Bilden visar en bakdel av ett fäste och en framdel på vilken det sitter en arm med en ögla.

Idén hade potential att möta krav kring att underlätta monteringen genom att eliminera monteringssteg som behövde ske parallellt. Idén krävde i sitt grundutförande inga verktyg, vilket också var positivt ur den synpunkten. Ett problem var att det visade sig vid en snabb mekanisk analys av idén att den tekniska lösningen för hur delarna skulle fästa i varandra inte skulle fungera. Beslut togs därför om att inte vidareutveckla idéförslaget

#### **4.3.1.4 Sidofäste för ledbar arm**

Det uppkom fyra olika idéer för sidofästen för ledbara armar, de presenteras nedan i var sitt underkapitel.

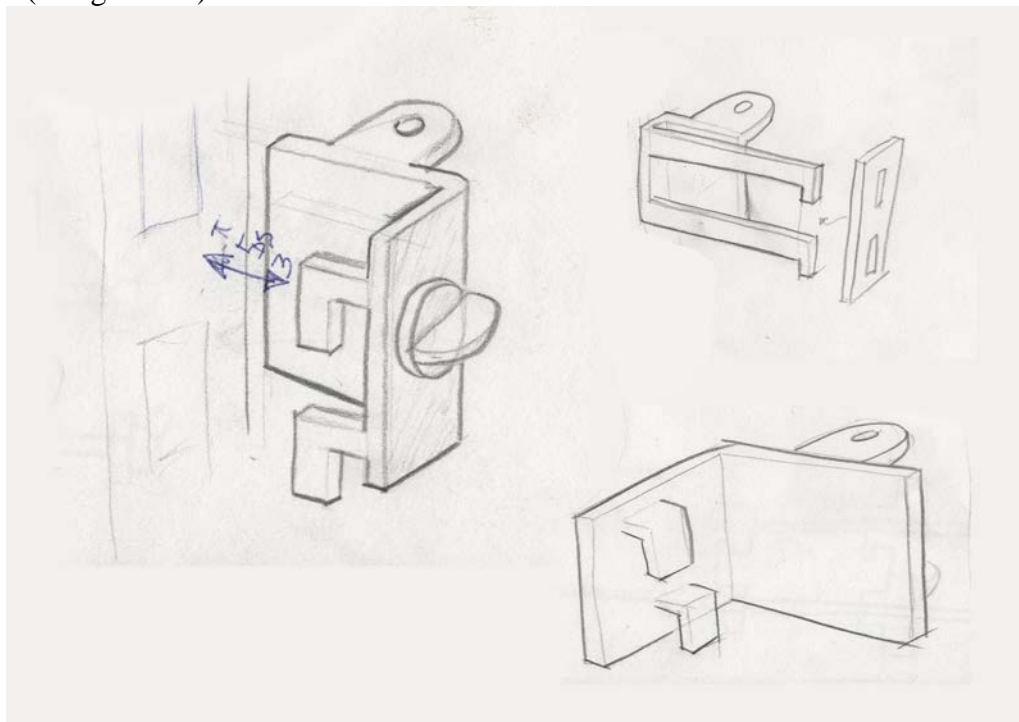
##### **4.3.1.4.1 Hakar som fäster i pelaren**

Flera idéer som uppkom för att fästa en ledbar arm på sidan av pelaren byggde på att använda hakar som fäste i pelaren, och kan ses som utvecklade varianter av WFI:s befintliga lösning.

En variant var att ha två korta hakar som kunde fästa i pelaren, en mutter som kunde spänna delen mot pelaren och ett gångjärnsfäste som kunde hålla en svängbar arm på sidan (se figur 4.30). En annan variant var att ha två breda hakar som kunde fästa i pelaren och en platta med ett gångjärnsfäste som kunde hålla en svängbar arm på sidan. Idén byggde på att hakarna skulle fixera fästet för armen tillräckligt. En konsekvens av de breda hakarna var att idén skulle täcka två hela perforeringar (se



figur 4.30). En tredje variant var att ha två långa hakar som gick igenom pelaren, ett gångjärnsfäste på sidan och en platta. Fästet skulle spännas fast genom att trä på plattan (se figur 4.30).



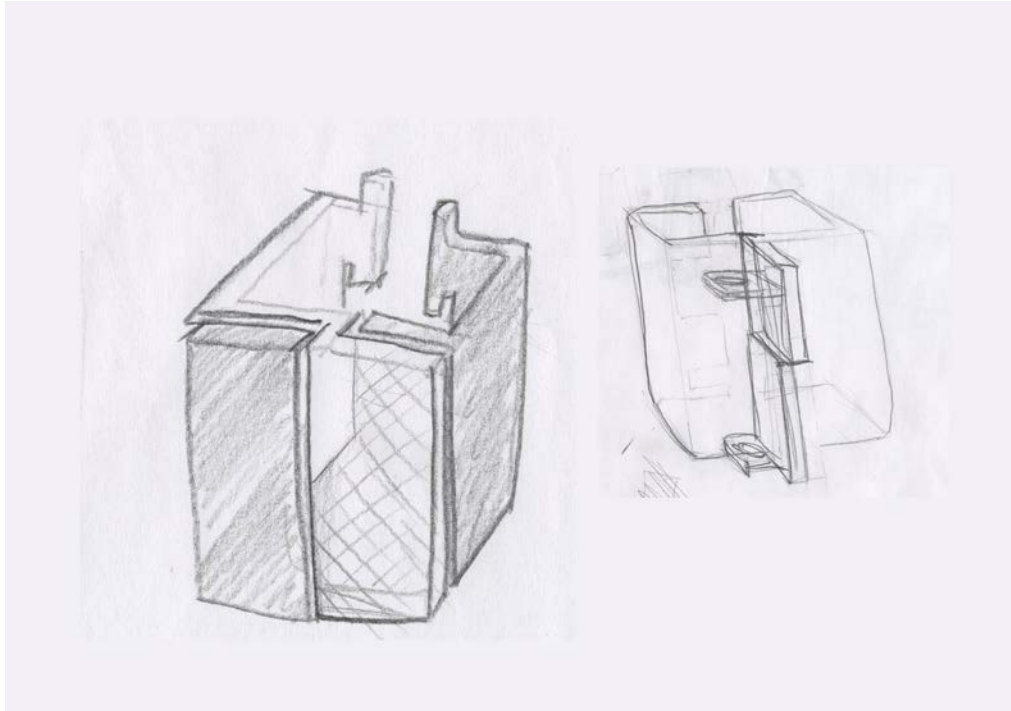
**Figur 4.30 - Tidiga skisser av sidofästen för ledbar arm som fäster med hakar.** Till vänster syns en idé som täcker två halva perforeringar och spänns med en vingmutter. Till höger överst syns annan idé som täcker två halva perforeringar där hakarna är långa och spänns med någon form av platta. Nere till höger syns en idé som täcker två hela perforeringar som ej spänns åt.

De olika idéerna med hakar ansågs i detta skede av processen som intressanta eftersom de hade potential att möta de önskemål från kravspecifikationen som handlade om att få ned komponenterna i storlek. Gemensamt för de tre idéerna ovan var att de utgjordes av en huvudkomponent, sedan antingen med eller utan fästkomponenter. Vilket kan jämföras med WFI:s ursprungliga lösning som utgjordes av två huvudkomponenter och två fästkomponenter. En svaghet med idéerna var att det var svårt att få fästena att möta kraven gällande stabilitet vid användning av fästena.

#### 4.3.1.4.2 Tvådelat fäste som låser sig själv

Ett problem med den tredje versionen var att den skulle täcka två hela perforeringar. Om gruppen hade valt att arbeta vidare med den lösningen skulle det behövas något som gör det möjligt att fästa en till komponent brevid.

Det uppkom idé som utgick från att ha två två delar som fäster i pelaren med hjälp av hakar och som spänns fast genom att de trycks mot varandra (se figur 4.31) i monterat läge. I detta idéstadiet var det inte klart rent tekniskt hur detta skulle fungera, men det byggde på att komponenterna föras mot pelaren samtidigt, vridas och haka i varandra.

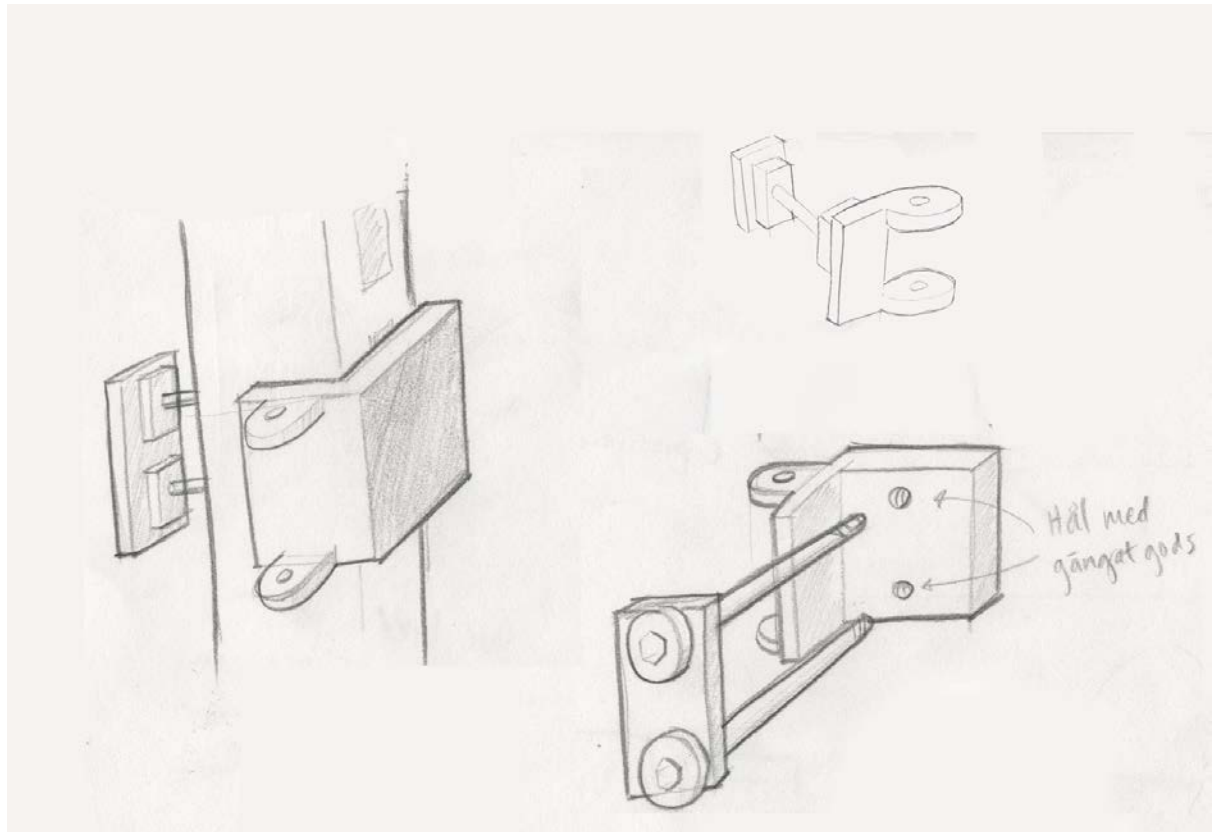


**Figur 4.31 - Tidiga idéskisser av tvådelat fäste som låser sig själv.** Bilden visar två skisser av ett fäste som skulle kunna fästas med hakar och som låser sig själv vid pelaren.

Idén hade potential att underlätta montering jämfört med nuvarande lösning förutsatt att monteringen, som ej definierades i detta idéstadiet, blev enklare än den för befintlig lösning. Det som sågs som en stor brist i detta idéstadiet var just detta, att idén inte var färdigutvecklad. Det var också osäkert om fästet skulle kunna erbjuda tillräckligt med stabilitet i monterat läge för att möta uppsatta krav.

#### 4.3.1.4.3 Sidofästen med skruvar som gick genom pelaren

En tredje idé som uppkom var att fästa den ledbara armen i pelaren med skruvar som gick genom pelaren och in i en platta med gängat gods. På plattan, som var böjd runt pelaren satt gångjärnsfästen för den ledbara armen (se figur 4.32). Fästet skulle fästas genom att hållas på plats mot pelaren samtidigt som skruvar drogs i från baksidan av pelaren. Fästet skulle täcka två hela perforeringar istället för fyra halva.

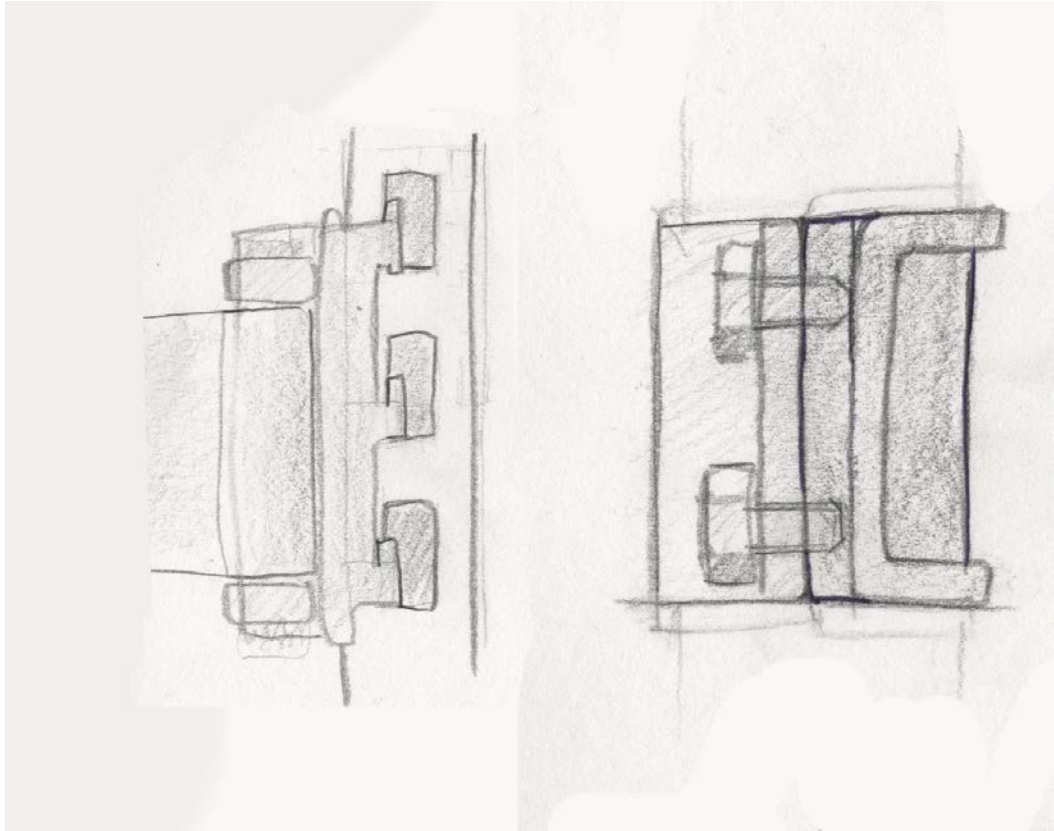


**Figur 4.32 - Tidiga idéskisser för sidofästen med skruvar.** Bilden visar tre versioner och vinklar av idén att fästa en ledad arm på sidan av pelaren med hjälp av skruvar.

Idén hade potential att leda till ett fäste som hade lägre volym och därigenom mindre klumpigt. Dock ansågs den tilltänkta monteringsprincipen mindre smidig än den för befintlig produkt och idén skulle således inte uppfylla krav som satts upp för montering.

Det var även ett potentiellt problem att den skulle täcka två hela perforeringar. Detta skulle nämligen motsätta sig kravet kring att kunna fästa flera saker saker på samma höjd.

En fjärde idé som uppkom var att använda sig av grundprincipen från befintlig lösning, men att ta bort ett par hakar. Detta blev möjligt om det användes gängat gods i hålen på hak-klämmans ena del (se figur 4.33).



**Figur 4.33 - Idéskisser av sidofäste med gängat gods.** Bilden visar ett sidofäste sätt från två vinklar. I den högra bilden syns korta skruvar med gängat gods och ett C-format fäste för ledbar arm

Idén hade potential att minska antalet monteringsverktyg och monteringssteg eftersom gängat gods tar bort behov av en fast nyckel vid montering.

### **4.3.2 Idégenereringsworkshop och konsultation med WFI**

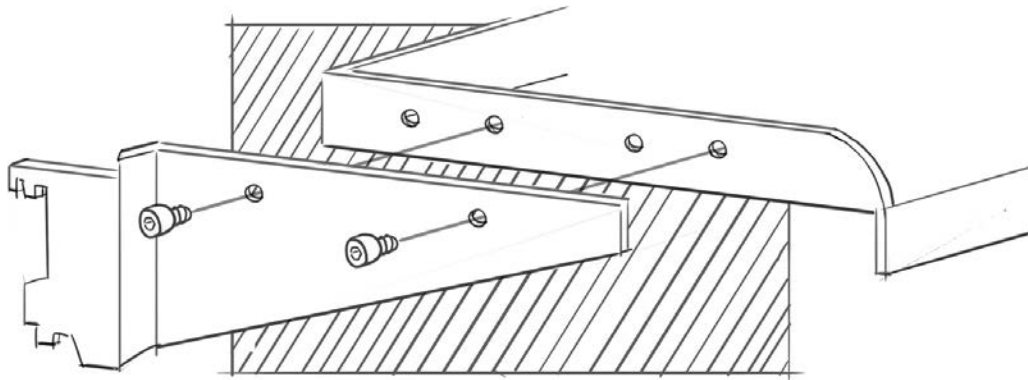
I följande underkapitel presenteras idéer som diskuterades, utvärderades och förfinades under en idégenereringsworkshop VD och produktutvecklingsansvarig på WFI. Idéerna berörde hyllor, fästen för fasta-och svängbara armar och sidofästen för ledbara armar de diskuterades med tillverkning, montering och användning i åtanke.

#### **4.3.2.1 Hyllor**

Fyra idéer för hyllplan och fästen för hyllplan som alla underlättade montering, men hade olika brister i funktionalitet i användning och tillverkning diskuterades i var sitt underkapitel.

##### **4.3.2.1.1 Hyllplan med gängat gods**

En konceptidé där hålen i hyllplanet gängats för att inte behöva använda muttrar vid montering av konsol och hyllplan visades upp (se figur 4.34). Konceptet använde konsolen från befintlig hylla, men insex-skruvarna är tänkta att vara aningen kortare än tidigare och hålen i godset är gängade. Det eliminerade kravet på skiftnyckel vid montering, skapade färre monteringssteg och antalet lösa delar.



**Figur 4.34 - Idéskiss av Hyllplan med gängat gods. Bilden visar en konsol, två skruvar och ett hyllplan.**

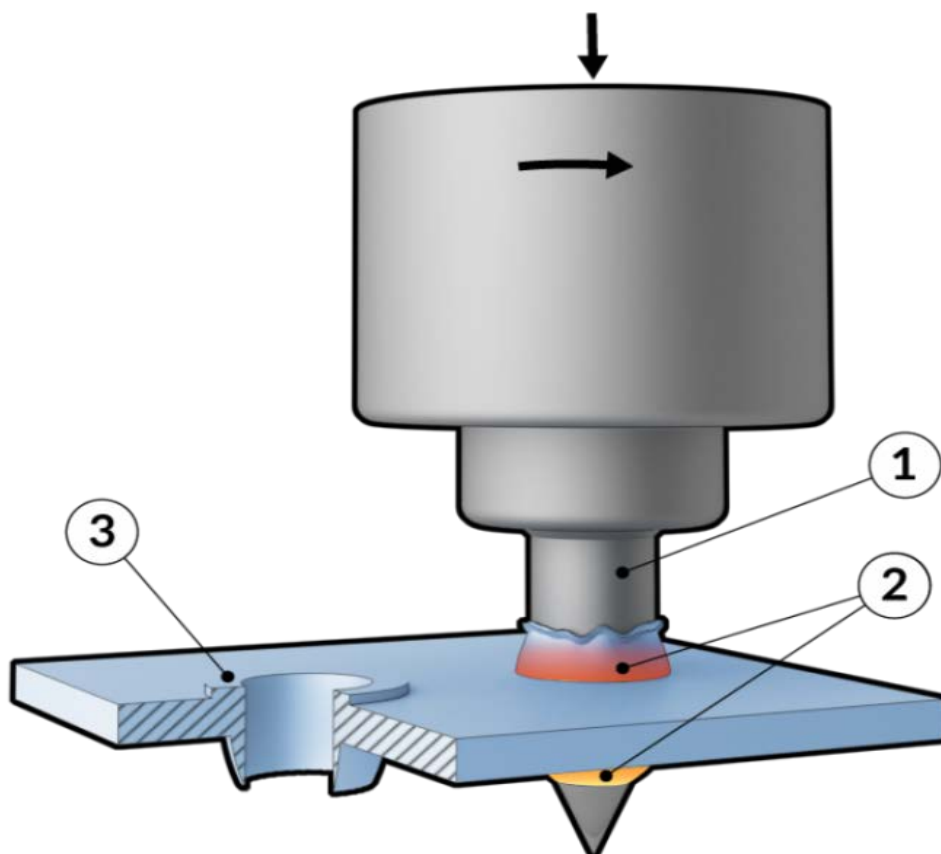
En kognitiv genomgång av tänkt montering var:

1. Öppna paket med hyllplan
2. Tänk på hur hyllplanet ska sitta
3. Se vilken konsol som ska sitta på vilken sida för att passa hyllplan
4. Trä skruv genom konsolens hål från utsidan.
5. Dra åt skruven för hand tills den sitter på.
6. Prova ut rätt storlek på insexnyckel.
7. Dra åt skruv med insexnyckel.
8. Repetera steg 4 - 7 för alla hål
21. Lyft hyllplanet
22. Fäst konsolernas övre krokarna i pelarnas perforering
23. Vinkla ner hyllplanet till de undre krokarna fäster

Den nya monteringsgången bestod av lika många steg, men tolv av stegen skulle bli enklare eftersom det krävs färre kognitiva och fysiska resurser än ursprunglig idé. Detta kommer sig av att eftersom muttrar är borttagna behöver montören inte fokusera på både skruvar och muttrar samtidigt.

Företaget gillade idén trots att den inte uppfyllde kravet att eliminera synliga skruvhuvuden. Ytterligare en sak som WFI ansåg positivt var att konsolen inte behövde förändras utan kunde se likadan ut som förut. Något positivt både ut tillverknings synpunkt och användbarhetsmässigt. De som tidigare monterat hyllplan kommer känna igen utformningen på konsolen och därigenom även förstå hur den nya monteringen var tänkt att fungera.

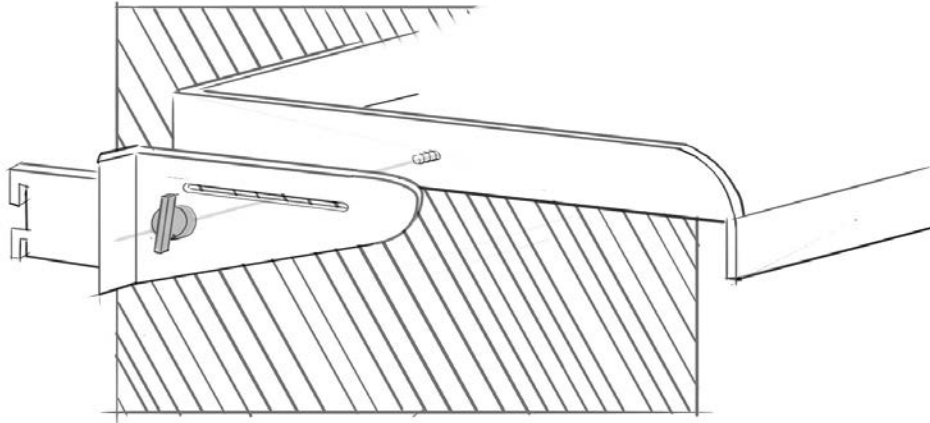
Under workshopen kom det upp en lösning på problemet med godstjocklek och gängor. Hålen skulle gå att tillverka genom en metod som kallas flytbörning. Det är en metod som ofta används för att borra hål i tunna, värmetåliga material för att sedan gänga dem (se figur 4.35). Hålen borrar av ett slätt, roterande verktyg som, då det pressas genom materialet, skapar friktion och drar med sig material ut på andra sidan. Genom tillverkningsmetoden hade tillräckligt många gängvarv i godset kunna åstadkommas utan att materialet i hyllplanet behövde vara av en grövre tjocklek (Manufacturing Guide, 2016).



**Figur 4.35 - Flytgängning.** Figuren visar 1: verktyg, 2: material som flyttas för förlängning av hålet och 3: Hål som kan gängas.  
(Manufacturing Guide, 2016)

#### 4.3.2.1.2 Hyllplan 360°

Det andra konceptet som presenterades var en konsol med tillhörande hyllplan där flexibilitet vid användning och möjlighet att enkelt justera hyllplanets läge stod i fokus. Konceptet var en utveckling av “Hyllplan som kan fästas i många vinklar” (se figur 4.36). Idén byggde på att en skruv satt fastsvetsad på hyllplanets kortsida och att skruvhuvudet är smidigt att dra för hand, exempelvis genom att dimensionera upp vingar och göra det i plast.



*Figur 4.36 - Idéskiss av Hyllplan 360°. Bilden visar ett skruvhuvud, en konsol med ett spår i och ett hyllplan med en fastsvetsad skruv.*

En kognitiv genomgång av tänkt montering löd:

1. Öppna paket med hyllplan
2. Tänk på hur hyllplanet ska sitta
3. Se vilken konsol som ska sitta på vilken sida för att passa hyllplanV
4. Trä konsolen på hyllplanets skruv -enklare
5. Dra åt mutter "tills den sitter på" för hand
  - Repetera steg 4-5 en gång
8. Lyft hyllplanet
9. Fäst konsolernas krokar i pelarnas perforering

Konceptet skulle göra montering och justering av hyllplanet avsevärt enklare jämfört med ursprunglig lösning genom att sänka antal monteringssteg från 23 till 9. Dessutom minskade antalet komponenter och verktyg som behövdes vid montering och justering.

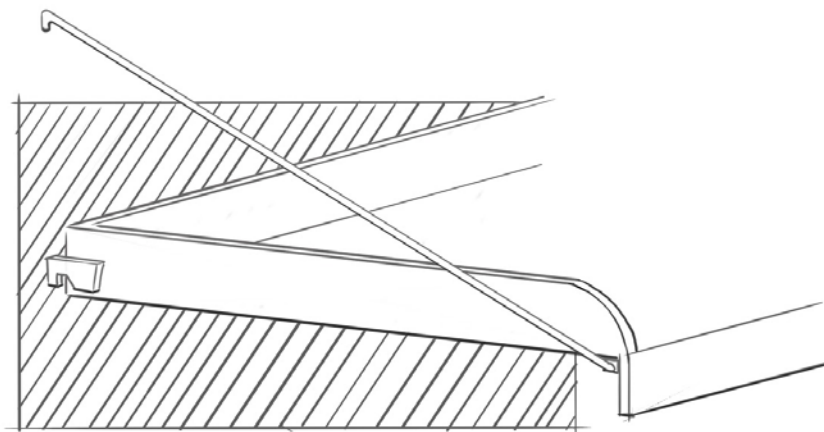
WFI tyckte att konceptet och idéerna som de presenterades påminde för mycket om butiksinredning och därför skulle kunde ge intrycket av att hyllsystemen inte var tillräckligt rejäla och stabila för att klara av de belastningar som kunde komma att ställas på dem. WFI såg däremot potential i konceptet som ett komplement till deras ordinarie hyllsystem - en slags multifunktionshylla som var enkel att justera och ställa in. Men för ändamålet att förändra monteringen för de ordinarie hyllsystemen så var lösningen både svår att tillverka samtidigt som konceptets identitet med enkel justering behölls. De var dessutom tveksamma till att ha ett hyllplan som kunde rotera runt en axel. De var rädda att friktionen mellan hyllplan och konsol skulle kunna vara för låg och att den skulle kunna rotera vid belastning.

Konceptet hade varit möjligt att göra, men antingen skulle skruvhuvud i plast behöva köpas in eller så skulle WFI behöva köpa in plastverktyg för detta.



#### 4.3.2.1.3 Hyllplan med metallstänger

Det tredje presenterade konceptet var en utveckling av den tredje hyll-idén från Osborns idésporrar. Den bestod av ett hyllplan där konsolens krokar satt fast i hyllplanet (se figur 4.37) Stålpinnar med krokar fäste i fastsvetsade klämmor i undre framkant på hyllplanet och kunde roteras. I och med rotationsmöjligheten kunde placeras i olika perforeringar för att ändra vinkel på hyllplanet.



**Figur 4.37 - Idéskiss av hyllplan med metallstänger.** Bilden visar ett hyllplan med en påsvetsad hake i bakändan och en metallstång som fäster i hyllplanets framkant i en påsvetsad klämma.

Det var ett idéförslag som tog fasta på att minimera antalet delar som hyllplanet bestod av. Hela hyllplanet satt ihop och behövde inte monteras. Den enda rörliga delen var stålpinnarna som fästes samman genom en axel i hyllplanets framkant.

En kognitiv genomgång av tänkt montering var:

1. Öppna paket med hyllplan
2. Tänk på hur hyllplanet ska sitta
3. Lyft hyllplanet
4. Fäst konsolernas krokar i pelarnas perforering
5. Fäst metallstängernas hakar i perforeringarna
6. Vinkla ner hyllplanet till de undre krokarna fäster

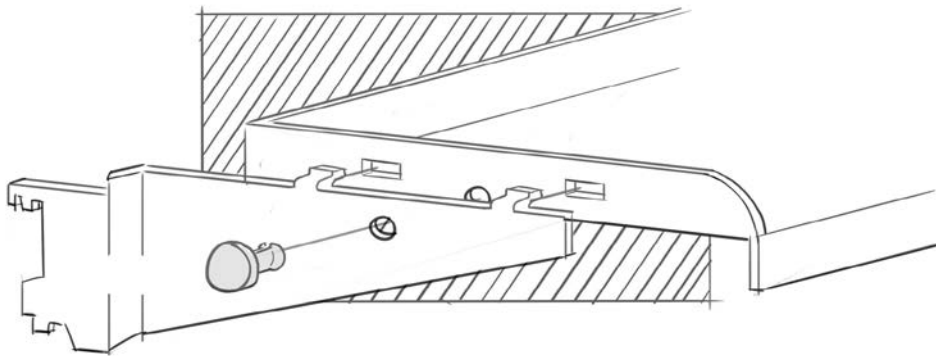
Användbarhetsmässigt underlättade idéförslaget monteringen jämfört med WFI:s befintliga lösning och gick från 23 till 6 monteringssteg. Det minskade antalet komponenter och lösa delar och krav på verktyg vid montering.

Idéförslaget mötte inte uppsatta krav angående att hyllplanen måste vara omvändbara. WFI:s intryck av idéförslaget var att det föreföll mycket enkelt att montera men inte gav ett stabilt intryck. Återigen ansåg de att idén påminde alldeles för mycket om butiksinredning. Utöver det så behövde hyllplanet svetsas ihop på flertalet ställen. Det gjorde att idén inte ansågs smidig ur en tillverkningsynpunkt.



#### 4.3.2.1.4 Hyllplan med hakar

Det fjärde idéförslaget som presenterades var ett koncept där konsolen hade hakar som fördes in i glipor i hyllplanet och sedan fästes med hjälp av en plugg (se figur 4.38).



**Figur 4.38 - Idéskiss av konsoler med hakar.** Bilden visar en plugg, en konsol med hakar och ett hål och ett hyllplan med tre hål.

Det var ett idéförslag som eliminerade kraven på verktyg vid montering men fortfarande behöll samma formspråk och flexibilitet som tidigare. Konceptet minskade även det totala antalet komponenter för tillbehöret betydligt.

En kognitiv genomgång av tänkt montering var:

1. Öppna paket med hyllplan
2. Tänk på hur hyllplanet ska sitta
3. Se vilken konsol som ska sitta på vilken sida för att passa hyllplan
4. Trä konsolens hakar genom hyllplanets hål
5. För pluggen genom konsolens och hyllans hål
  - Repetera steg 4-5 en gång
8. Lyft hyllplanet
9. Fäst konsolernas övre krokar i pelarnas perforering
10. Vinkla ner hyllplanet till de undre krokarna fäster

Denna monteringsgång var 16 steg kortare än den för befintlig lösning. Monteringsstegen var enkla och konceptet skulle göra det mycket lättare att montera och demontera hyllor.

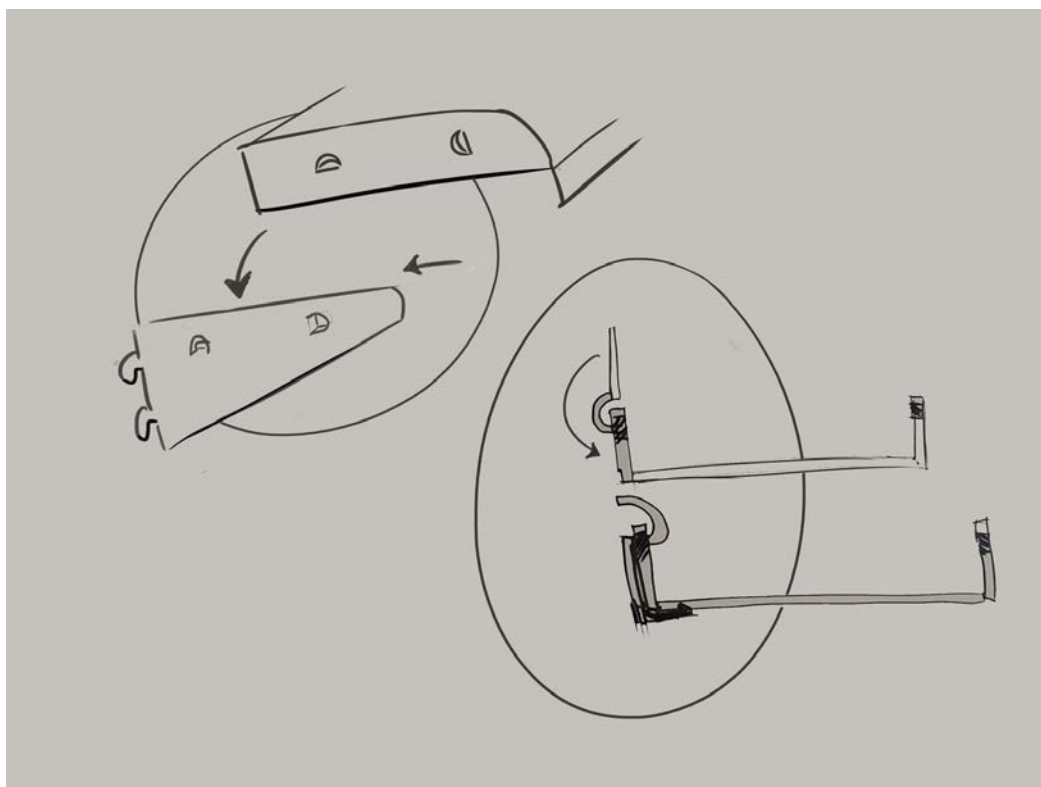
WFI gillade förslaget. De hade själva tidigare undersökt möjligheten för lösningar där hakar användes för att fästa konsoler och hyllor. De ansåg att det såg ut som att det

skulle kunna vara känsligt med hakar som sticker upp från konsolens överkant och påpekade att det skulle finnas en risk att plåten skulle deformeras. De föreslog flera andra sätt som hakarna kunde placeras på som skulle minska risken för detta. Om hakar skulle placeras en bit ned från konsolens överkant och tillverkas genom att deras profil skulle skäras i konsolen följt av att plåten skulle bockas ut vid hakarna.

Rörelsen för att fästa konsolen i hyllplanet diskuterades också och WFI föreslog ett alternativ som gällde att hyllplanet hakades fast i konsolen på två hakar i olika vinklar, där ett vrid skulle medföra att konsolen och hyllplanet fästes i varandra.

WFI pratade om två möjligheter vad gäller pluggar där det ena var att köpa in ett formverktyg och tillverka pluggar själva och det andra var att köpa in pluggar från en extern aktör som tillverkade standardkomponenter i plast.

Andra förslag på liknande idéer som framkom använde sig av andra rörelser för att fästa konsolen i hyllplanet. Exempelvis krokar som var halvcirkelformade där konsolens krokar fördes in i hyllplanet och sedan vändes konsolen ner och på så sätt hakade fast (se figur 4.39).



**Figur 4.39 - Whiteboardskisser av hakar som vrids.** Bilden visar två idéer för konsoler som fäster i hakar genom att de vrids.

Det idéområdet där WFI såg mest potential och önskade fortsatt arbete med var det med konsoler med hakar. Detta eftersom det erbjöd en mycket smidig montering, fanns möjlighet att erbjuda den funktionalitet som önskades vid användning och eftersom det skulle finnas möjligheter att tillverka med de maskiner som WFI hade. De önskade fortsatt utveckling av olika sätt att fästa konsoler och hyllplan med hjälp av olika typer av hakar och rörelser som låste ihop konsoler med hyllplan. Ett beslut

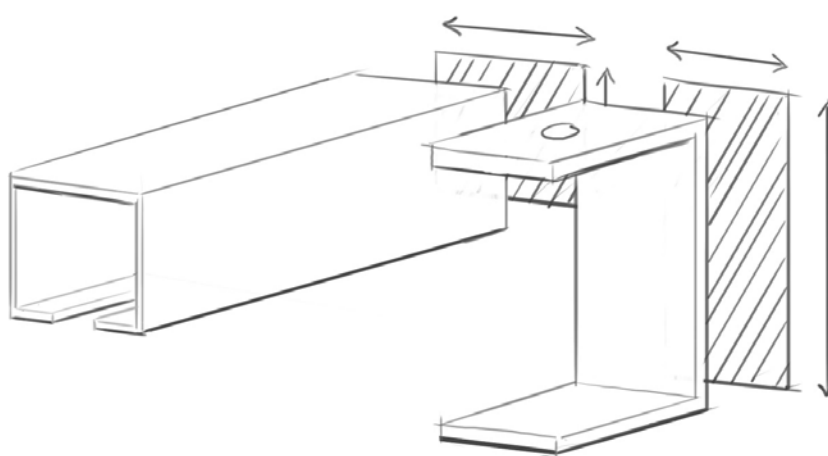
togs om genomförandet av ytterligare en iteration med idéutveckling specifikt kring olika sätt att låsa och fixera konsoler och hyllplan med hjälp av hakar, pluggar och vridrörelser. Det ett krav framkom, gällande att den nya konsolen skulle fästa i pelaren på samma sätt som nuvarande konsol.

Innan konsultationen/workshopen så hade fokus för idégenereringen främst legat i att undersöka alternativa lösningar för kraven som hanterade tillbehören användbarhet vid montering. En stor del av den feedback som gavs från WFI handlade om tillbehörens tillverkningstekniska möjligheter, fördelar och nackdelar. Av den anledningen så dömdes flera idéförslag ut som väsentligt kunde förbättrat användarupplevelsen vid montering. Detta gjordes med anledningen att företaget menade att de skulle bli för komplicerade eller dyra att tillverka sett till företagets storlek och försäljningsvolym.

Det principiella idéförslag som valdes ut ansågs därför ha högst potential att skapa en bättre användarupplevelse samtidigt som det var realistiskt att anse att det enkelt kunde tillverkas med relativt små förändringar mot hur komponenterna såg ut.

#### 4.3.2.2 Fäste för fasta- och svängbara armar:

Idéförslagen som presenterades för WFI var tre olika versioner av kombinerade fästen för fast- och svängbar arm. Under den första idégenereringsloopen hade det identifierats att fästena för fast- och svängbar arm skulle kunna se likadana ut då de utsattes för liknande påfrestningar och användes på liknande sätt. Det som då krävdes av fästet var att de erbjöd en yta där det gick att svetsa på en fast arm eller en gångjärnsled för en svängbar arm, (se figur 4.40). Fördelar med att ha likadana fästen var att de skulle tillverkas och monteras på samma sätt. Detta eftersom det gav möjlighet att sänka tillverkningskostnader och chans att sänka monterings- och kognitiv resurs som krävdes av montören ju fler gånger komponenten monterades. Företaget uppskattade idén om att ha likadana fästen, på vilka den fasta eller den svängbara armen kunde fästas.



**Figur 4.40 - Svetsytor för fast- och svängbar arm.** Bilden visar en avkapad fast arm och ett gångjärnsfäste för en svängbar arm samt två streckade ytor som

*motsvarar den plats som behövs för att kunna svetsa fast respektive ytor på ett pelarfäste.*

Den svängbara armen krävde ett fäste med en svetsyta som är 20x60 mm och den fasta krävde 30x30 mm. I samband med workshopen lade projektgruppen till ett krav att ett fäste behövde en svetsyta i metall på ungefär 30x60 mm för att enkelt kunna svetsa fast båda armarna på detsamma.

#### 4.3.2.2.1 Fäste för fast- och svängbar arm med två hakar

Det andra konceptet som diskuterades var en vidareutveckling av fästet för fast arm med två hakar från Osborns idésporrar, som skulle anpassas till både fast- och svängbar arm.

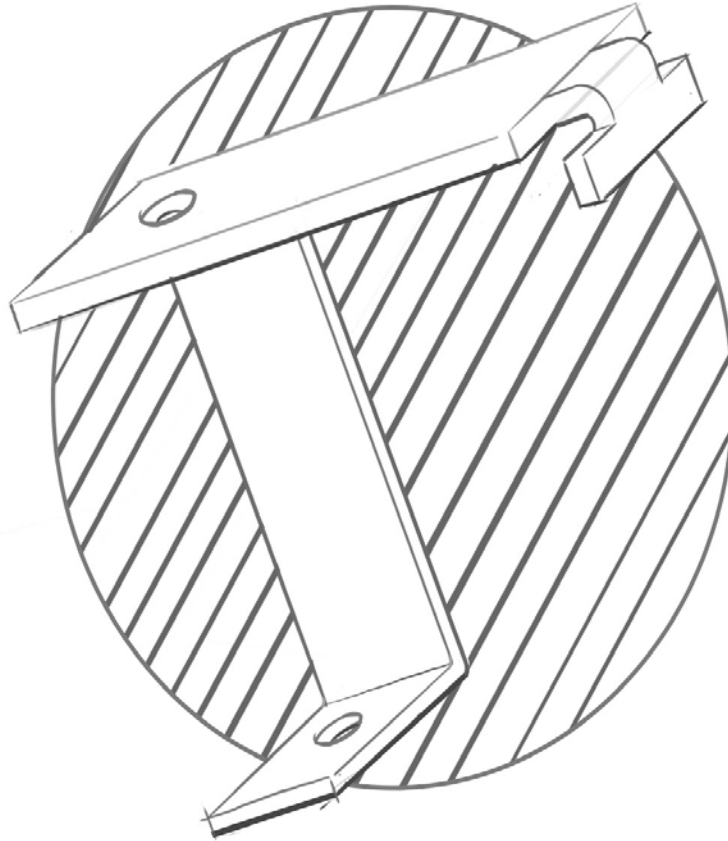
Den tänkta monteringsgången var:

1. Öppna paket med fast arm
  2. Bestäm placering
  3. Skruva ur skruvar ur de fasta armarnas fästen
  4. För in armens T-hake i pelaren
  5. Vrid om fästet
  6. För igenom en skruv eller plugg genom brickan och den perforerade pelaren
  7. Dra åt skruven (utgår om plugg används)
- Repetera steg 4-7 för den andra armen.

Detta gav totalt 9 eller 11 monteringssteg. Detta kan jämföras med med den fasta armen som behövde genomgå 14 monteringssteg innan det är dags att fästa den tvärgående C-profilen. Monteringen av den senare var oförändrat med det nya konceptet. Främst skulle konceptet förenkla monteringen av fast arm genom att eliminera svåra monteringssteg från befintlig lösning men även eftersom det krävde färre monteringssteg jämfört med de ursprungliga 14 som föranledde den oförändrade monteringen av tvärgående C-profil mellan de fasta armarna.

Konceptet skulle underlätta monteringen av den svängbara armen ännu mer, eftersom det fästet visats vara svårare att montera i utvärdering av WFI:s befintliga lösningar.

Under workshopen diskuterades hur konceptet skulle kunna tillverkas och ett sätt som ansågs som smidigt och var tillgängligt för WFI var att skära ut en form i en stålplatta med lämplig tjocklek och sedan bocka detta till önskad form. Vald tillverkningsteknik skulle ge T-haken ett uppdaterat utseende jämfört med idén som presenterades i Osborns idésporrar. (Se figur 4.24 från Osborns idésporrar och figur 4.41).



**Figur 4.41 - Fäste för fast- och svängbar arm med två hakar.** Bilden visar en komponent med en svetsbar yta med ett hål, en stor hake med ett hål för skruv och en T-hake.

Under workshopen beslutades att konceptet skulle nyttja en skruv för att spänna fast fästet. Den kunde antingen sättas i från framsidan eller baksidan av fästet och sedan fästa i gängor i godset på andra sidan. Fördelarna med skruv var att det gav med större möjlighet att spänna fast fästet hårt och därigenom undvika glapp vid belastning. Detta vägde över fördelarna med att fixera fästet med någon typ av plugg, vilken skulle innebära att inga verktyg skulle behövas vid monteringen. Detta kunde istället uppnås med någon skruv med skruvhuvud som kunde spännas åt för hand.

Idéförslaget fick bra respons av WFI. Dels för att fästets utformning och funktion enkelt gick att tillverka med deras önskade tillverkningsmetoder. Dessutom så förenklades monteringen av fästet på den perforerade pelaren genom den tilltänka monteringsgången för fästet genom färre komponenter, färre verktyg, färre monteringssteg samt att detaljen skulle kunna gå att montera med endast en hand.

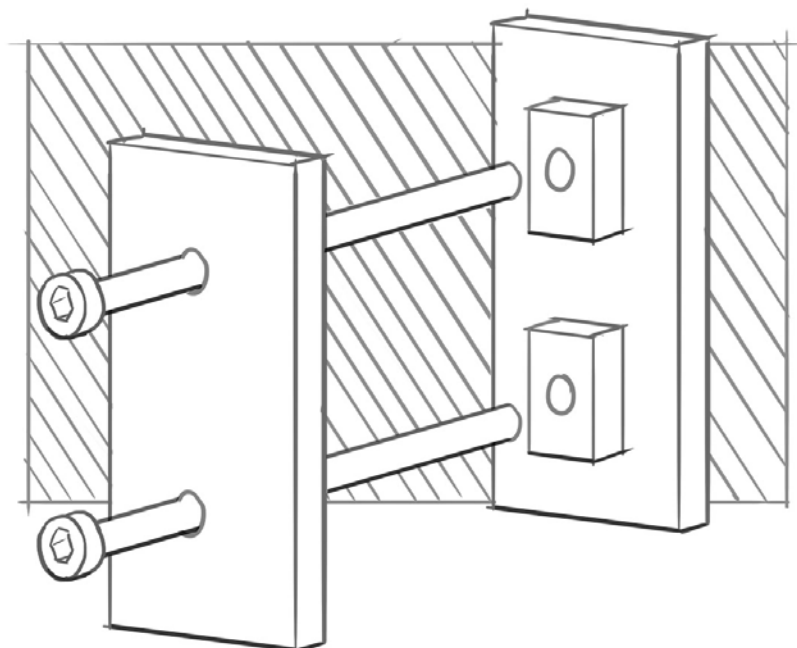
WFI ansåg att det här idéförslaget var ett av dem som det fortsatta arbetet borde kretsa kring att testa och utveckla vidare.

#### 4.3.2.2.2 Fäste för fasta- eller svängbara armar med rätblock

Det andra idéförslaget för fäste som presenterades byggde vidare på idén från Osborns idésporrar som bestod av med två klackar på baksidan av fästet som var i samma

storlek som pelarens perforeringar. (se fig 4.25 i osborns) Idéförslaget tog bort en del komponenter och underlättade montering genom att erbjuda visst understöd.

Av möjliga tillverkningsmetoder kom gruppen fram till att det smidigaste sättet att tillverka detta så att det fick önskad form och möjlighet att svetsa fast de olika armarna på vore att gjuta i metall.

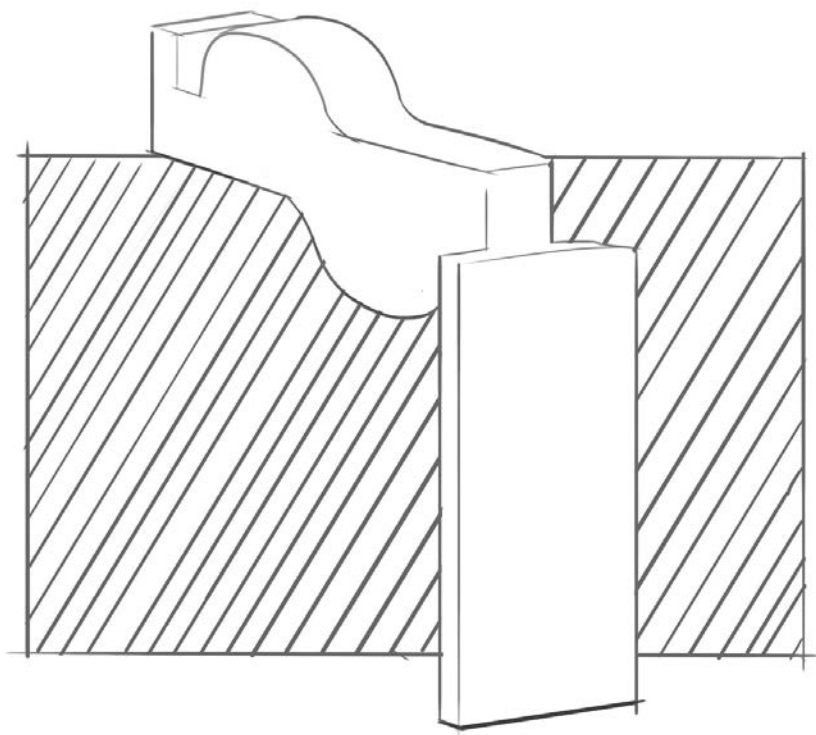


**Figur 4.42 - Fäste för fast arm med rätblock.** Bilden visar en bakdel med fästen för skruvar och en framdel med platta där fast- eller svängbar arm kan monteras.

Företaget ansåg att detta var en stor brist och hänvisade till att pris/komponent skulle bli för högt med företagets försäljningsvolym. Förslaget var lätt att sålla bort eftersom det fanns andra förslag som mötte uppsatta krav som ansågs lättare för WFI att tillverka.

#### 4.3.2.2.3 Fäste med en hake som träs igenom pelarens perforeringar

Det tredje förslaget som diskuterades byggde vidare på idén från Osborns idésporrar om att ha en avlång S-formad del med en hake i bakänden. Den hade nu fått en stor platt yta med möjlighet att svetsa på i framändan (se figur 4.43).



**Figur 4.43 - Konceptskiss av fäste med en hake som träs genom pelarens perforeringar. Bilden visar ett S-format fäste som sitter ihop med en platt yta.**

Den föreslagna monteringsgången innebar att var att:

1. Öppna paket med fast arm
2. Bestäm placering
3. För igenom haken genom pelaren  
Repetera för nästa arm

Montering skulle gå ned från 14 till 6 steg, vilket var mycket fördelaktigt. Positivt var framförallt att de krångligaste monteringsstegen från ursprunglig lösning var eliminerat. Ett problem med fästet som diskuterades var att det fanns risk att glapp mellan pelare och platta skulle uppkomma. För att ytterligare fixera fästet så föreslogs att lägga till ett monteringssteg som gällde att fästa en plugg som "fyllde ut" den tomma delen av perforeringarna (Se figur 4.26 från Osborns idésporrar).

Under workshopen diskuterades möjliga tillverkningsmöjligheter som tillgodosåg både önskemål om form på haken och plattan, vilken det skulle gå att svetsa på. Två alternativ kom upp. Det ena gällde att göra haken i formsprutad plast och plattan i metall. I så fall skulle det krävas att det togs fram ett sätt att foga samman dessa. Det andra gällde att att gjuta allt i ett stycke i metall.

WFI ansåg att fördelar med den enkla monteringen inte vägde upp för ospecificerad eller ofördelaktig tillverkningsteknik. Dessutom ansågs konceptet inte uppfylla krav kring stabilitet.

Då en väldigt liten del av arbetet under den första idégenereringsloopen handlade om tillverkningsmetoder eller olika möjliga tillverkningsätt för de olika metoderna och mer kring de grundläggande funktionerna samt användarupplevelsen vid montering så dömdes två idéförlagen ut eftersom de hade blivit alldeles för svåra och dyra att tillverka sett till WFI:s kapacitet, försäljning och omfattning. De ville i så stor utsträckning som möjligt inte behöva använda sig av detaljer eller komponenter som behövde gjutas.

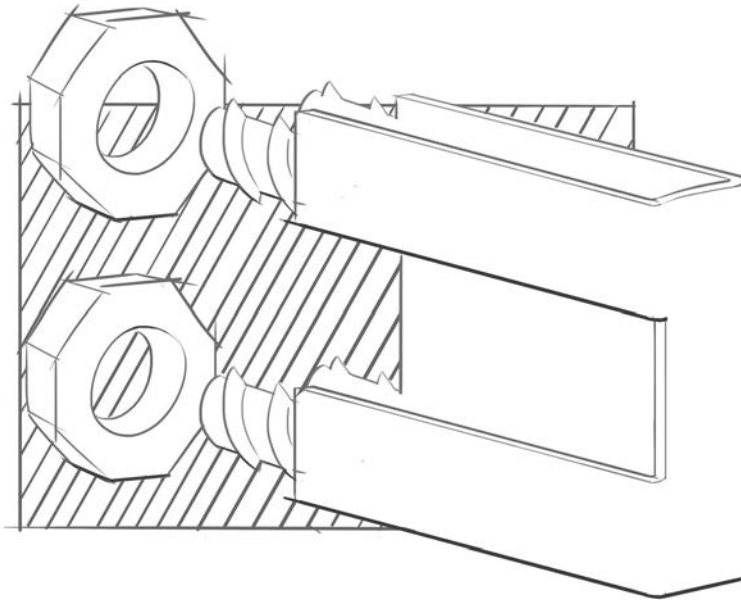
### 4.3.2.3 Sidofäste för ledbar arm

De olika idéförlagen för fästen för ledbar arm som presenterades syftade till att underlätta monteringsgången. De fäste på utsidan av pelaren precis som WFI:s ursprungliga lösning. Idéerna syftade även till att ge fästet ett nättare uttryck och minimera material.

Hos alla idéer för fäste fanns en yta att svetsa fast den ledbara armens gångjärnsfäste på. Ytan var ungefär 20x60 mm stor. Ytans placering i förhållande till pelaren påverkade den ledbara armens rörlighet.

#### 4.3.2.3.1 Bygel med muttrar

Det togs fram ett förslag med ett sidofäste som bestod av en bygel med långa plattor som kunde föras genom pelarens perforeringar. Den byggde på idén med långa hakar från Osborns idésporrar (se figur 4.30 från Osborn idésporrar och figur 4.44), och var tänkt att spännas fast med två muttrar.



**Figur 4.44 - Koncept för bygel med muttrar.** Bilden visar et bygelfäste och två muttrar.

Varken innan eller under workshopen kom det upp någon idé för hur detta fäste skulle spännas åt som uppfyllde såväl krav på enkel montering som krav på enkel tillverkning. Idén med muttrar skulle medföra en något enklare montering än befintlig



lösning, men det var oklart hur det skulle vara möjligt tillverka hakar med utvändiga gängor.

Monteringsordning:

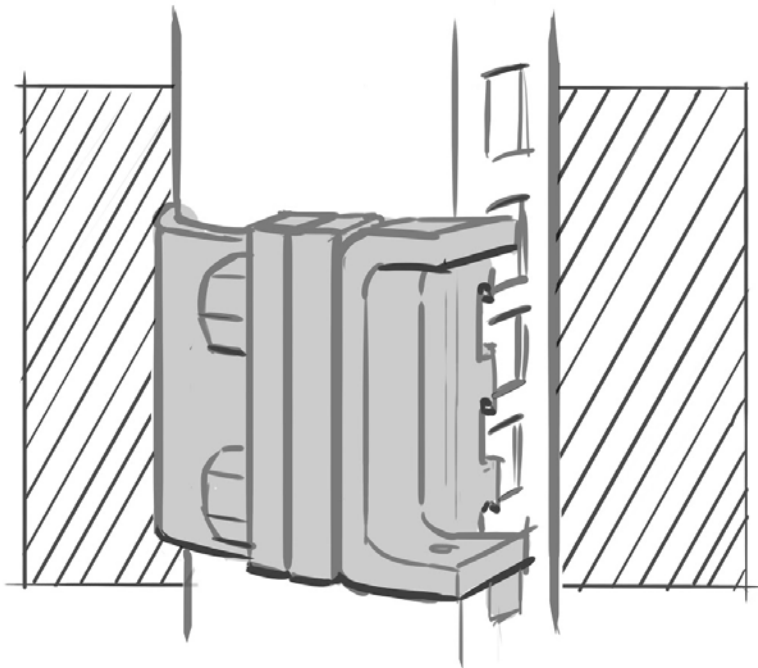
1. Öppna förpackning
2. Välj verktyg
3. Bestämma placering i höjdlid och riktning på armen
4. Ta av skruvarna med hjälp av insexnyckel
5. Haka fast fästet i pelarens perforeringar
6. Dra åt skruvarna med hjälp av insexnyckel

Montering skulle ske i lika många steg som WFI:s befintliga lösning, men det skulle krävas ett verktyg istället för två vilket skulle underlätta för den tilltänkte användaren. Denne skulle dock förväntas ha viss monteringserfarenhet och således kan dra åt en skruv med mutter relativt enkelt, vilket medför att vinsten jämfört med befintlig lösning var liten.

Ett minus för konceptet var att fästdelen inte skulle vara möjlig att tillverka på ett sätt som uppfyllde WFI:s tillverkningskrav. Eftersom det fanns potentiella fördelar med konceptet jämfört med WFI:s befintliga lösning valde projektgruppen att arbeta vidare med lösningen i nästa steg i processen, Idéskiftesmetoden, med fokus på att lösa problem med fastspänning av fästet.

#### 4.3.2.3.2 Färre hakar gängor i godset

En idé som uppkom vid Osborns idésporrar var att göra en förminskad version av befintligt spänne (se figur 4.45) men som fästes med skruvar i borrhål med gängat gods. Idén var tänkt att tillverkas genom att skära ut plåt, borra hål och bocka på önskade ställen.



*Figur 4.45 - Koncept med färre hakar och gängor i godset. Bilden visar ett monterat fäste som är spänt med två skruvhuvuden på en pelare*

Ett problem identifierades som gällde att den möjliga längden på skruvar, vilken begränsas av håldjup, inte skulle räcka för att montera och ta av fästet. Dessutom fanns en risk att idén skulle glappa mer från pelaren än vad kravspecifikationen godkände.

Det beslutades att inte arbeta vidare med en lösning som byggde på en förminskad version av dagens fäste. Det som föll ut av workshopen var istället en tydligare bild av vilken typ av krav som ställdes på en ny lösning. Ett förbättrat fäste var tvunget att uppfylla krav om smidig tillverkning, användbarhet vid montering, nätthet och fick inte glappa från pelaren.

### **4.3.3 Idéskiftesmetoden**

I samband med workshopen med WFI hade det tagits beslut om vilken riktning det fortsatta utvecklingsarbetet för de olika fästena skulle ta. Fästet som presenterades som skulle fungera för både fast- och svängbar arm behandlades inte alls med den här metoden eftersom materialet från workshopen ansågs vara tillräckligt för att gå vidare till nästa metodsteg, prototyp-tillverkning för tester.

Däremot fick idéförslagen för hyllor genomgå en till idégenererings-loop i idéskiftesmetoden. Detta för att få fram olika idéer för hur hakar kunde fästa konsoler i hyllplan, på ett sätt så att det blev användbart, stabilt och smidigt att tillverka.

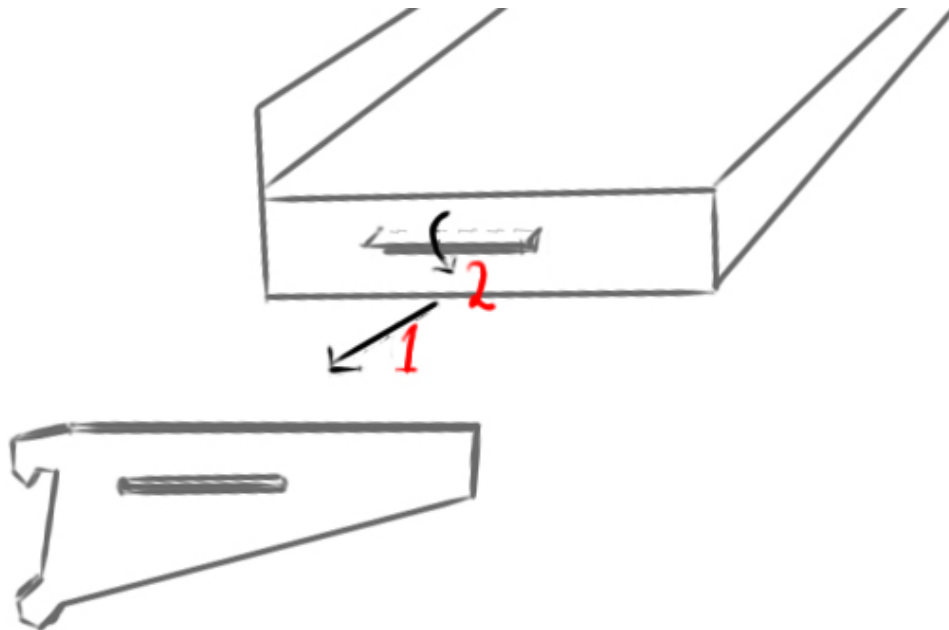
Desamma gällde de för fästen för den ledbara armen genomgå idéskiftesmetoden, dels eftersom de idéförslag som diskuterades under workshopen inte ansågs vara tillräckligt robusta, men även eftersom det inte gick att motivera deras nytta i förhållande till kostnaden för WFI att tillverka dem.

#### **4.3.3.1 Hyllor**

Idéförslagen som uppkom under idéskiftesmetoden kretsade kring hur konsolen och hyllplanet skulle fästas samman genom användning olika typer av krokar, spår, öglor och hål som skulle fästas ihop i en bestämd ordning för komponenterna skulle låsa fast i varandra. Alla använde sig av hakar för att fästa i pelaren enligt bestämmelser från workshopen.

##### **4.3.3.1.1 Hyllplan med vikbara flikar**

Det första idéförslaget bestod av en konsol som liknade den i WFI:s befintliga lösning men istället för två hål för skruvar fanns ett spår. På hyllplanet kortsidor var en del av kanten utskuren och utböjd (Se figur 4.46).



**Figur 4.46. Idéskiss för hyllplan med vikbara flikar.** Bilden visar en konsol, ett hyllplan och den tänka monteringsgången för idéförslaget där 1. visar att hyllan ska föras mot konsolen och 2 visar att fliken ska vikas nedåt.

Monteringsstegen för idéförslaget var:

1. Öppna paket med hyllplan
  2. Tänk på hur hyllplanet ska sitta
  3. Se vilken konsol som ska sitta på vilken sida för att passa hyllplan
  4. För konsolen mot hyllplanets kant tills hyllkantens flik passerat igenom perforeringen i konsolen
  5. Vik ned den perforerade delen av hyllkanten tills den låser fast konsolen
- Repetera steg fyra och fem
9. Lyft hyllplanet
  10. Fäst konsolernas övre krokar i pelarnas perforering
  11. Vinkla ner hyllplanet till de undre krokarna fäster

Idéförslagets tilltänkta montering var tolv steg kortare än det för befintlig lösning. De monteringssteg som varit värst ur användbarhetsperspektiv hade helt eliminerats och monteringen, som tidigare krävde två verktyg kunde nu göras för hand. Vidare bestod Idéförslaget enbart av tre stycken komponenter: De två konsolerna och hyllplanet. Eftersom monteringskomponenterna på lösningen var symmetriska skulle det eventuellt gå att vända på hyllplanet, ett viktigt krav från WFI. Idéförslaget bestod av delar som var mycket lika dem som WFI redan tillverkade och sålde. Därför skulle förändringarna till det nya konceptförslaget vara enkla att genomföra.

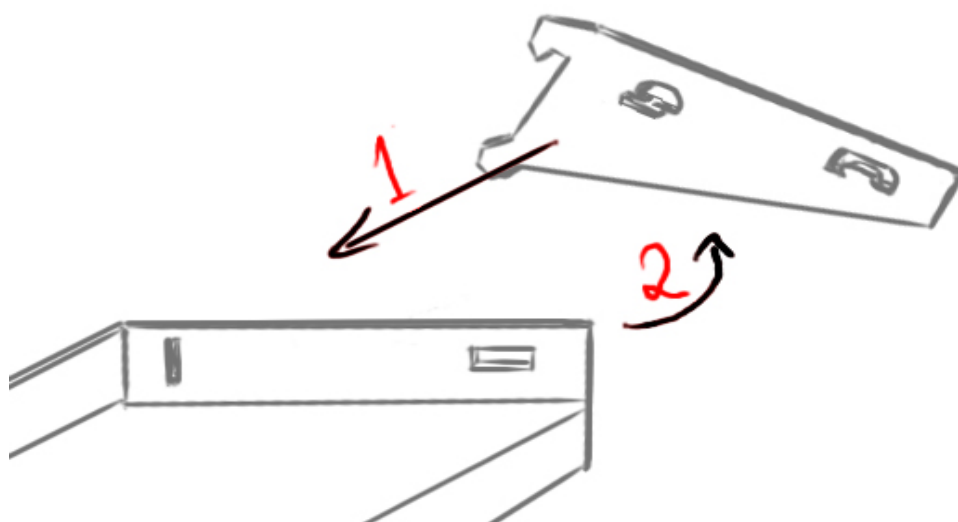
Ett problem för idéförslaget som identifierades var att demontering av hyllplanet och konsolen var svår. Plåtfliken som böjts ned över konsolen kunde antas vara svår att få loss utan att riskera att skada komponenterna. Försämrad möjlighet till demontering

minskade produktens mobilitet och kunde påverka chansen att produkten skulle återvinnas efter att den använts.

Ett annat problem med idén var att den inte mötte uppsatta krav om att ge möjlighet till att montera på olika sätt. Hyllan skulle inte kunna monteras på olika djup och det var oklart i vilken utsträckning fästprincipen skulle fungera när hyllan vändes upp och ned.

#### 4.3.3.1.2 Konsoler med hakar som vrids fast

Det andra idéförslaget som genererades bestod av två konsoler med två hakar vardera som var riktade åt olika håll, och ett hyllplan med två hål i vilka konsolernas hakar kunde fästas genom ett vrid (Se figur 4.47). Idéförslaget arbetade med att använda rörelse i en bestämd sekvens för att fixera och låsa ihop konsolen och hyllplanet.



**Figur 4.47 - Idéskiss för konsoler med hakar som vrids fast.** Bilden visar en konsol med hakar och ett hyllplan med perforeringar. Pilarna visar att konsolen ska 1. Föras mot hyllplanet och 2. Vridas för att fästa.

Hyllplanet var tänkt att monteras enligt följande:

1. Öppna paket med hyllplan
2. Tänk på hur hyllplanet ska sitta
3. Se vilken konsol som ska sitta på vilken sida för att passa hyllplan
4. För igenom den t-formade haken genom den vertikala perforeringen
5. Vrid konsolen ett kvarts varv tills den andra haken är i höjd med och fäster i den avlånga, lodräta perforeringen
  - Repetera steg 4-5
8. Lyft hyllplanet
9. Fäst konsolernas övre krokarna i pelarnas perforering
10. Vinkla ner hyllplanet till de undre krokarna fäster

Idéförslagets tilltänkta montering var 13 steg kortare än det för befintlig lösning. De monteringssteg som varit värst ur användbarhetsperspektiv hade eliminerats och

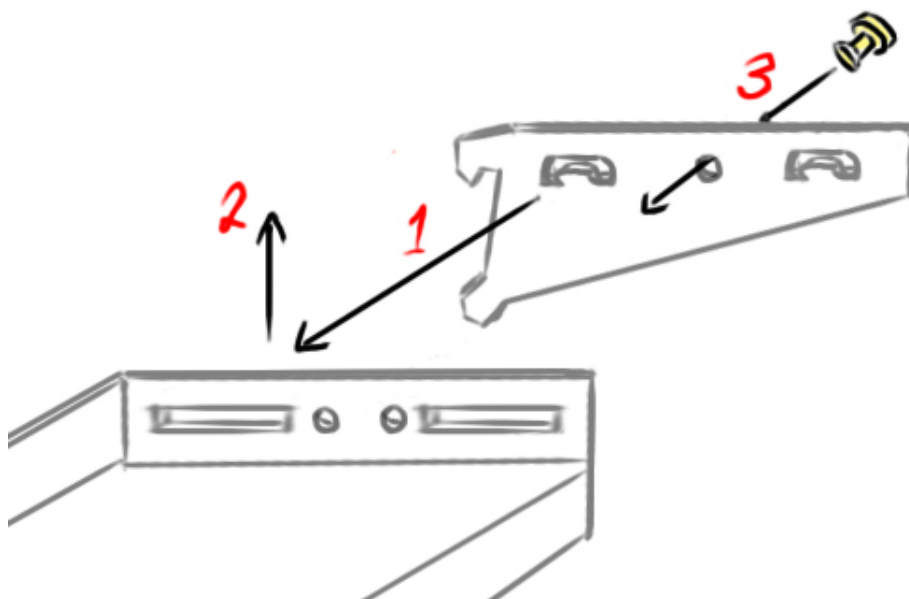
monteringen, som tidigare krävde två verktyg kunde nu göras med händerna. Vidare bestod Idéförslaget enbart av tre stycken komponenter: De två konsolerna och hyllplanet. Det kunde demonteras utan någon egentlig risk att skada komponenter genom att monteringsgången utfördes i omvänd ordning.

Förslagets konstruktion med dess assymteriska hakar gjorde emellertid att hyllplanet inte gick att vända på vilket medförde att idén inte uppfyllde uppsatta krav kring funktionalitet och flexibel användning. Det skulle inte heller vara möjligt att montera hyllan på olika djup.

Något som identifierades som ett problem med monteringen var att kunde vara svårt för användaren att avgöra vilken av hakarna som skulle fästas först. Detta skulle göra att det andra monteringssteget skulle bli svårare. Däremot gick det inte att fästa konsolen med hyllplanet om fel hake fästes först. Därför blev inte effekterna vid felmontering särskilt stora.

#### 4.3.3.1.3 Konsoler med hakar och plugg

Det tredje idéförslaget som genererades bestod av två konsoler med två hakar och en rund perforering vardera, ett hyllplan med två rektangulära och en rund perforering i varje kortsida samt två pluggar (se figur 4.48). Till skillnad från konsolerna med hakar som vrids fast så är hakarna i detta förslag riktade åt samma håll. Pluggarnas funktion var att fixera konsolerna i hyllplanet.



**Figur 4.48 - Idéskiss för konsoler med hakar och plugg.** Bilden visar ett hyllplan, en konsol och en plugg. Pilarna visar att 1. Konsolen ska föras mot hyllplanet, 2. Konsolen ska föras uppåt för att hakas fast och 3. Pluggen ska föras genom konsolen och hyllplanets runda hål för att fästa schabraket.

De monteringssteg som föreslogs med idéförslaget var:

1. Öppna paket med hyllplan
2. Tänk på hur hyllplanet ska sitta

3. Se vilken konsol som ska sitta på vilken sida för att passa hyllplan
4. För konsolens hakar mot perforeringarna i hyllkanten tills de går in i dem.
5. Skjut konsolen uppåt till hålen för pluggen i de båda komponenterna är i nivå med varandra.
6. För pluggen genom hålen i konsolen och hyllkanten
  - *Repetera steg 4-6*
1. Lyft hyllplanet
2. Fäst konsolernas övre krokar i pelarnas perforering
3. Vinkla ner hyllplanet till de undre krokarna fäster

Idéförslagets tilltänkta montering var elva steg kortare än det för befintlig lösning. De monteringssteg som varit värst ur användbarhetsperspektiv hade eliminerats och monteringen, som tidigare krävde två verktyg kunde nu göras med händerna. Vidare bestod Idéförslaget av 5 komponenter, jämfört med 15 hos WFI:s befintliga lösning. Det kunde demonteras utan någon egentlig risk att skada komponenter genom att monteringsgången utfördes i omvänd ordning. De olika hålen och perforeringarna i hyllkanten och konsolen medförde att lösningen erbjöd möjlighet att placera hyllplanet på olika djup och att vända det.

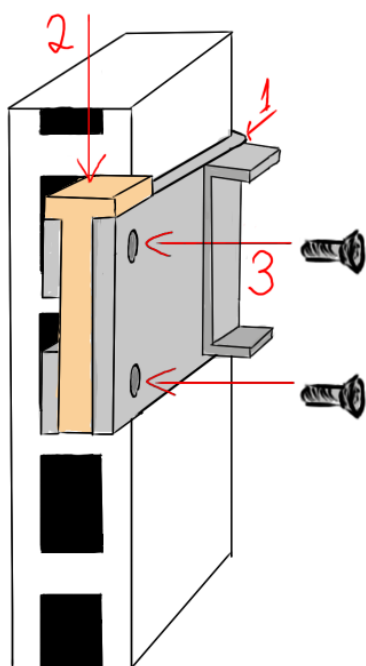
Det fanns en förhoppning om att gummipluggen skulle bidra till att hyllan fixerades stabilt ihop med konsolerna, vilket krävdes för att uppfylla krav kring att tåla stötar som kunde uppkomma i miljöer där arbetsbänkarna användes. Ett frågetecken med pluggen var att det inte var bestämt exakt hur den skulle se ut eller tillverkas, eller om den skulle köpas in av någon extern aktör.

#### **4.3.3.2 Fäste för ledbar arm**

Det konstaterades i Idégenereringsworkshopen att ett förbättrat fäste var tvunget att uppfylla krav om smidig tillverkning, användbarhet vid montering, nätthet och fick inte glappa från pelaren. De olika idéerna som uppkom mötte helt eller delvis de olika kraven.

##### **4.3.3.2.1 Bygel med T-sprint**

Idéförslaget som kallades för "T-sprint" var en vidareutveckling av bygeln med muttrar som framkom under idégenereringsworkshopen som föregick idéskiftesmetoden. Det bestod av en bygel med en fastsvetsad gångjärnsdel, en T-sprint och två skruvar som fästes i gängat gods i komponenten (Se figur 4.49).



**Figur 4.49 - Konceptskiss för T-sprint.** Bilden visar en gul T-sprint, en grå bygel och två skruvar. Monteringssteg som är utmärkta i figuren och särskilda för komponenten är 1. Trä fästet genom pelarens perforering, 2. Placera T-pluggen och 3. Dra åt skruvar med verktyg.

Förslagets tilltänkta monteringssteg identifierades i en kognitiv genomgång som:

1. Öppna förpackning
  2. Bestämma placering i höjddled och riktning på armen
  3. Trä fästet genom pelarens perforering
  4. Placera T-pluggen
  5. Välj verktyg
  6. Passa in skruv i hålet genom bygeln och T-pluggen
  7. Dra åt skruv
- Repetera steg 6 och 7

Förslaget innebar ett monteringssteg mer jämfört med befintlig lösning. Dock hade de svårare, men inte kritiska, monteringsstegen som krävde två verktyg eliminerats. Bygeln tog upp färre perforeringar, vilket skulle kunna medföra att fler moduler kunde monteras på pelaren, och fästet bestod av tre färre komponenter. Det upplevdes även som nättare och mer lätthanterligt än befintlig lösning.

Likt WFI:s befintliga lösning var idén att komponenten skulle levereras ihopsatt. Här behövdes dock komponenter tas loss för montering, vilket innebar en liten försämring ur användbarhetssynpunkt, då detta medförde att lösa skruvar behövde hanteras.

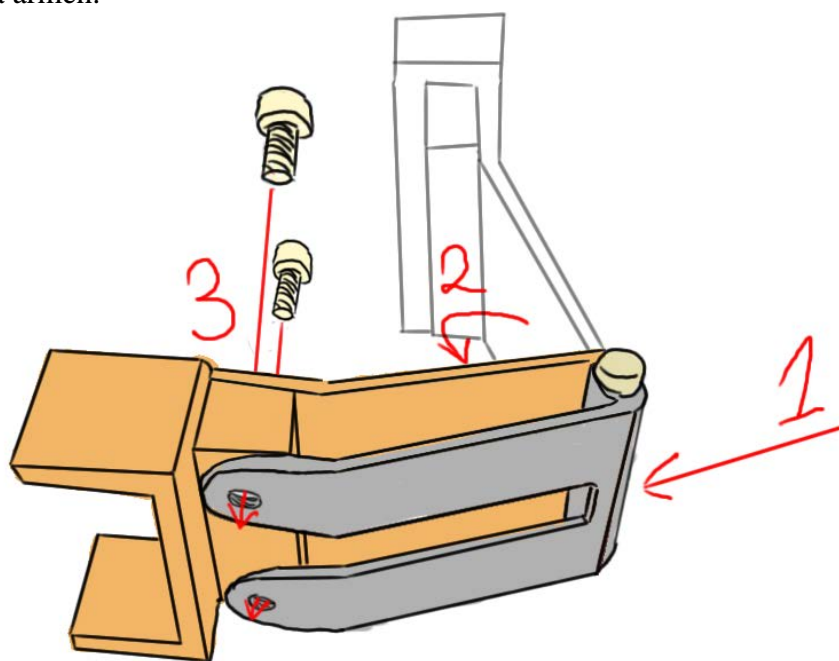
Möjligheten att spänna åt fästet hårt i pelaren berodde på med vilken precision och i vilket material som T-sprinten tillverkades i, samt hur mycket skruvarna drogs åt.

Bedömningen gjordes att det fanns en risk att fästet skulle komma att glappa mot pelaren vid hög belastning på armen.

#### 4.3.3.2.2 Gångjärnsfäste

Konceptförslaget utvecklades även det från idén bygel med muttrar. Istället för en fast bygel så fungerade detta konceptet som ett gångjärn. Det bestod av en del som fäste igenom pelarens perforeringar och den del där den ledbara armen kunde fästa. Dessa var sammanlänkade med ett skruvförband i en gångjärnsled (Se figur 4.50). Till detta kom två skruvar som användes för att spänna fast fästet runt pelaren.

Idéförslaget hade en liten knäck på delarna i gångjärnsdelen och placerade fästet för den ledbara armen framåt istället för åt sidan. Den lilla knäcken gav även mer plats åt skruvarna att spännas åt. Detta var nödvändigt för att andra tillbehör skulle kunna monteras i samma perforeringar. Valet att placera bygel där den ledbara armen skulle fästas framåt gjorde att skruvarna kunde sättas i från sidan utan vara ivägen för den ledbara armen.



**Figur 4.50 - Konceptskiss för gångjärnsfäste.** Bilden visar ett mörkgult fäste för ledbar arm, ett grått fäste för pelaren och tre ljusgula skruvar. Fästprincipen förklaras i tre steg, där 1. Motsvarar rörelsen för den gråa delen genom pelarens perforeringar, 2. Visar hur gångjärnet stängs, 3. Visar skruvar som dras åt och fäster i gängor i godset i den gråa delen.

Idéförslagets kognitiva monteringsgång bestod av följande steg:

1. Öppna förpackning
2. Bestäm placering i höjdlid och riktning på armen
3. Föra igenom fästet
4. Stäng gångjärn
5. Dra åt skruv



- Repetera steg 5

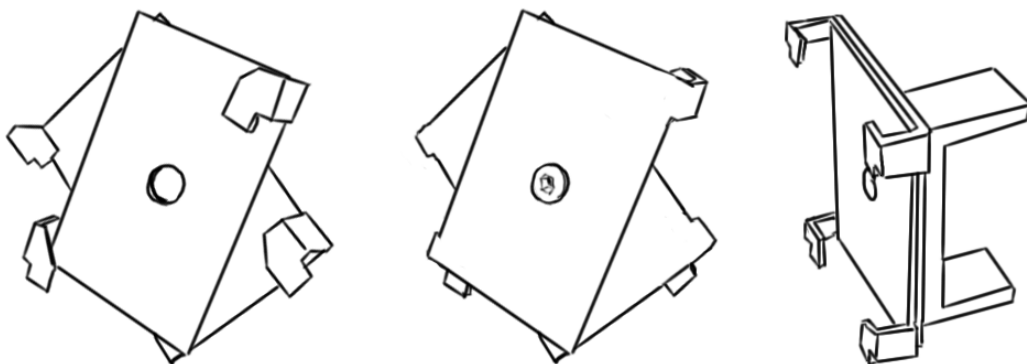
Monteringen skulle bestå av två färre monteringssteg än det för befintlig lösning och de svåra arbetsmomenten där två verktyg användes samtidigt hade eliminerats. Bygeln tog upp färre perforeringar, vilket skulle kunna medföra att fler moduler kunde monteras på pelaren, och fästet bestod av tre färre komponenter. Det upplevdes även som nättare och mycket mer lätthanterligt än befintlig lösning.

Likt WFI:s befintliga lösning var idén att komponenten skulle levereras ihopsatt. Den nya lösningen bestod av färre lösa delar.

Ett problem med idén var att det var oklart hur delen med fästet för den ledbara armen skulle tillverkas. Ett förslag gällde att delarna skulle byggas upp av skuren och bockad plåt som svetsades ihop och ett annat gällde att delen kunde gjutas. Båda alternativen ansågs som sämre för WFI än tillverkningen av deras befintliga koncept.

#### 4.3.3.2.3 Koala-Sax

Det uppkom ett idéförslag som kunde öppnas och stängas likt en sax och i monterat läge på pelaren påminde om en koala som kramar ett träd. Idén bestod av två stycken rektangulära plattor som var fästa på varandra och kunde rotera kring en axel i mitten av plattorna. På diagonalt motsatta hörn på de två plattorna satt hakar som fäste i pelarens perforeringar. I axeln i mitten satt en skruv som var tänkt att spänna de två plattorna mot varandra när den drogs åt (Se figur 4.51) Det var en utveckling av en idé som uppkom med hjälp av Osborns idésporrar med ett tvådelat fäste som låser sig själv (se figur 4.31).



**Figur 4.51 - Konceptskisser för Koala-Sax.** Bilden visar konceptet från tre olika vinklar. I bilderna till vänster och i mitten är plattorna vridna ifrån varandra och till höger när de är sammanvridna.

Fästet sattes fast i pelaren genom att de två plattorna sattes mot pelarens sida och vreds åt motsatta håll. Hakarna på plattornas hörn vreds då inåt och fäste i pelarens perforeringar. Därefter skjöts fästet nedåt till hakarna på plattorna låste fast i pelarens

perforeringar. Den axel som plattorna vreds kring föreslogs vara en skruv som satt fastskruvad i gängor i den inre plattan.

Den kognitiva genomgången som uppskattades till:

1. Öppna förpackning
2. Bestämma placering i höjdlid och riktning på armen
3. Öppna fästet
4. Placera fästet
5. Stäng fästet
6. För fästet nedåt
7. Ev. val av verktyg
8. Dra åt skruv

Detta innebar en montering i lika många steg som befintlig lösning. Montering skulle ske med ett färre verktyg. Koala-Sax-idén ansågs vara snyggare, nättare och roligare än befintlig lösning då medelgoda montörer skulle uppleva att låsningen av fästet som listig. Dock bedömdes monteringen som mindre intuitiv jämfört mot att klämma fast fästet med skruvförband.

Fästet skulle bestod av färre delar än befintlig lösning. Delarna uppskattades också som enkla för WFI att tillverka och det skulle vara möjligt att svetsa fast andra tillbehör än den ledbara armen som WFI erbjöd, exempelvis papperskorgar, pappersrullehållare. De monterades i dagsläget på ett sätt som täckte en hel perforering. Att använda Koala-Saxen här skulle öppna för möjlighet att montera andra tillbehör i samma höjd, vilket kunde vara positivt. Detta låg dock utanför projektets avgränsning och hänsyn togs inte till detta i bedömning av konceptet.

Fästet kunde levereras sammansatt och inga delar behövdes ta loss vid montering, vilket var positivt. Det krävdes bara ett verktyg för att montera fästet.

Vid jämförelse av konceptskisser (se figur 4.51) och enkla modeller i papp med befintlig produkt (figur 4.8) uppkom farhågor om att fästet inte skulle möta uppsatta krav kring stabilitet.

Ett problem med idén var att det inte var helt fastslaget hur det spänns, om skruven i mitten av plattorna var tillräcklig för att ge fästet önskad stabilitet.

Metoden genererade flera intressanta förslag och alla hade fördelar och nackdelar jämfört med befintliga lösningar. Det var svårt att bestämma vad som skulle vidareutvecklas. Nästa steg i utvecklingsarbetet var därför att ta fram en utvärderingsmatris som stöd för diskussioner om urval.

## 4.4 Konceptutvärdering och val

De olika koncepten utvärderades med flera olika metoder. Resultaten jämfördes med varandra och med WFI:s befintliga produkter inom respektive användningsområde.

För att utvärdera de olika koncepten som kom fram under den andra koncept- och idégenereringsloopen som utfördes för arbetsområdena hyllor och fästen för ledbara

arm användes utvärderingsmatriser. I utvärderingsmatriserna användes WFI:s produkter för de respektive arbetsområdena som de referenslösningar vilka koncepten jämfördes med.

Konceptförslaget för ett fäste för fasta- och svängbara armar med två hakar utvärderades inte med i den här metoden eftersom det redan under idégenereringsworkshopen tillsammans med WFI beslutades vara det principiella konceptförslag som skulle vidareutvecklas. Därför utvärderades och utvecklades det konceptet, främst, iterativt genom de användar- och usabilitytester som går igenom i kapitlet.

Konceptförslagen för de två andra arbetsområdena som visade sig har bäst utvecklingspotential enligt utvärderingsmatriserna utvärderades och testades sedan med samma användar- och usabilitytester som konceptförslaget för fast- och svängbar arm.

Därefter utvärderades koncepten under en konsultation med WFI. Där diskuterades och utvärderades konceptens för- och nackdelar samt nya tankar, designidéer, förslag och ändringar som skett under användarutvärderingarna.

Avslutningsvis utvärderades om koncepten skulle tåla förväntad belastning vid användning med hjälp av FE-analyser.

#### 4.4.1 Utvärderingsmatriser

Utifrån kravspecifikationerna för de olika arbetsområdena sammanställdes, tillsammans med information från arbetets frågeställningar och resultaten från projektets förstudie, sammanställdes en lista med relevanta kriterier efter vilka de olika koncepten som tagits fram från idéskiftesmetoden utvärderades.

##### 4.4.1.1 Utvärderingsmatriser för hyllor

*Tabell 4.4 - Utvärderingsmatris för koncepten för Konsol & Hyllplan. Tabellen redogör för en jämförelse mellan WFI:s befintliga lösning för hyllor och tre framtagna koncept efter hur väl de möter ett antal uppsatta krav*

Krav (S=Skall)	Referens: WFI:s Konsol	Vik ned plåten	Hakar åt olika håll	Hakar åt samma håll m. plugg
Avlastningsyta (S)	0	0	0	0
Tåla Belastning på 50kg (S)	0	0	0	0
Går att ställa i vinkel	0	0	0	0
Flexibel montering (S)	0	-	-	0
Stöttålig	0	-	-	-

Använda färre perforeringar	0	0	0	0
Inga synliga skruvar	0	+	+	+
Minimera verktyg (S)	0	+	+	+
Färre komponenter	0	+	+	+
Enklare montering (S)	0	+	+	+
Förenkla tillverkning	0	-	-	-
Försvåra felmontering	0	-	0	+
Summa +	-	4	4	5
Summa 0	-	4	6	5
Summa -	-	4	3	2
Netto	0	0	1	3

Det koncept som fick högst poäng i matrisen var konceptet där konsoler fäste i hyllplanet med hjälp av hakar som riktade åt samma håll och fixerades med en plugg. Konceptet fick flest poäng i matrisen eftersom det förbättrade omständigheterna vid montering genom att bestå av färre lösa komponenter, eliminera kravet på verktyg vid montering, eliminera skruvar från konsolerna och hyllplanet samt minska antalet monteringssteg. Montringen ansågs mer intuitiv och försvårade därigenom för felmontering samt gjorde den mer förlåtande.

Två kriterier där konceptet ansågs sämre än referenslösningen var dess motståndskraft mot kraftiga stötar och vibrationer samt att konceptets konstruktion innebar en något mer komplicerad tillverkningsprocess.

#### 4.4.1.2 Utvärderingsmatriser för sidofäste för ledbar arm

*Tabell 4.5 - Utvärderingsmatris för koncept för sidofästen för ledbar arm. Tabellen redogör för en jämförelse mellan WFI:s befintliga lösning för sidofästen för ledbara armar och tre framtagna koncept efter hur väl de möter ett antal uppsatta krav.*

Krav (S=Skall)	Referens: WFI:s Konsol	T-på baksidan som stoppar	Gångjärnsfäste	Koalasax
Virdbar minst 180* (S)	0	0	0	0

Klara en last på 25kg (S)	0	0	0	0
Vibrationstålig (S)	0	-	-	0
Enklare montering (S)	0	+	+	+
Färre verktyg vid montering	0	+	+	+
Försvåra felmontering	0	-	+	0
Minimera lösa delar	0	-	0	0
Ta mindre plats (färre perforeringar)	0	+	+	+
Minska glapp mot pelare	0	-	-	-
Förenkla tillverkning	0	0	-	-
Summa +	-	3	4	3
Summa 0	-	3	3	5
Summa -	-	4	3	2
Netto	0	-1	1	1

Två koncept fick samma högsta poäng i matrisen och resultatet indikerade en liten förbättring jämfört referenslösningen. Det ena, det så kallade gångjärnsfästet, ansågs dock innebära en försämring i fästets möjlighet att klara av kraftiga vibrationer, ett kriterium som koncepten var tvungna att uppfylla minst lika bra som referenslösningen. Förutom att inte vara lika vibrationståligt skulle det också vara svårare att tillverka än befintlig lösning och konstruktionen ansågs kunna orsaka större glapp mellan fästet och pelaren vid belastning. Gångjärnsfästet valdes således bort.

Konceptförslaget Koala-Sax fick lika många poäng som konceptförslaget gångjärnsfäste. Dessutom uppfylldes alla de kriterier som värderades som nödvändiga i matrisen. Däremot hamnade konceptet efter referenslösningen på ett par punkter. Fästet ansågs både vara lite mer omständigt att tillverka, och den minskade storleken kombinerat med en annan lösning för att spänna fästet mot pelaren innebar en risk att glappet mellan fästet och pelaren skulle kunna öka.

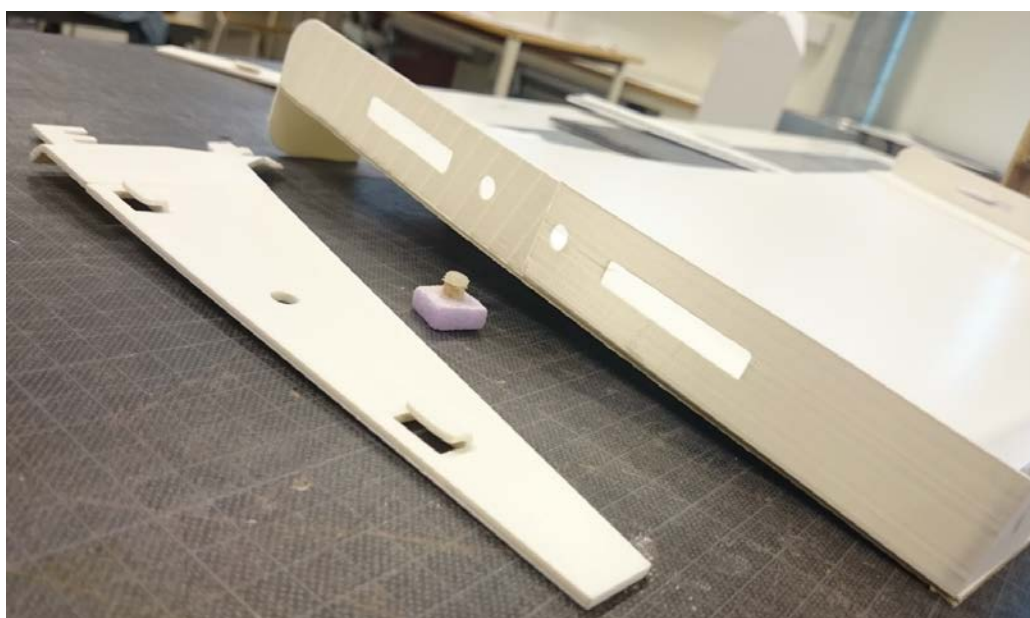
## 4.4.2 Användartester med Tänka-högt-protokoll

Koncepten för hyllor och sidofästen för ledbara armar som fick bäst resultat i utvärderingsmatrisen genomgick användartester med hjälp av Tänka-högt-protokoll. De genomfördes med 3D-printade prototyper som testade konceptens funktionalitet och användbarhet vid montering.

### 4.4.2.1 Användarutvärdering av hyllor

Testerna av det nya konceptet visade att det gick snabbare att montera, vilket berodde på att de olika monteringsstegen i stor utsträckning genomfördes på tillämpligt sätt. De som deltog i utvärderingen tyckte att konsolerna som fästes med hakar var enklare att montera än WFI:s lösning.

Prototypen som testades hade spår där hakarna placerades för att konsolen sedan skulle kunna skjutas fram och tillbaka i spåret tills den hamnade i något av lägena där pluggen kunde användas för att låsa ihop konsolen och hyllplanet (se figur 4.52).



*Figur 4.52 - Prototyp av konsol och hyllplan som användes för användarutvärdering. Bilden visar prototyper för en konsol, ett hyllplan och en plugg.*

En av testpersonerna ansåg att det var otydligt att konsolen skulle skjutas till ett av spårens ändlägen för att pluggen skulle kunna fästas genom konsolen och hyllplanet och föreslog att det kunde illustreras med hjälp av pilar på konsolen. En annan lösning som diskuterades var att ersätta de två spåren med fyra separata rektangulära hål.

Testpersonerna uppskattade att konceptet utnyttjade hakar istället för att sättas ihop med flera skruvar och muttrar som WFI:s produkt. Både av anledningen att det ansågs smidigare att montera hyllplanet med hakar, men också för att det var färre lösa komponenter att hålla reda på och därför mindre risk att viktiga komponenter försvann.

Inga arbetsmoment som kunde vara kritiska med avseende på fysisk belastningsergonomi identifierades.

#### 4.4.2.2 Fast- och Svängbar arm

Utvärderingen av konceptlösningen för fast- och svängbar arm skedde i två faser. Mellan de två faserna gjordes små ändringar och uppdateringar på konceptet efter feedback som gavs från de första utvärderingarna. Under den första delen av utvärderingen testades prototypen i figur 4.53.



*Figur 4.53 Prototyp för konceptlösning för fast- och svängbar. Bilden visar en prototyp som utvärderades under utvärderingen första fas.*

Testerna i den första fasen av utvärderingen verifierade att det nya konceptet var avsevärt mycket enklare att montera än WFI:s befintliga lösning. Med konceptet tog det ungefär en femtedel av tiden att montera en fast arm, vilket berodde på att monteringsstegen var okomplicerade. De flesta monteringsstegen genomfördes med bara en hand. Något som inte var möjligt med tidigare lösning. Dock behövde testpersonerna i viss utsträckning guidning för att förstå exakt hur konceptet placeras.

När testpersonerna höll i komponenten och funderade på hur de skulle sitta uppkom tankar kring hur den skulle monteras optimalt ur hållfasthetsaspekt. En testperson ansåg att konceptets hållfasthet och stabilitet hade ökat om det monterades så att hålet för skruven var överst, motsatt håll mot det som var tanken. En testperson tyckte att skruven som var tänkt att skruvas i från fästets baksida lika gärna kunde monteras framifrån. Samma testperson ansåg att t-profilen, som passades in genom en av pelarens perforeringar innan fästet vreds på plats, kunde vara ungefär lika bred som perforeringarna, för att tydligare skulle signalera att den skulle passa där.

Bland testpersonerna fanns en konsensus där de ansåg att monteringen för det nya konceptet var enklare än den befintliga lösningen och det uppfattades som att monteringen gick avsevärt fortare.

Efter användarutvärderingens första fas så testades, undersöktes och analyserades tankarna och förslagen från det första testet. En ny prototyp konstruerades, testades och utvärderades.

Den nya komponenten var vänd upp och ned jämfört med den tidigare och skruven monterades från komponentens baksida i överkant. Komponenten kunde då göras något lägre och använde en perforering färre än tidigare (se figur 4.54). Den eliminerade också ett glapp som uppstod mellan komponentens t-hake och pelaren vid belastning av den tidigare prototypen, eftersom utböjningen skulle motverkas av att spänna skruven hårdare.



**Figur 4.54 - Jämförelse mellan de olika konceptlösningarna för fast- och svängbar arm.**

*Överst syns den andra versionen av konceptet och underst syns prototypen av den första versionen av konceptet som användes i den första fasen av användarutvärderingen.*



Ändringarna innebar även en estetikförbättring eftersom det gängade hålet för skruven på framsidan av fästet doldes av den fasta armen. Eftersom skruvens hål på framsidan inte längre syntes eliminerades möjligheterna för en montör att försöka montera skruven från fel håll.

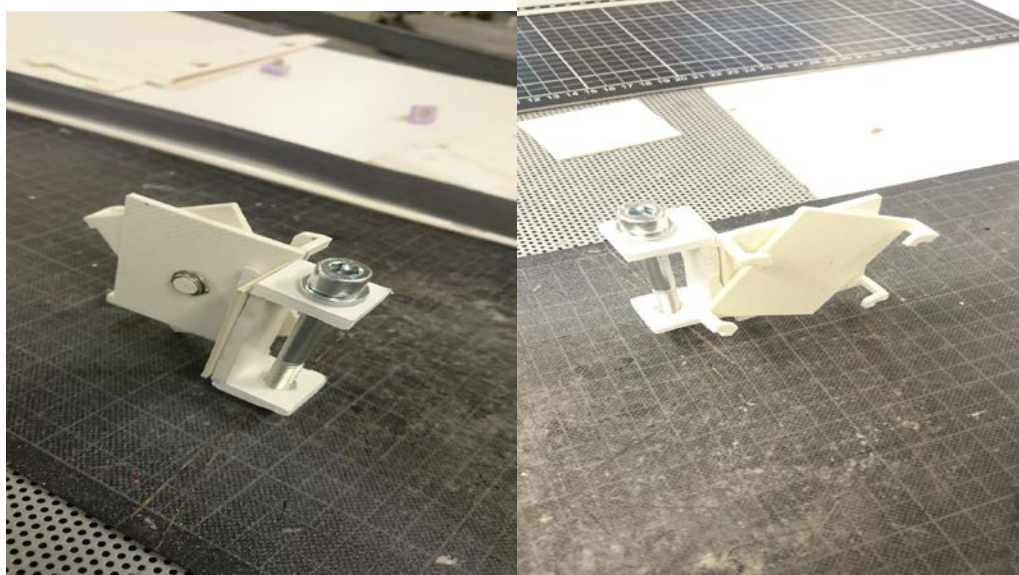
Det gjordes tillägg på både den nya och gamla prototypen för att visa vilket som var upp och ned. Detta gjordes för att efterlikna en funktion som tillkommer för produkter i stål där spår i undersidan av armens C-profil avslöjade vad som var upp respektive ned på komponenten.

Vid den andra omgångens tester monterade alla testpersonerna prototypen på tilltänt sätt och monteringen gick mycket snabbt och smidigt. Eftersom testpersonerna lyckades montera armen utan instruktioner drogs slutsatsen att konceptet uppnådde krav kring att det skulle vara enkelt att förstå hur den skulle fästas. Testpersonernas kommentarer kring montering förstärkte bilden av att konceptet fungerade väl ur användarsynpunkt.

Vid analys av de olika testpersonernas montering av den nya prototypen identifierades inga arbetsmoment som skulle kunna vara kritiska ur fysisk belastningsergonomisk synpunkt.

#### 4.4.2.3 Ledbar arm - koalasax

Testpersonerna ansåg inte att prototypens monteringsgång var särskilt intuitiv. Däremot tyckte de att monteringsstegen för fästet var enkla att utföra när de testade. En person ansåg att prototypens hakar såg tunna och svaga ut (se figur 4.55).



*Figur 4.55 - Prototyp av Koala-Sax. Till vänster syns konceptet framifrån och till höger bakifrån.*

Det var svårt för testpersonerna att utvärdera konceptet i sin helhet eftersom prototypen inte presenterade en fullständig lösning.. Eftersom det inte fanns en färdig lösning koncepten presenterades och diskuterades ett par olika förslag för hur fästet skulle kunna spännas fast fästet mot pelaren. Därefter fick de uttrycka sina tankar

kring hur de trodde att de olika lösningarna skulle påverka upplevelsen av fästet och jämföra det med WFI:s fäste.

Ett av förslagen för att spänna fast fästet mot pelaren var att axeln som plattorna roterade kring skulle vara en skruv som var gängad i den undre plattan. Då skruven drogs åt efter att fästet placerats runt pelaren så skulle skruven pressas mot pelaren, vilket i sin tur skulle trycka fästet bort från pelaren och därmed spänna fästets hakar mot insidan av pelaren.

Det var en lösning som flera testpersoner ansåg skulle göra lösningen enklare att montera än dagens fäste. De tyckte att det var positivt att endast ett verktyg behövde användas för att montera fästet samt gillade att inga lösa komponenter behövde tas isär för att montera fast det. Däremot uttrycktes tveksamheter gällande förslagets hållfasthet och stabilitet då det bara spändes med en skruv. Det poängterades att fästets skruv dessutom kunde komma att skada pelaren då änden av skruven skulle tryckas mot pelaren då fästet spändes åt.

Ett ytterligare förslag på en funktion för att spänna fast pelaren var att förslaget spändes fast med två skruvar, en ovanför och en nedanför axeln som plattorna roterade kring, skruvarna gängades i den undre plattan och spändes mot pelaren likt det första förslaget.

De två skruvarna och den ändrade placeringen av dem var tänkt att erbjuda fästet ytterligare stabilitet och hållfasthet. Däremot så komplicerades monteringen av fästet avsevärt jämfört med endast en skruv.

De två skruvarna innebar fler lösa komponenter än WFI:s fäste. Något som uppfattades negativt av testpersonerna. Däremot uppskattade testpersonerna fortfarande att det endast krävdes ett verktyg för montering av fästet. Med den nya ändringen fanns fortfarande risken att pelaren skadades vid montering, något som testpersonerna uppfattade som negativt.

### **4.4.3 Konsultation med WFI**

Under en konsultation med Henrik Johansson och Filip Bruveris från WFI diskuterades koncepten tillsammans med resultaten från konceptutvärderingen och de olika nya idéer och dellösningar som uppkom där. De olika koncepten och de alternativa dellösningarnas för- och nackdelar diskuterades ihop med WFI. Detta vägdes in i valen kring de olika slutkonceptens utformning.

#### **4.4.3.1 Hyllor**

Konceptet som presenterades för konsolerna med de olika alternativen att ha spår eller separata öppningar för hakarna så ansåg WFI att separata hål var att föredra. De ansåg att det skulle ge hyllplanet bättre hållfasthet och göra det tydligare hur pluggen skulle användas för att låsa ihop hyllplanet med konsolen i olika lägen. Med denna utformning vore intsruktionspilar överflödigt. WFI verifierade att de delar av konceptet som var gjorda i plåt skulle vara tillverkningsbara i deras maskiner, och att de själva ville titta närmare på detaljutformning och tillverkning eller inköp av pluggar.

#### **4.4.3.2 Fäste för fast- och svängbar arm**

Fästet för fast- och svängbar arm visades upp i de två utformningar togs fram i de två faserna under användarutvärderingen. Trots att WFI ansåg att den första varianten från användartesterna var mer intuitiv att montera eftersom den vreds neråt, tyckte de mer om den andra varianten eftersom den kunde göras mindre och eftersom dess konstruktion ansågs stabilare. Dessutom så dolde den valda lösningen skruvens ände på framsidan av fästet. WFI verifierade att konceptet skulle vara tillverkningsbart i deras maskiner.

#### **4.4.3.3 Sidofäste för ledbar arm**

Eftersom den mekaniska lösningen för hur fästet skulle spännas fast på pelaren inte var färdigutvecklad och eftersom resultaten från användarutvärderingen av konceptet visade att förbättringspotentialen jämfört med WFI:s fäste inte var särskilt stor ansåg WFI att det inte fanns ett tillräckligt högt värde för dem att vidareutveckla konceptet. Tiden och resurserna som skulle krävas för att färdigutveckla konceptet stod enligt dem inte i relation till den realistiska förbättringspotentialen. För att ta fram en fungerande lösning för att på ett enkelt och bra sätt spänna fästet mot pelaren hade ytterligare en iteration krävts inom arbetsområdet. På grund av projektets tidsram och antalet iterationer som genomförts så beslutades tillsammans med examinator att ingen ytterligare utveckling av konceptet skulle ske.

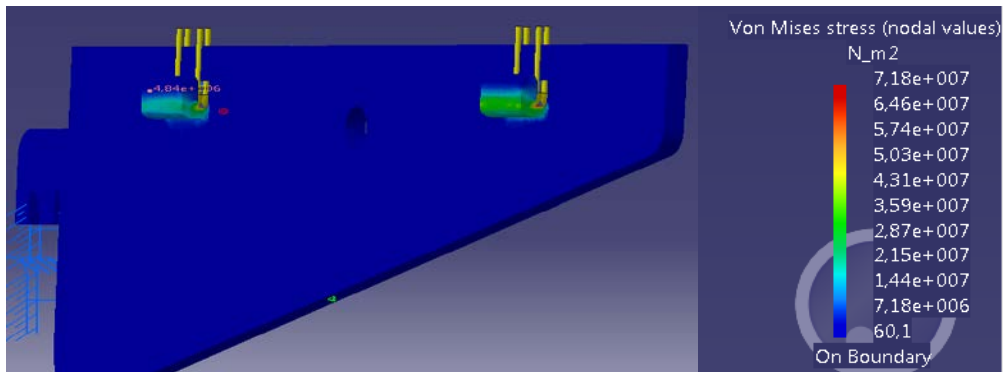
#### **4.4.4 FE-analys**

Avslutningsvis genomfördes en FE-analys på de olika koncepten som tagits fram för att säkerställa att deras konstruktion höll för den, enligt WFI, rekommenderade maximala belastningen. Efter inrådan av Filip Bruveris, produktutvecklingsansvarig på WFI användes ett stål med en sträckgräns på 355 MPa för testerna.

##### **4.4.4.1 Hyllor**

Den rekommenderade maxbelastningen för WFI:s hyllplan var 50 kg. För att säkerställa att konsolernas hakar skulle klara av belastningen estimerades ett lastfall där varje hake på en konsol belastades med en kraft på 500 N rakt ovanifrån. Det innebar att den totala belastningen på alla fyra hakar på ett monterat hyllplan skulle vara 2000 N. Analysen räknade alltså med en fyrfaldig säkerhetsfaktor mot den rekommenderade maxbelastningen.

De maximala uppmätta spänningskoncentrationerna i konsolen uppmättes till 71 MPa (se figur 4.56) alltså mycket lägre än materialets sträckgräns. Den maximala materialförskjutningen som uppmättes vid lastfallet var 0,013 mm elastisk förskjutning.

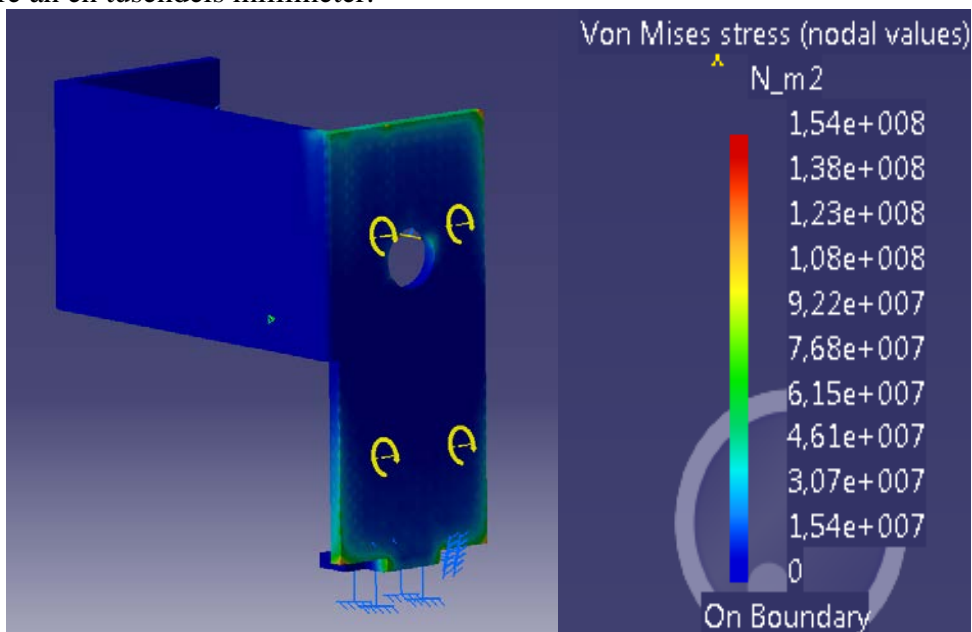


**Figur 4.56 - FE-analys för konsol.** Figuren visar spänningskoncentrationer i konsol vid lastfall. Skalan (t.h.) visar hur höga spänningar de olika färgerna svarar mot.

#### 4.4.4.2 Fast- & Svängbar arm

Maxbelastningen på WFI:s svängbara arm var 15 kg. För att räkna med en säkerhetsfaktor estimerades lastfallet för fästet därför som ett moment på 400 Nm som verkade på fästets framsida. Det motsvarade ungefär en att en vikt på 40 kg hängdes längst ut på en en meter lång arm som fäste på fästets framsida.

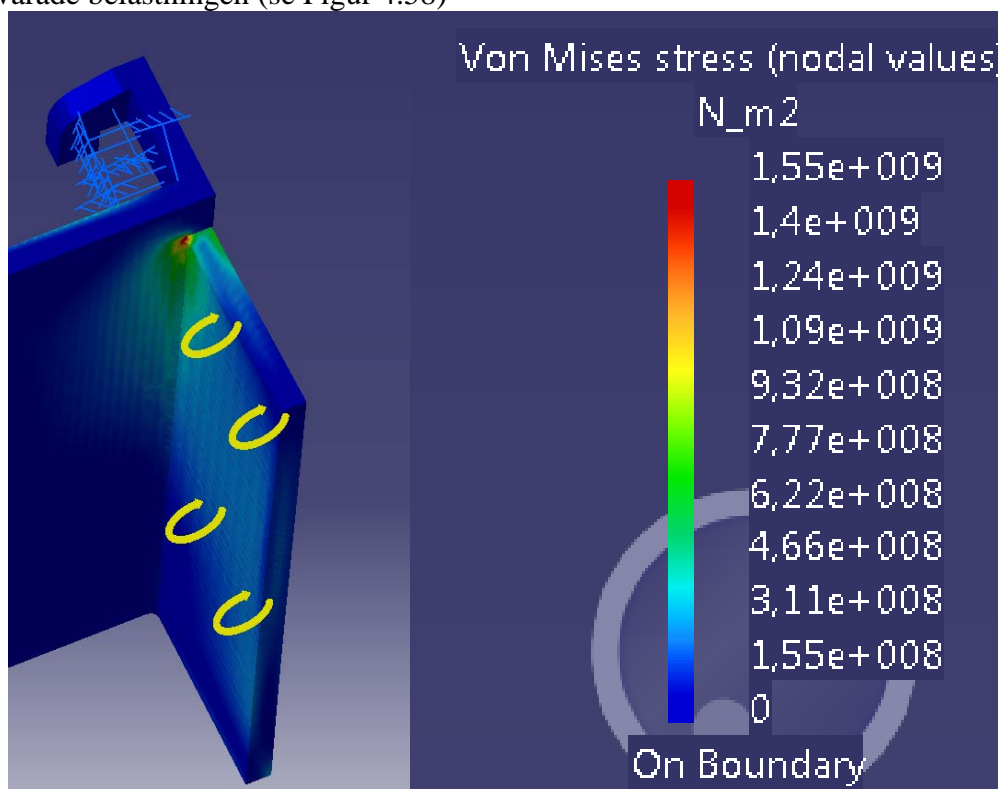
Vid den belastningen på nästan tre gånger den rekommenderade maxbelastningen visade FE-analysen att det uppstod spänningskoncentrationer i fästet som nådde 154 MPa alltså en bra bit under materialets sträckgräns (Se figur 4.57). Analysen visade också att lastfallet orsakade en maximal elastisk materialförskjutning i fästet på mindre än en tusendels millimeter.



**Figur 4.57 - FE-analys på fäste för fast- och svängbar arm.** Bilden t.v visar spänningskoncentrationer på komponent vid lastfall. Skalan t.h vilken spänning som svarar mot vilken färg i figuren.

#### 4.4.4.3 Ledbar arm

Trots att WFI ansåg att konceptet hade låg förbättringspotential så genomfördes en FE-analys för en av de föreslagna lösningarna för att spänna fästet mot pelaren. För att utvärdera konstruktionen så användes ett lastfall som motsvarade WFI:s maxbelastning av den ledbara armen, vilket var 15kg längst ut på en 700mm lång arm. Därför belastades den delen av fästet där armen skulle fäste med ett moment som motsvarade belastningen (se Figur 4.58)



**Figur 4.58 - FE-analys för ledbar arm.** Figuren visar spänningskoncentrationerna som uppstod i konceptförslaget för fästet för ledbar arm. Skalan t.h. Visar spänningskoncentrationerna som färgerna korresponderar mot.

Vad som framkom vid FE-analysen var att spänningskoncentrationerna som uppkom vid lastfallet var högre än materialets sträckgräns. Analysen visade att det vid lastfallet uppstod en deformation på ungefär 0,4mm. De största spänningskoncentrationerna uppstod vid kanten i övergången till plattan där den ledbara armen skulle fästas.

Även här hade ytterligare iteration behövt genomföras för att ta fram en konstruktion som håller för belastningen vid den tänka användningen.

## 4.5 Slutgiltiga koncept

Från resultaten och slutsatserna från de olika utvärderingsmetoderna och konsultationen med WFI skapades renderade CAD-modeller för de olika koncepten med renderingsprogrammet Autodesk Showcase. För för hyllan och fästet för fast- och svängbar arm, skapades även måttatta ritningar som visade de olika konceptens komponenter i olika vyer.

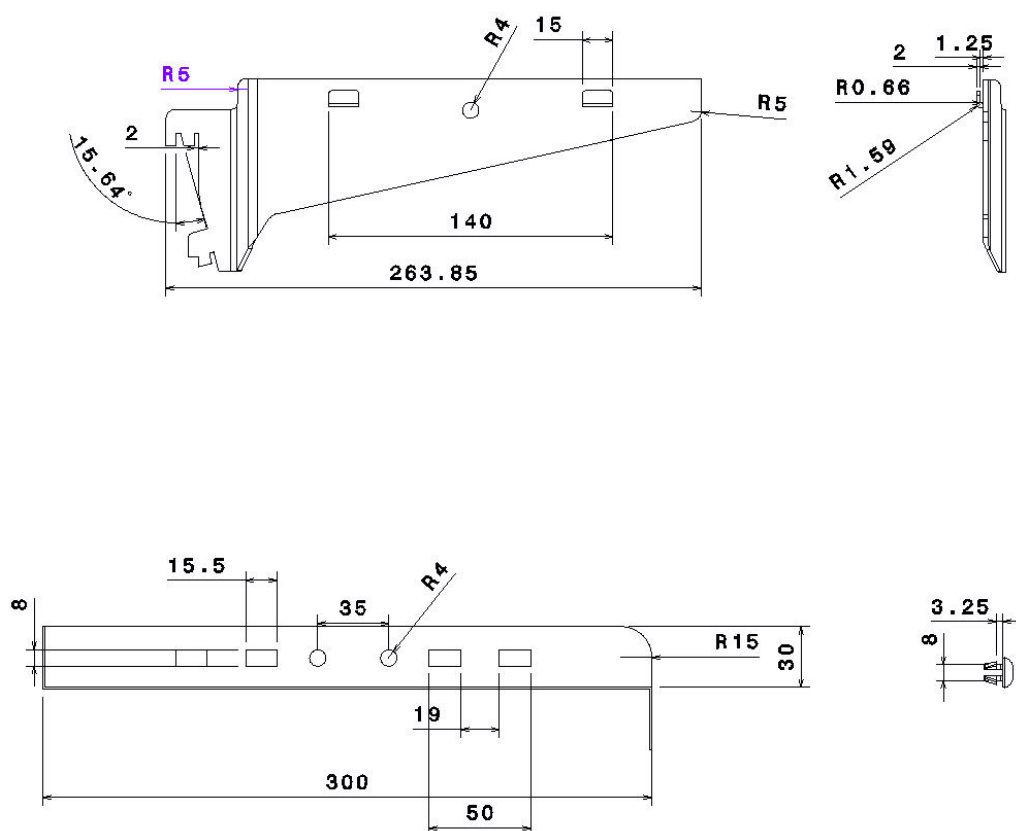
För konceptet för fästet för den ledbara armen avslutades utvecklingsarbetet efter konsultationen med WFI då de ansåg att konceptet inte visade tillräckligt stor förbättringspotential. Konceptet presenteras som CAD-modell renderad i olika vinklar. Detta illustrerar den tänkta monteringen för konceptförslaget som presenterades för WFI under den avslutande konsultationen. Inga ritningar togs fram för konceptet

#### 4.5.1 Hyllor

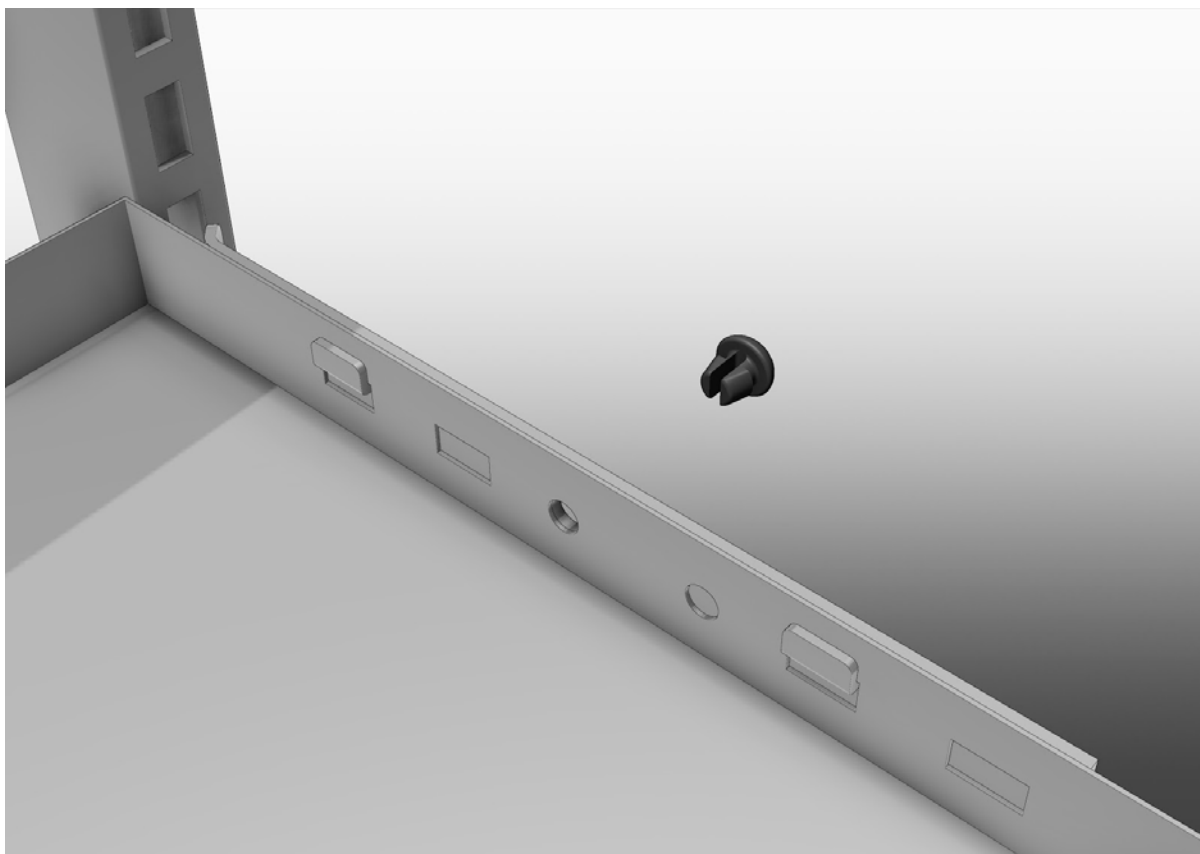
Efter konceptutvärderingen så genomfördes ett par mindre ändringar på konceptet. Bland annat så ändrades spårerna för konsolens hakar på hyllplanen till separata hål för att göra de två olika ställbara lägena tydligare.

Pluggen som användes för att låsa ihop konsolen med hyllplanet önskade företaget själva ta fram. Av den anledningen är gummipluggen som ses i renderingarna och ritningen ett förslag som tagits fram, främst, för att illustrera monteringen i renderingarna.

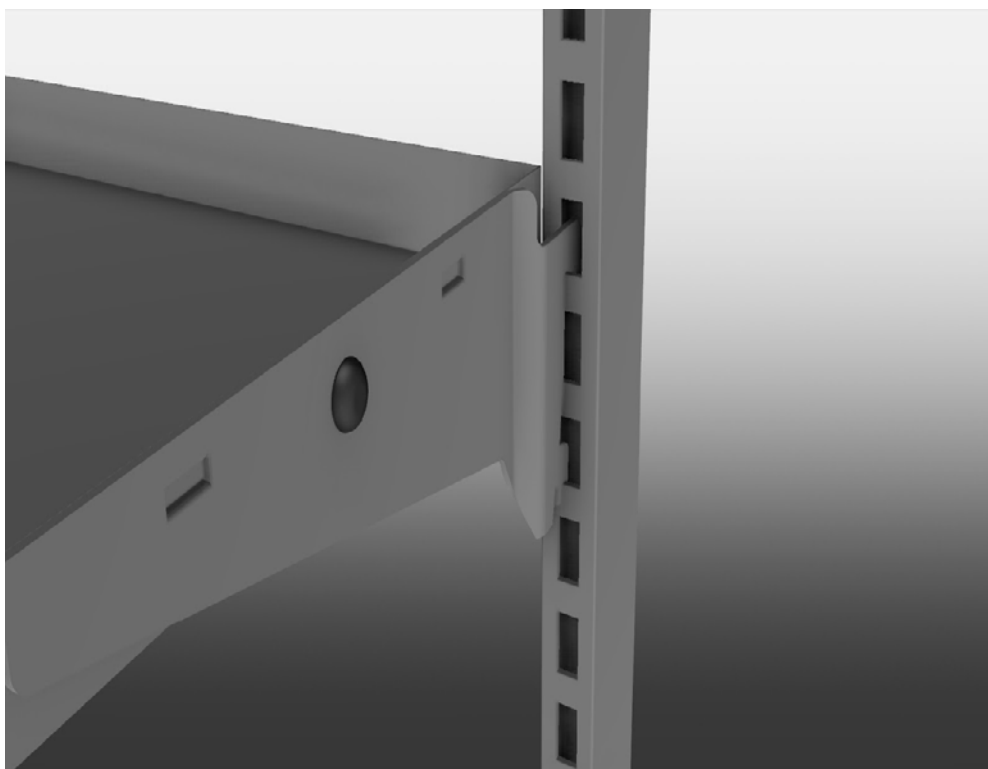
Det slutgiltiga konceptet för konsoler och hyllplan presenterades i form av Renderade vyer av CAD-modeller och måttsatta ritningar.



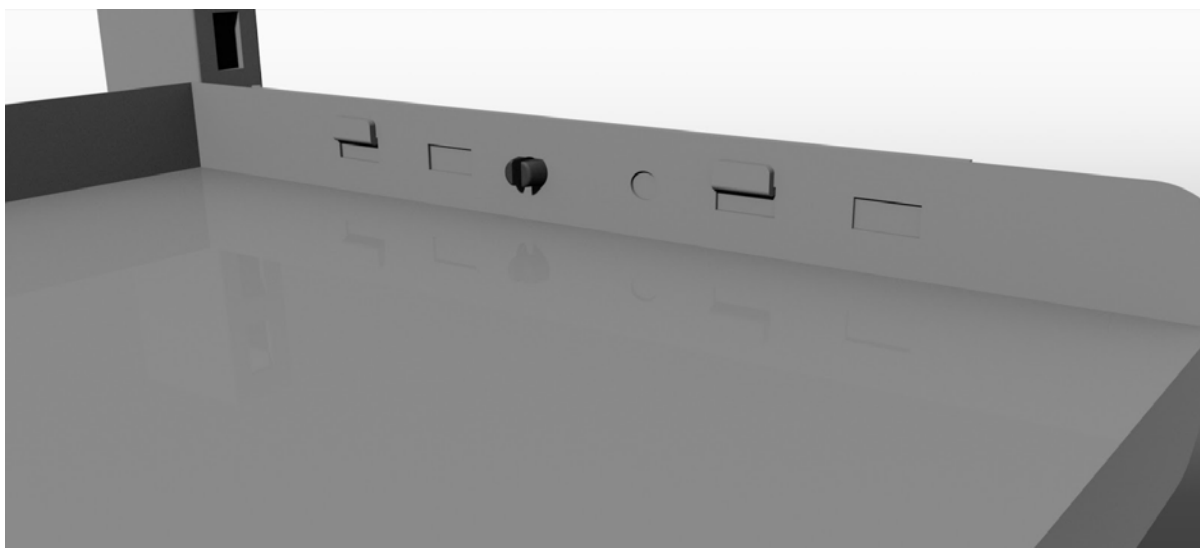
**Figur 4.59 - Ritning över konsolens och hyllplanets geometri.** Figuren visar en måttsatt ritning för en konsol i två vinklar, ett hyllplan och plugg.



**Figur 4.60 - Rendering av hyllor vid montering.** Figuren visar en konsol, ett hyllplan och en plugg under montering.



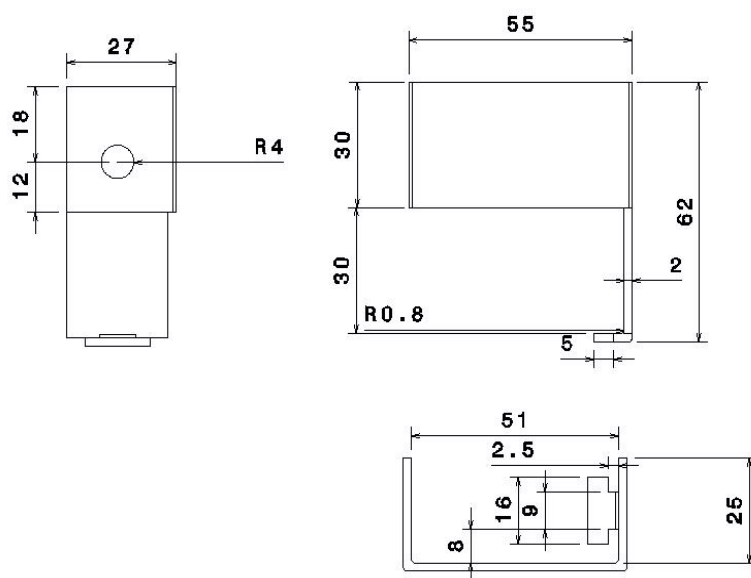
**Figur 4.61 - Rendering av monterad hylla 1.** Figuren visar en konsol monterad på en pelare och i ett hyllplan. Konsol och hyllplan är fästa i varandra med en plugg.



**Figur 4.62 - Rendering av monterad hylla 2. Monterad konsol och hyllplan med fokus på hur konsolen och hyllplanet fäster på hyllplanets insida.**

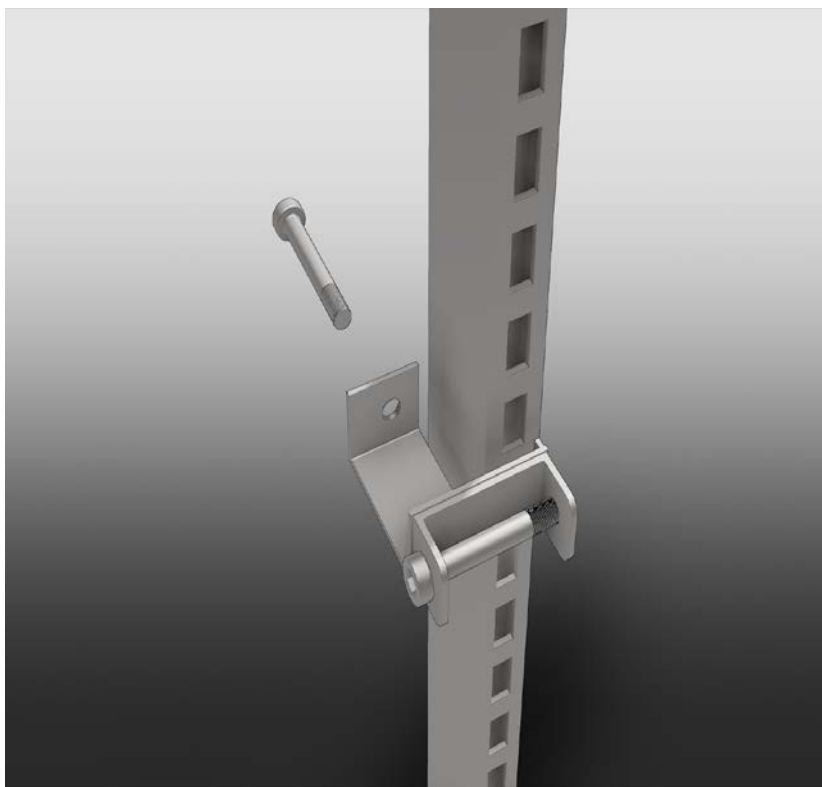
#### 4.5.2 Fäste för fast- och svängbar arm

Det slutgiltiga konceptet för fästet för fast- och svängbar arm togs fram under konceptutvärderingsfasen. Därefter användes dess CAD-modell för att ta fram måttsatta ritningar och renderade bilder som illustrerar konceptets montering.

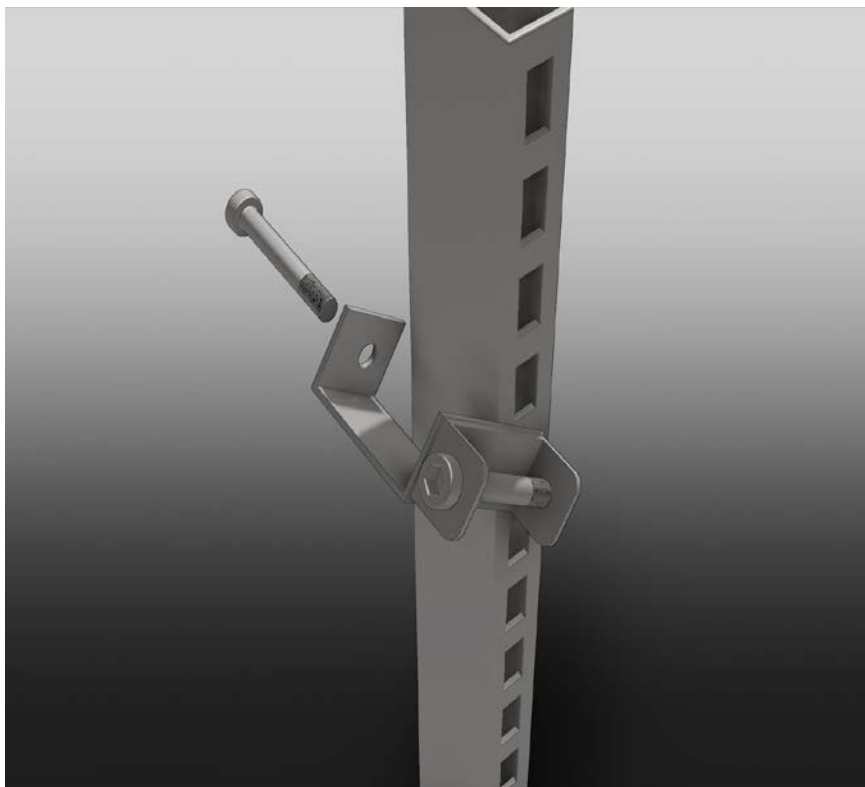


**Figur 4.63 - Ritning för det slutgiltiga konceptet för fästet för fast- och svängbar arm. Figuren visar ett måttsatt fäste ur tre vinklar.**





**Figur 4.64 - Rendering av fäste för svängbar arm vid montering.** Figuren visar ett fäste för en svängbar arm som ska monteras i en perforerad pelare och fixeras med hjälp av en skruv.



**Figur 4.65 - Rendering av fäste för svängbar arm vid montering 2.** Figuren visar konceptet när det vrids uppåt för att låsas fast mekaniskt runt pelaren.

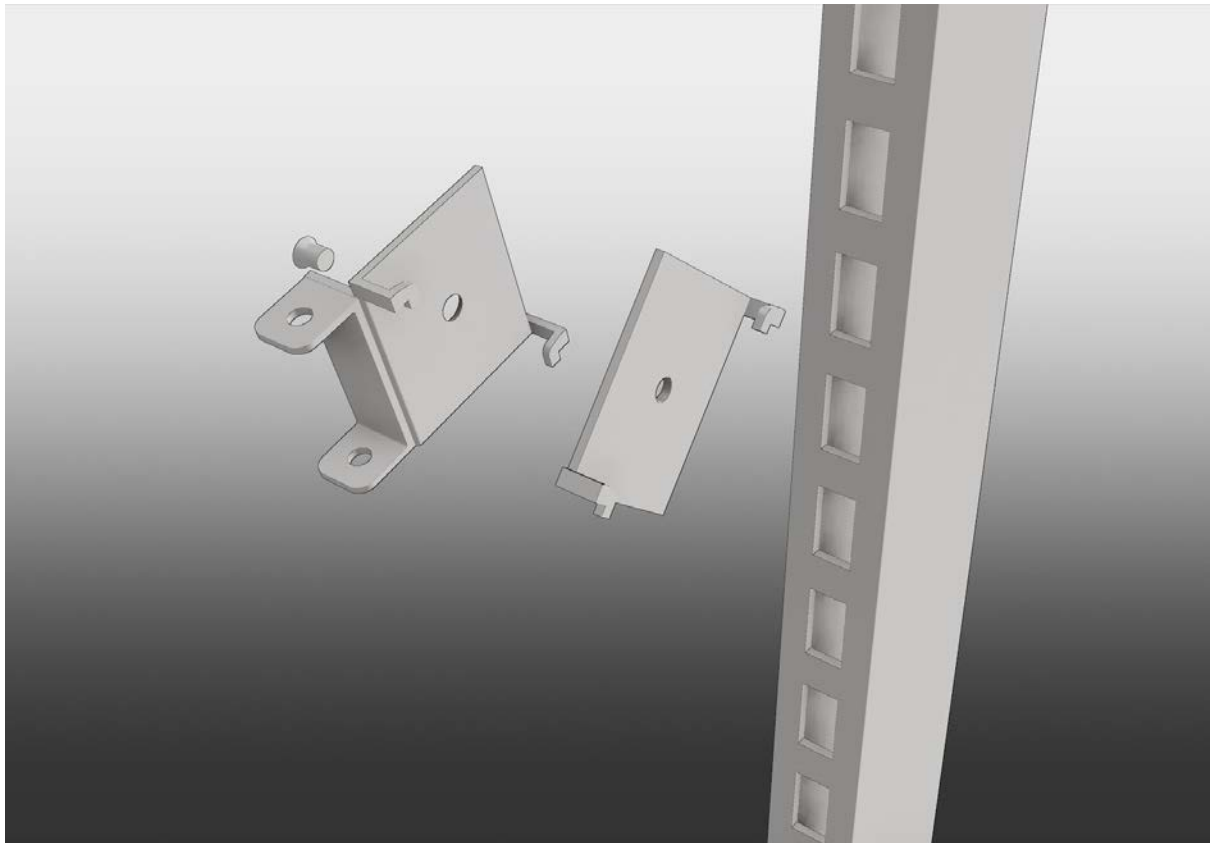


*Figur 4.66 - Rendering av fäste för svängbar arm fastmonterat på pelare. Figuren visar konceptet då det är fäst på pelaren och fixerat med en skruv.*

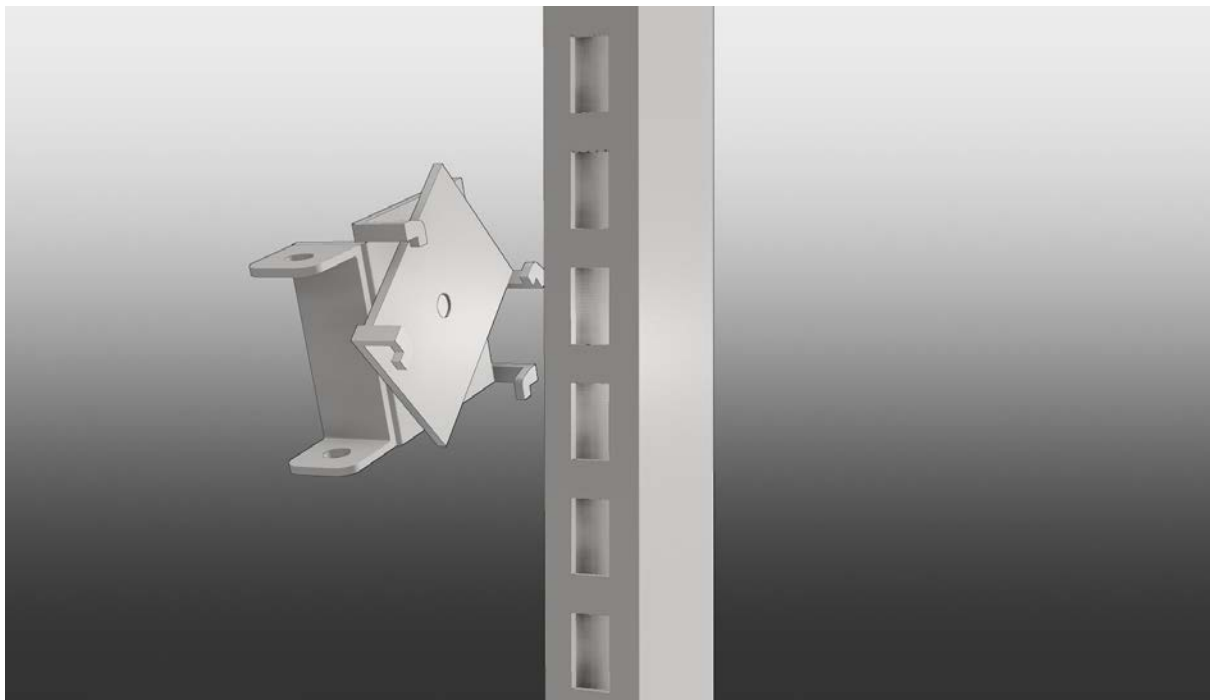
### **4.5.3 Sidofäste för Ledbar arm**

Slutligen presenteras konceptet för ledbar arm genom ett antal renderingar som illustrerar de olika komponenter som konceptet bestod av och den monteringsgång de var tänkta att ha då utvecklingen avslutades.

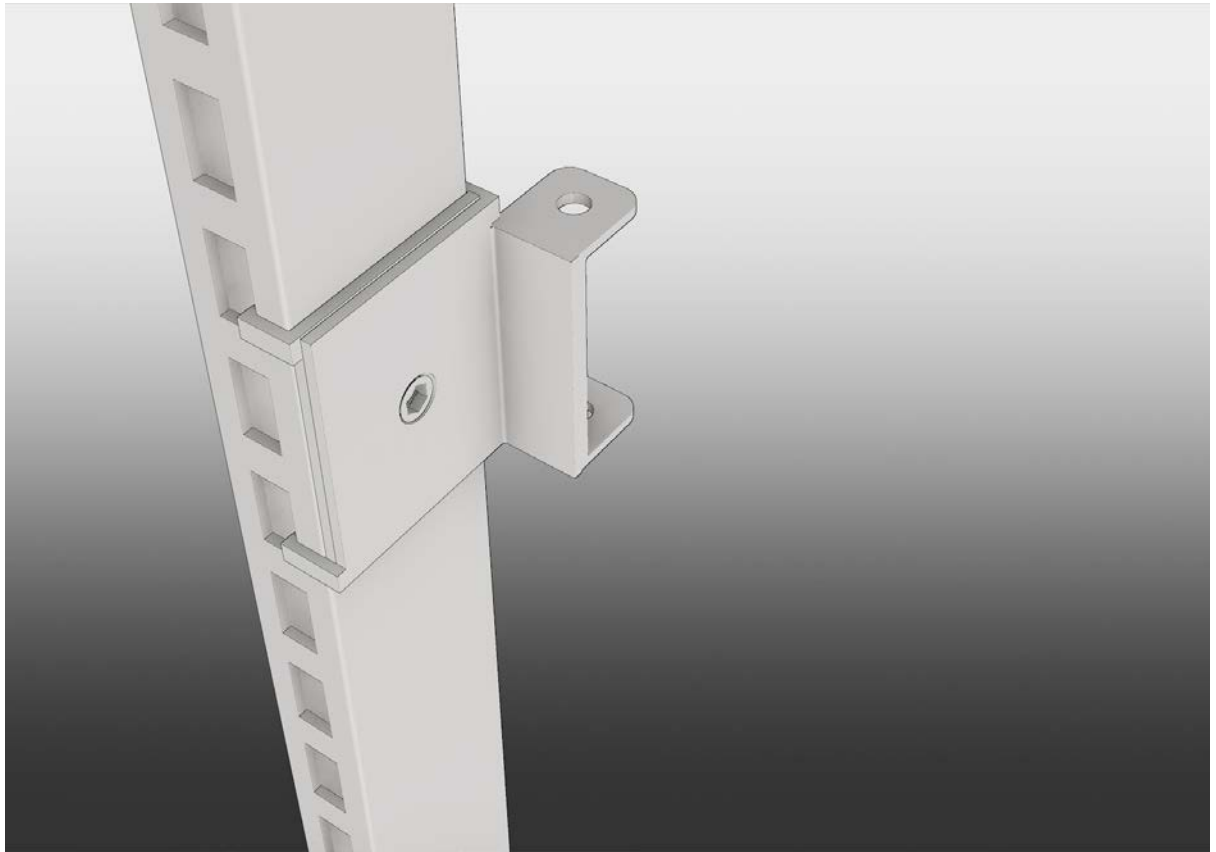
På grund av att konceptet inte färdigställdes ansågs inte måttsatta ritningar som konstruktionsunderlag lämpligt att presentera.



**Figur 4.67 -** *Rendering av komponenter som utgör koncept för sidofäste för ledbar arm. Figuren visar en skruv, en platta med gångjärnsfäste och hakar och en platta med hakar i den ordning som de sitter ihop.*



**Figur 4.68 -** *Rendering av sidofäste vid montering. Figuren visar konceptet då det ska föras på pelaren.*



***Figur 4.69 - Rendering av sidofäste för ledbar arm monterat på perforerad pelare.  
Figuren visar konceptet då det monterats på pelaren.***

## 5 Rekommendationer för fortsatt arbete

För hyllorna fanns rekommendationer kring att välja en plugg som både var enkel att sätta i och ta ur. Detta skulle öka chansen till att hyllorna justerades efter behov vid användning och skulle vara fördelaktigt vid demontering.

För utformning av fäste för fast- och svängbar arm fanns rekommendationer kring att utforska möjligheten att använda en skruv med ett sådant huvud att det var möjligt att dra åt för hand. Detta skulle eliminera krav på verktyg vid montering av fästena. Förutom detta vore det intressant att idégenerera kring andra användningsområden för fästet för att se om fästprincipen kan implementeras för fler produkter.

För sidofästet fanns rekommendationer kring att utforska möjligheter att använda fästet för att fästa andra tillbehör och komponenter än den ledbara armen. Exempelvis skulle det kanske vara möjligt att svetsa fast saker på fästets yttreplatta som annars fästs i pelaren med skruvförband. Detta skulle vara möjligt om det fanns produkter som inte gav upphov till- och var känsliga för glapp i samma utsträckning som de ledbara armarna.

## 6 Diskussion

Det finns en mycket tydlig koppling mellan projektets uppsatta mål och resultatet som föll ut. En viktig del av målet var att göra monteringen enklare och snabbare. Arbetet för att uppnå det började dock inte med att målvärden sattes upp för hur snabbt eller hur enkelt det skulle gå att montera. Det handlade istället om att identifiera steg för steg vad som är svårt idag, och varför. När idégenereringen sedan satte igång fanns redan mycket tankar om montering med enklare och färre steg och koncepten som kom ut av processen gick snabbare och enklare att montera. Det är dock intressant att fundera på om projektet hade kunnat få högre effekt om projektgruppen fokuserat på de produkter som visade sig vara mest problematiska när de undersöktes. Exempelvis visade det sig i förstudien att det befintliga sidofästet för den ledbara armen var relativt enkelt att montera, men projektgruppen arbetade ändå mycket med att hitta en alternativ lösning.

En avgränsning gällde att inte arbeta med hur komponenter var packeterade och upppackningen av komponenterna skiljdes från monteringen. Detta gjordes för att projektet skulle kunna gå in djupt på montering. Det är dock möjligt att det finns potential i att förenkla hantering från packeterad till monterad produkt och därmed förkorta tiden från packeterad till monterad produkt, varför det hade varit intressant att genomföra ett projekt som fokuserar på packetering.

En annan avgränsning var att använda sig av befintliga pelare som fanns på arbetsbänken för att fästa komponenter. Det är möjligt att det hade gått att utforma koncept för alternativa fästianordningar än perforerade pelare för vilka det hade funnits högre potential att utveckla fästen som vore enkla att hantera. Det gjordes en bedömning att det fanns tillräckligt stor potential i att arbeta med befintlig pelare, varför arbetet fokuserade på fästen till denna. Avgränsningen med att använda WFI:s befintliga lösning för pelare gjorde också att nya komponenter blev bakåtkompatibla, vilket betyder att användare kan montera nya komponenter på gamla bänkar. Det hade varit ohållbart ur både ett ekonomiskt och ekologiskt perspektiv att byta ut gamla bänkar för att kunna använda nya komponenter. Om det hade varit ospecificerat vad WFI:s komponenter skulle fästa på hade projektets arbete delats in i kategorierna hyllor, fasta- svängbara och ledbara armar eftersom kategorierna byggde på hur de fästena såg ut för befintliga lösningar.

Innan projektet påbörjades genomfördes monteringen av ett hyllplan i 23 steg och bestod av 15 delar. Med slutkonceptet krävdes 12 steg, där de mest tidskrävande stegen var eliminerade, och monteringssetsen var i 6 delar. Resultatet visar på en nytt sätt att montera hyllor som kan anses som mycket användbart.

För att montera ett fäste för en fast arm gick monteringen från åtta steg, där ett steg ansågs vara mycket svårt för en tilltänkt användare, till sju enkla steg. Detta gjorde att monteringstiden kapades till en fjärdedel i användartester. De enkla monteringsstegen i kombination med hur lång tid det tog visar att den nya konceptet kan anses som mycket användbart.

För den svängbara armen gick monteringen från att innefattas av tio steg, varav ett svårt och ett mycket svårt, till sju enkla steg. Detta förde med sig en ännu större

procentuell kapning än för de fasta armarna. De enkla monteringsstegen och de korta tiderna att montera visar att det nya konceptet kan anses som mycket användbar.

Ytterligare en positiv sak, som är positiv ur flera aspekter är att fästena för fasta- och svängbara armar ser likadana ut. Det gör att användare behöver hålla reda på färre fästprinciper och att WFI behöver tillverka färre olika fästen, vilket är logistiskt fördelaktigt.

Det befintliga fästet för ledbar arm monteras i åtta enkla steg och i resultatet och analysen av projektet visar att projektgruppen inte lyckades att nå fram till ett koncept som uppfyllde uppsatta krav kring att vara enkel att tillverka. En anledning till att utvecklingsarbetet avstannade var att det inte fanns tillräckligt mycket att vinna i användbarhet. Detta resultat bekräftar att befintlig lösning fungerar väl eftersom det är svårt att utveckla något som är bättre i alla avseenden som kravspecifikationen tar i akt.

Resultaten innebär att WFI i en nära framtiden kommer att ha möjlighet att fästa sina moduler med tre olika fästen som är mycket användbara med avseende på montering. Den smidiga monteringen kan på flera sätt bidra till social hållbarhet. Dels kommer montörer utsättas för färre slitsamma arbetsmoment. En förhoppning är även att den smidigare monteringen kommer att medföra att användare i större utsträckning justerar komponenternas placering efter behov när de utför arbete vid bänken. Detta skulle kunna förbättra arbetsmoment som utförs vid bänken som påverkas av konsolers placering.

Komponenter som är smidiga att montera ihop och isär skulle göra det lättare för en användare att hantera produkter och separera material vid återvinning av produkt.

## Referenser

Granta Material Intelligence. (den 26 05 2016). Hämtat från Granta Design:  
<https://www.grantadesign.com/products/ecoaudit/>

H. Johannesson, J.-G. P. (2013). Produktutveckling - Effektiva metoder för konstruktion och design. i J.-G. P. H. Johannesson, Produktutveckling - Effektiva metoder för konstruktion och design. Liber AB.

Jordan, P. W. (1998). An Introduction to Usability. London: Taylor & Francis Ltd. .

Manufacturing Guide. (den 01 06 2016). Hämtat från  
<https://www.manufacturingguide.com/sv/flytborrning>

Mats Bohgard, S. K.-Å.-L. (2011). Arbete och Teknik på Människans villkor.

Stena Recycling. (den 10 05 2016). Hämtat från  
<http://www.stenarecycling.se/atervinning-av-alla-avfallsslag/materialatervinning/jarn-och-metall/>

## Bildreferenser

WFI (u,å). Svängbar arm [Elektronisk bild]. Hämtad från WFI:  
[http://www.wfiab.se/sv/WFI/INREDNING/ARBETSBORD/Tillbehor\\_Arbetsbord/Sv angbar\\_Arm\\_700?id=3-316-3](http://www.wfiab.se/sv/WFI/INREDNING/ARBETSBORD/Tillbehor_Arbetsbord/Sv%20angbar_Arm_700?id=3-316-3) den 15 05 2016

Manufacturing Guide (u,å). Flytborrning, illustration [Elektronisk bild]. Hämtad från Manufacturing Guide:  
<https://www.manufacturingguide.com/sites/default/files/illustrations/1099.png> den 25 05 2016.



## **Bilaga 1: Testformulär från användarundersökning**

Namn på komponent:

Namn på testperson:

Monteringsvana:

Bild på komponent:

Nödvändiga monteringsverktyg:

Antal beståndsdelar:

Kognitiv genomgång:

Problem vid montering:

Bilder på kritiska arbetsmoment:

Behov av hjälp:

Monteringstid:

Resultat av fysisk belastningsergonomisk utvärdering:

Övrigt:

# Bilaga 2: Formulär för REBA-analys

## REBA Employee Assessment Worksheet

Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

### A. Neck, Trunk and Leg Analysis

**Step 1: Locate Neck Position**

Step 1a: Adjust...  
If neck is twisted: +1  
If neck is side bending: +1

**Neck Score**

**Step 2: Locate Trunk Position**

Step 2a: Adjust...  
If trunk is twisted: +1  
If trunk is side bending: +1

**Trunk Score**

**Step 3: Legs**

Adjust: 30-60° Add +1, >60° Add +2

**Leg Score**

**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

**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 or 3 = low risk, change may be needed  
4 to 7 = medium risk, further investigation, change soon  
8 to 10 = high risk, investigate and implement change  
11+ = very high risk, implement change

### SCORES

**Table A**

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

**Table B**

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

**Table C**

Score A (score from table A + load/force score)	Score B (table B value + coupling score)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
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	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	11	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	11	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

**Table C Score**  + **Activity Score**  = **Final REBA Score**

### B. Arm and Wrist Analysis

**Step 7: Locate Upper Arm Position:**

Step 7a: Adjust...  
If shoulder is raised: +1  
If upper arm is abducted: +1  
If arm is supported or person is leaning: -1

**Upper Arm Score**

**Step 8: Locate Lower Arm Position:**

**Lower Arm Score**

**Step 9: Locate Wrist Position:**

Step 9a: Adjust...  
If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

**Wrist Score**

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

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

**Posture Score B**

**Step 11: Add Coupling Score**

Well fitting Handle and mid range 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

**Coupling Score**

**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.

**Score B**

**Step 13: Activity Score**

+1 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

Task name: \_\_\_\_\_ Reviewer: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

This tool is provided without warranty. The author has provided this tool as a simple means for applying the concepts provided in REBA.

© 2004 NIOSH Consulting, Inc.


provided by Practical Ergonomics

rbarker@ergosmart.com (816) 444-1667

Figur - Formulär för REBA-analys

# Bilaga 3: Sammanställning av WFI:s olika produkter

Tabell Sammanställning av WFI:s olika produkter

Förslag	Produkt	Pris (inkl. moms)	Bild	Funktion/ste	Tillverkning	Färdprincip	Krävs vaktlag för montering?	Vikt	Maxbelastning	Hävd/lekstäng
WFI	Konst 80 hyllplan - 3-320-3 - 3-327-3			Fixera hyllplan	Laserklipp, släta, bockad x2, måla	Trå hål - för olika monteringshöjder	Ja - Seckartencykel 8 mm, hylencykel	3,5 - 7 kg	35 - 100 kg	Nedåt på hyllan
WFI	Bultad fixed support arm för o-el - 3-320-3			Fixera arm	Laserklipp, bockad, sveits, boras, måla	Bultar genom pelare, glänsar i komponentens gods	Ja - Seckartencykel 8 mm, hylencykel	1,5 - 2 kg/arm		Nedåt på armen
WFI	Hakar wire basket - 3-293-3			Fixera stång	Trådd stång 18, bockad och sveits	Trå hål	Nej	1 kg	20 kg	Nedåt i borgen
WFI	Plata för ledbar arm			Fixera ledbar arm, med 90 vrt	Laserklipp, bockad x2, sveits, boras, måla	slutbultad, kläms från stån runt pelare	Ja - seckartencykel 8 mm och hylencykel	1,5 kg/arm	15 kg	Nedåt på armen
WFI	Plata för svängbar arm - 3-317-3			Fixera svängbar arm	Laserklipp, bockad x 4, sveits och gläns	Bult genom pelare, med mutter	Ja - seckartencykel 8mm och hylencykel	2-2,5 kg	10 kg	Nedåt
WFI	Bultade pepparskåpshållare - 3-320-3			Fixera pepparskåp	Laserklipp, bockad x 2	Bult genom pelare med mutter	Ja - seckartencykel 8mm och hylencykel	2 kg	5 kg	Nedåt
WFI	Plata för energipanel			Fixera energipanel	Laserklipp och bockad 3 ggr	Klänad med skruv från sidan	Nej	2 kg		Nedåt
WFI	Pelarehållare För Perfomed Pelare			Fixera pelarehållare	Laserklipp och bockad, sveitsad	Bult genom pelare	Ja - seckartencykel 8mm och hylencykel	3 kg		Nedåt
WFI	Pepparskåp För perfomed Pelare			Fixera pepparskåp	Sluten och bockad och sveitsad	Bult genom pelare	Ja	3 kg		Nedåt
WFI	Hylla för baskin/ köksvagn			Fixera hylla	Sluten, bockad, sveitsad, målad	Hakar	Nej	8 kg	50 kg	Nedåt

# Bilaga 4: Spreadsheet över jämförelse mellan WFI:s och konkurrenters produkter

Företag	Produkt	Pris (inkl. moms)	Funktion/fäste	Tillverkning	Fästerprincip	Krivs verktyg för montering?	Vikt	Maxbelastning	Huvudbelastning
WFI	Korsol för hyllplan - 3-320-3 - 3-327-3		Flera hyllplan	Laserkärs, bockas, bockas x2, målas	Två hakar - för olika monteringsvinklar	Ja - Sextanttrycket 8 mm, hylltrycket	3,5 - 7 kg	35 - 100 kg	Nej på hyllan
WFI	Buttel fast arm för c-rail - 3-303-3		Flera arm	Laserkärs, bockas, sveetas, borras, målas	Två bultar	Ja - Sextanttrycket	1,5 - 2 kg/arm		Nej på armen
WFI	Hakar wire baskett - 3-293-3		Flera korg	Trädet säters till, bockas och sveetas	Två hakar	Nej	1 kg	20 kg	Nej på korgen
WFI	Fäste för ledbar arm		Flera ledbar arm, medge vrt	Laserkärs, bockas x5, sveetas, borras, målas	Skruvförband och kläms från sidan	Ja - sextanttrycket 8 mm och hylltrycket	1,5 kg/arm	15 kg	Nej på armen
WFI	Ledbar arm		Flera ledbar arm, medge vrt	Laserkärs, bockas x5, sveetas, borras, målas	Skruvförband	Ja - sextanttrycket 8 mm och hylltrycket	1,5 kg/arm	15 kg	Nej på armen
WFI	Ledbar arm-fäste 3-409-3		Flera arm-fäste	Laserkärs, bockas x4, sveetas, borras, målas	Skruvförband	Ja - sextanttrycket 8 mm och hylltrycket	2-2,5 kg	10 kg	Nej
WFI	Fäste för svängbar arm - 3-317-3		Flera svängbar arm	Laserkärs, bockad x 4, sveetas, glänsande	2 x skruvförband	Ja - sextanttrycket 8mm och hylltrycket	2 kg	5 kg	Nej
WFI	Butt-fäste pappersutskyllare - 3-332-3		Flera pappersutskyllare	Laserkärs, bockad x 2	2 x skruvförband	Ja - sextanttrycket 8mm och hylltrycket	2 kg	5 kg	Nej
WFI	Fäste för energipanel		Flera energipanel	Laserkärs och bockad 3 ggr	Klämd med skruv från sidan	Nej	2 kg		Nej
WFI	Pärmöbblare För Perforerad Pelare		Flera pärmöbblare	Laserkärs och bockad, sveetas	Klämd med skruv	Ja - sextanttrycket 8mm och hylltrycket	3 kg		Nej
WFI	Pappersstorg För perforerad Pelare		Flera pappersstorg	Ståren och bockad och sveetas	Klämd med skruv	Ja	3 kg		Nej
WFI	Hylla för bokskåp/kabinett		Flera hylla	Ståren, bockad, sveetas, målad	Hakar	Nej	8 kg	50 kg	Nej
QBP	Korsol för hyllplan	435 kr exkl. moms (par)	Flera hylla	Laserkärs, bockad, bockad, målad	Hakar	Nej	3,4 kg	50 kg	Nej
Einzel - Lantbullen.se - utgå	Korsol för hyllplan		Flera hylla	Ev. fastsvetsad stäng i nedkant, blått stäng i	Hakar och piggar och skruv	Ja, skruvmejsel	1,5 kg	5 kg	Nej
JE Design AB	Korsol för hyllplan	95 kr (par)	Flera hylla	Ståren, bockad x 3, bockad x 2, sveetas	Hakar i sterna uppåt sidor nedåt	Nej	-	-	Nej
JE Design AB	Korsol för hyllplan	30 kr (par)	Flera hylla	Ståren, bockad x2, borras x3	Dubbla hakar	Nej	-	-	Nej
Bilena	Korsol för hyllplan	47 kr	Flera hylla	Förmsprutad gulen plast, ståren och bockad mj	Skruv	Ja, skruvmejsel	-	-	Nej
House Doctor	Korsol för hyllplan	130 kr (par)	Flera hylla	Bockad och blått	Skruv	Ja, skruvmejsel	-	-	Nej
Nords	Korsol för hyllplan - Stellan	64 kr (par)	Flera hylla	Ståren, bockad, bockad, sveetas och grått	Skruv	Nej	-	-	Nej
Byggmax	Korsol för hyllplan - Korsol metall	36 kr (par)	Flera hylla	Ståren, pressad, bockad	Hakar, sidor	Nej	0,15 kg (inkl. hyllan)	-	Nej
QBP	Ledbar arm	399 kr	Flera arm, medge visst vrid	Laserkärs, bockas x5, sveetas, borras, målas	Hakar och skruvförband	Sextanttrycket och hylltrycket	2,2 kg	15 kg	/ horisontalplanet och neråt
Spia	Ledbar arm	482 kr + 255 kr	Flera arm, medge visst vrid	Stånsat, bockad, sveetat, borras målat	2 x bult genom pelare	Sextanttrycket och hylltrycket	15 kg	15 kg	Nej, i horisontalplanet
Sovella	Ledbar arm	234 USD	Flera arm, medge vrid	Stånsat, bockad x 6, sveetat, målat	Hakar och skruvförband	Sextanttrycket och hylltrycket	2,4 kg	30 kg	Nej och vrid
AJ Produkter	Ledbar arm	1250 kr (med tangenbordshylla)	Flera arm, medge vrid	Stånsat, bockad, sveetat	2 x bult genom pelare	Sextanttrycket och hylltrycket			Nej och vrid
Bump AB	Ledbar arm (E80)	1050 kr	Flera arm, medge visst vrid	Stånsat, bockad x 6, sveetat, målat	Hakar och skruvförband	Sextanttrycket och hylltrycket		15 kg	Nej, i horisontalplanet
Spia	Svängbar arm	2325 kr	Flera arm, medge förflyttning	Flera arm, medge visst vrid	Skruvas med två bultar, (kan fästas i boret)	Sextanttrycket och hylltrycket		8 kg	Ner, upp, horisontalplanet
GIGANT	Svängbar arm	-	Flera arm, medge vrid	Stånsat, bockad, sveetat, målat	Hakar och skruvförband	Sextanttrycket och hylltrycket		10 kg	Nej och vrid
All American Benches by IAC	Svängbar arm - Front Panel Display Swing Ar	220-274 USD	Flera arm, medge visst vrid	Stånsat, bockad, sveetat	2 x bult genom pelare	Nej		34 kg	Nej och vrid
AJ Produkter	Stårmöbblare	750 kr	Flera arm, medge vrid	Stånsat, rör glänsande i gulst	2 x bult genom pelare	Sextanttrycket och hylltrycket			Nej och vrid
BONDI Pro	Stårmöbblare - Monitor arm	157 USD	Flera arm, medge visst vrid	Stånsat, bockad, sveetat, borras, målat	Nådd, kläms med en skruv från sidan	Nej			Nej och vrid
Pro Line	Stårmöbblare - Monitor arm	-	Flera arm, medge visst vrid	Stånsat, bockad, sveetat	2 x bult genom pelare	Sextanttrycket och hylltrycket	10 LB3 shipping	20 kg	Nej och vrid
QBP	Energipanel horisontal 640 mm	2100 kr	Flera energipanel	Stånsat, fäst i luftlag	Framgår ej, horisontell mellan pelare?	Framgår ej	1,5 kg	-	Nej, uppåt, framåt, bakåt
Runebands	Energipanel vertikal	1052 kr	Flera energipanel	bockad x 3, stånsat, borras	Hakar och 2 x skruvförband i över- och under	Sextanttrycket och hylltrycket	-	-	Nej, uppåt, framåt, bakåt
Jarsson	Vertikal energipanel	-	Flera energipanel	bockad x 3, stånsat, borras	Hakar och 2 x skruvförband i mitten	Sextanttrycket och hylltrycket	-	-	Nej, uppåt, framåt, bakåt
AJ Produkter	Grenuttag inklusive vertikalt fäste	581 kr	Flera energipanel	Stånsat och borras metallspåra	2 x Bult genom pelare	Sextanttrycket och hylltrycket	-	-	Nej, uppåt, framåt, bakåt
Brennenstuhl	Grenuttag med 4 strömuttag och USB-HUB	425 kr	Flera energipanel	-	Framgår ej, tryckon?	Framgår ej	-	-	Nej, uppåt, framåt, bakåt
-	-	-	Flera energipanel	Stånsat och borras	2 x bult i bordskiva	Framgår ej, skruvdragare?	-	-	Nej, uppåt, framåt, bakåt
Spina	Grenuttagöbblare	609	Flera grenuttag	bockad och borras	2x skruv i bordskiva	skruvdragare	-	-	Nej, uppåt, framåt, bakåt
Delta	Grenuttag AC 230 V	-	Flera grenuttag	bocka och borras	6 skruvförband	Skruv och mutter	-	-	Nej, uppåt, framåt, bakåt

## Bilaga 5: Funktionsanalyser

Tabell 1 Funktionsanalys för hyllplan med konsoler

Hyllplan med konsoler				
Del	Verb	substantiv	Kommentar	HF, SF, DF, OF
Hyllplan	Erbjuder	Avlastningsyta		HF
Hyllkant	Erbjuder	Glidskydd		SF
Konsol	Fixerar	Hyllplan	I 0° eller 15° vinkel	SF
Skruvbeslag	Fixerar	Hyllplan		SF
Hål	Möjliggör	Beslag		SF
Skruvbeslag	Stör	Utseendet		OF
Hakar	Fixerar	Konsol		SF
Hakar	Täcker	Perforeringar	3 x (1/2)	OF
Färg	Skyddar	Plåten		DF

Tabell 2 Funktionsanalys för fast arm för C-profil

Fast arm för C-profil				
Subjekt	Verb	Substantiv	Kommentar	HF, SF, DF, OF
C-profil	Håller	Krok		HF
Armarna	innehar	C-profil		SF
C-profil	Fixerar	Hållare	För C-profil tvär	SF
Armarna	Har	Svetsfog		OF
Skrubar	Fixerar	Fast arm	plattan	SF
Plattan	Täcker	Perforeringar		OF
Plattans gängor	underlättar	montering	Färre komponenter	DF
Fästkomponenterna	Visar	Skruvhuvuden	Från montering	OF
Fästkomponenterna	Upptar	Belastning	I flera olika riktningar	SF
Färgen	Skyddar	Komponent	Mot rost	DF

Tabell 3 Funktionsanalys för svängbar arm

Svängbar arm				
Del	Verb	substantiv	Kommentar	HF, SF, DF, OF
Ögla	medger	upphängning		HF
Armen	Håller	ögla		SF
Profilsåret	medger	förflyttning	Av ögla i spåret	HF
Gånggärn	medger	vrid		HF
Platta	håller	gånggärn		SF
Platta	täcker	perforering	4 st	OF
Skruvförband	Håller	platta		SF
Skruvförband	kräver	verktyg	Insex + fast nyckel, vid montering	OF
Färg	motverkar	rost		OF

Tabell 4 Funktionsanalys för ledbar arm och fäste

Ledbar arm och fäste				
Del	Verb	Substantiv	Kommentar	HF, SF, DF, OF
Armen	Förflyttar	Fästpunkt	Med armlängd en	HF
Inre gångjärnet	Medger	Vridning		DF
Inre gångjärnet	Medger	Glapp		OF
Skruvbeslag	Fixerar	Armen	I Fästet	SF
Yttre gångjärnet	medger	Vridning		HF
Yttre gångjärnet	möjliggör	Påhängning	Av tillbehör	HF
Färg	skyddar	plåten		DF
Fästet	klämmer	pelaren		SF
Skruvbeslag	Fixerar	fästet		SF
Fästhakar	Fixerar	Fästet		SF
Fästhakar	Täcker	perforering	4 x 0,5	OF



## Bilaga 6: Kravspecifikationer

Tabell 2 Kravspecifikation för konsoler och hyllplan

Konsoler & hyllplan				
Verb	Substantiv	Kommentar	Mängd	Skall/Bör
Erbjuda	Avlastningsyta	Samma hyllstorlekar som idag		S
Tåla	belastning	Samma max. Belastning som idag	50 kg	S
Förhindra	fall	För pärmar och prylar		B
Erbjuda	Flexibilitet	Ställa i olika vinklar	0° eller 15°	B
Tåla	Vibrationer	Från stag	Truckkrock	B
Använda	Perforeringar		Minska	B
Eliminera	Skruvhuvuden	Som syns	Från 4 st	B
Minimera	Verktyg	Anv samma som övrig montering(sexkantsnyckel, skiftnyckel, kniv)	Minska från 3	S
Minimera	Komponenter	Skruvbeslag	Från 12	B
Underlätta	Monteringsgång	Minska steg	Från 8	S
Minimera	Processteg	Vid tillverkning		B
Försvåra	Felmontering			S
Vara	Prisvärd	Högre värde? Billigare		B
Vara	Eko-prisvärd	Lägre EVR än idag		B

Tabell 2 Kravspecifikation för fast arm med C-profilskena

Kravspecifikation: Fast arm med C-profilskena				
Verb	Substantiv	Kommentar	Mängd	Skall/Bör
Hålla	C-profil	Och tillbehör	Vrid 15 kg x 75 cm	S
Fixera	Hållare	Längs med spår	Rimligt mkt	B
Tåla	Vibrationer	Från stag	Truckkrock	B
Använd	perforeringar	Minimera	max 2 hela	S
Skydda	metallen	Lika mycket som färgen		B
Minska	monteringstid	Halvera	max 6 min	S
Förenkla	montering	Eliminera a) och b) steg		B
Förebygga	“spjutmontering”	Se Monteringstest		B
Minska	monteringssteg	Från dagens 16 steg		S
Eliminera	Skruvar	Som syns		B
Eliminera	Verktyg	Vid montering, Insexnyckel	0	B
Minimera	Komponenter	Brickor	Från 6	B
Minimera	Processteg	Vid tillverkning		B
Försvåra	Felmontering			S
Vara	Prisvärd	Billigare än nuvarande?	340x2+300	S
Vara	Eko-prisvärd	EVR än idag		S

Tabell 3 Kravspecifikation för svängbar arm

Svängbar arm				
Verb	Substantiv	Kommentar	Mängd	Skall/Bör
Hålla	Fäste	Med last	15 kg	S
Tillåta	Vridning	Av arm	Minst 180 grader	S
Tåla	Vibrationer	Från stag	Truckkrock	B
Använd	perforeringar	Minimera	max 2 hela	B
Dölj	Skruvar	Synliga skruvhuvuen		B
Skydda	metallen	Lika mycket som färgen		B
Minska	monteringstid	till		S
Förenkla	montering	Eliminera a) och b) steg		B
Flytta	last	Som hänger i fäste		B
Minska	monteringssteg			S
Eliminera	Skruvar	Som syns		B
Eliminera	Verktyg	Vid montering, Insexnyckel	0	B
Minimera	Komponenter	Brickor	Från 6	B
Minimera	Processteg	Vid tillverkning		B
Försvåra	Felmontering			S
Vara	Prisvärd	Billigare än nuvarande?		S
Vara	Eko-prisvärd	EVR än idag		S

Tabell 4 Kravspecifikation för ledbar arm

Ledbar arm					
no.	Verb	Substantiv	Kommentar	Mängd	Skall/bör
1	Tillåta	vridning	Gångjärnet	minst 180 grader	S
2	Tåla	Belastning	På fästet	25 kg neråt	S
3	Tåla	Vibrationer	På fästet	Påkörning av truck	S
4	Förenkla	Montering	På pelare	Färre steg/kortare tid	S
5	Minimera	Verktyg	Vid montering	Från 2 st	B
6	Försvåra	Fel	Vid montering och användning		B
7	Minimera	beståndsdelar	Antal lösa delar		B
8	Använda	Perforering	Färre än nuvarande	4 i höjd och halv bredd	B
9	Minimera	Glapp	Mot pelare	Mindre än idag	B
10	Minska	Miljöpåverkan	Vid tillverkning/material	Mindre än idag	B
11	Minska	vikt			B
12	Vara	Prisvärd	Billigare än nuvarande/öka värdet		B
13	Minimera	beståndsdelar	Antal delar totalt	Färre än idag	B
14	Vara	Eko-prisvärd			B