

CHALMERS



Konsol för insteg till lastbilshytt Bracket for entry to truck cab

Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom Maskiningenjörsprogrammet

FREDRIK ALBERTSSON
FIRAS MALIH

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik
Avdelningen för Avancerad oförstörande provning
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sweden, 2011
Examinator: Gert Persson
Examensarbete No. 52/2011

FÖRORD

Detta examensarbete är en avslutning på vår högskoleingenjörsutbildning inom maskiningenjör med konstruktionsinriktning vid Chalmers tekniska högskola (180 hp). Examensarbete omfattar 15 högskolepoäng.

Examensarbete har utförts vid konsultföretaget Epsilon hos deras utvecklingsavdelning i Göteborg och det är ett projekt inom konstruktion och tekniskt utveckling.

Vi vill tacka vår uppdragsgivare Epsilon, och framför allt vår handledare Daniel Ordéus för ett bra samarbete. Även de övriga i gruppen hytt ska ha ett tack för deras hjälp, speciellt tack går till Christopher Hellman som hjälpte oss med CADen i Catia V5. Vi passar också på att tacka vår handledare Gert Persson från Chalmers som har gett oss många goda råd.

SAMMANFATTNING

Konsolen till insteget till lastbilshytten på Volvos lastvagnar önskas väga mindre. Varje viktminskning gör att bränsleförbrukning minskar eller att andra viktigare komponenter kan tillåtas väga mer. Rapporten behandlar vidareutveckling av ett befintligt koncept med målet att reducera vikten utan att hållfastheten försämrass.

Arbetet är utfört hos konsultföretaget Epsilon Utvecklingscentrum Väst AB i Göteborg på uppdrag åt Volvo Lastvagnar.

Avgränsningarna var att materialet skulle vara detsamma som i det befintliga konceptet (stål) och att inga omkringliggande komponenter skulle påverkas.

Det finns redan ett framtaget koncept som har legat till grund för vår vidareutveckling. Det befintliga konceptet undersöktes och det gjordes även en analys av konkurrenternas lösningar.

Tre olika koncept på tänkta lösningar har tagits fram. Enligt en tidigare beräkningsrapport¹ drogs slutsatsen att en del av mittkonsolen kunde avlägsnas utan stora negativa konsekvenser, detta har gjorts på alla koncept.

Det befintliga konceptet väger ca 6,14 kg. De tre olika koncepten väger mellan 4,53 och 4,80 kg vilket ger en viktreducering mellan 20 och 25 % jämfört med det befintliga konceptet.

Eftersom beräkningar av konceptens mekaniska egenskaper saknas är det svårt att dra en valid slutsats. Det rekommenderas att utvecklingsarbetet fortsätter och att beräkningarna utförs så att koncepten kan valideras och vidareutvecklas för att i framtiden kunna användas i produktion.

¹ Static strength, dynamic stiffness and fatigue life assessment of two instep configuration.

ABSTRACT

The Console to the instep to the truck cab of the Volvo truck is desired to weigh less. Any weight loss means that fuel consumption is reduced and that other major components may be permitted to weigh more. The report deals with the further development of the existing concept with the objective to reduce weight without strength deterioration.

The work is performed by consulting firm Epsilon Utvecklingscentrum Väst AB in Gothenburg, Sweden, on assignment from Volvo Trucks.

Delimitation was that the material would be the same as in the existing concept (steel) and that no other surrounding components would be affected.

There is already a developed concept that has been the basis for our further development. Firstly the existing concept was examined and also analyses of competitors' solutions were made.

Three different concepts of the proposed solutions have been developed. According to a previous estimate report it was concluded that part of the center console could be removed without serious negative consequences, and this has been done on all concepts.

The existing concept weighs about 6.14 kg. The three different concepts weights between 4.53 and 4.80 kg, which gives a weight reduction of 20 to 25% compared to the existing concept.

Because of the lack of calculations of the concepts' mechanical properties it is difficult to draw a valid conclusion. It is recommended that development work is continued and that the calculations is performed so that concepts can be validated and developed further so that they could be used for production in future

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING.....	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och mål.....	1
1.3 Avgränsningar	1
1.4 Precisering av frågeställningen	1
2. METOD.....	2
2.1 Undersökning av befintlig konstruktion.....	2
2.2 Konkurrentanalys	2
2.3 Konceptframtagning.....	2
2.4 Utveckling av koncept.....	3
2.5 Utvärdering.....	3
3. UNDERSÖKNING AV BEFINTLIGT KONCEPT	4
3.1 Undre vänstra	5
3.2 Övre vänstra	6
3.3 Bakre mittkonsolen	7
3.5 Mittkonsolen.....	8
3.6 Övre högra.....	9
3.7 Undre högra.....	10
4. KONKURRENTANALYS	11
4.1 Iveco	11
4.2 Mercedes	12
4.3 Scania	13
4.4 MAN.....	14
4.5 Kommentar.....	15
5. KONCEPTFRAMTAGNING	16
5.1 Uppdelning i delfunktioner	16
5.2 Delfunktionsmatris	18
5.3 Brainstorming.....	19
5.4 Konceptförslag	19
5.5 Konceptutvärdering.....	19
6. UTVECKLING AV KONCEPT	21
6.1 Koncept 1	23
6.2 Koncept 2	25
6.3 Koncept 3	27
7. BERÄKNINGAR.....	29

8. UTVÄRDERING	30
8.1 Jämförelse.....	30
8.2 Slutsats	30
8.3 Rekommendation	31
REFERENSER.....	32
BILAGOR	

1. INLEDNING

Uppgiften gick ut på att förbättra en befintlig konstruktion, nämligen konsoler för att hålla insteget till Volvolastbilens hytt, med fokus på viktreducering av nämnd detalj utan att hållfastheten försämrats. Detta ska åstadkommas genom en förändring av detaljernas geometri.

1.1 Bakgrund

Epsilon är ett av Sveriges ledande konsultföretag inom teknik- och systemutveckling med 1200 anställda runt om i landet med fokus på kunderna i Skandinavien. En av de största kunderna är Volvo lastvagnar.

Ett av områdena som Epsilon arbetar inom är hytt, och examensarbetet är skrivet inom detta område. Arbetet har som mål att viktreducera konsolen för insteget till Volvos lastbil utan att hållfastheten försämrats. Det finns redan ett befintligt koncept som kommer att ligga som grund för vidareutveckling.

Även om vikten på konsolen är en liten del av den totala vikten på lastbilen så är varje viktminskning viktig. Vikten avgör hur mycket fordonet kan lasta och dess ekonomi och miljöbelastning. Hög vikt ger hög bränsleförbrukning, vilket ger hög belastning på miljö och ekonomi.

1.2 Syfte och mål

Syftet med examensarbete är att utveckla och viktreducera konsolerna som håller insteget till hytten utan att hållfastheten försämrats. Målet med denna studie är att kartlägga vilka möjligheter som finns för att reducera vikten på konsolerna och utveckla ett antal koncept som senare kan vidareutvecklas till detaljer som kan tillverkas till framtida lastbilsmodeller.

1.3 Avgränsningar

Materialet till konsolerna ska vara samma som i dagsläget. Detta för att det skulle bli för omfattande och komplicerat att byta material. Insteget i sig får inte ändras, och inte heller andra omgivande komponenter. Det är alltså endast konstruktionen på konsolen som får ändras.

1.4 Precisering av frågeställningen

Vi kommer att besvara följande frågor:

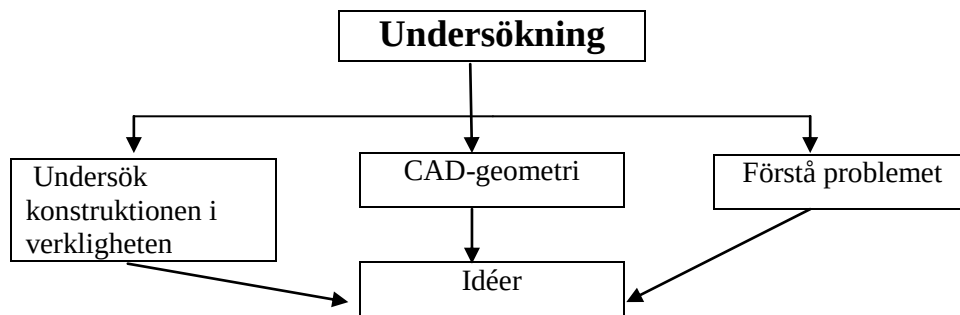
- Hur kan konstruktionen förbättras?
- Går det att ändra på konstruktionen så att den blir lättare utan att hållfastheten försämrats?
- Var uppkommer de största spänningarna, böjmomenten och vridmomenten i konstruktionen?

2. METOD

I detta kapitel redovisas vilka metoder som har använts under arbetets gång. En grov tidsplan (Gantt schema) gjordes också för projektet.

2.1 Undersökning av befintlig konstruktion

Först undersöktes det befintliga konceptet för att få en uppfattning om hur den såg ut och fungerade. För att kunna förbättra den så krävs kunskap om dess konstruktion. Detta erhöles genom att undersöka CAD-geometrin. Arbetsgången ses i figur 1.



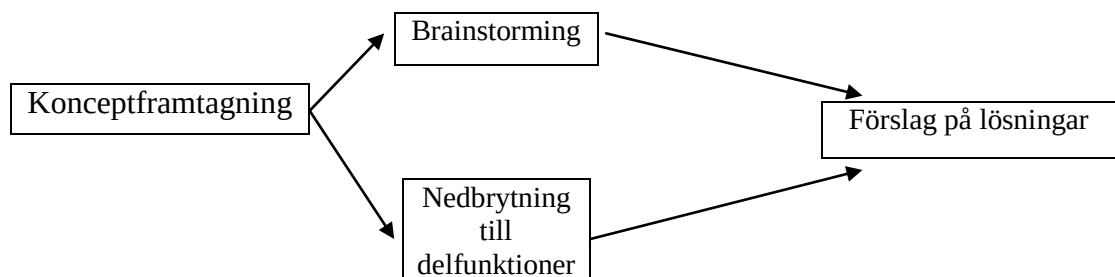
Figur 1: undersökning av befintlig konstruktion

2.2 Konkurrentanalys

För att få idéer till lösningar så undersöktes konkurrenternas konstruktioner genom besök på deras verkstäder. Detta ger en bra inblick i hur konkurrenterna har konstruerat insteget.

2.3 Konceptframtagning

Genom brainstorming och nedbrytning till, och kombinationer av, delfunktioner skapades ett stort antal förslag till koncept. Arbetsgången ses i figur 2.



Figur 2: Arbetsgång för konceptframtagning

2.4 Analys av konceptförslag

Efter att tillräckligt många bra konceptförslag hade erhållits så utvärderades dem. Detta gjordes först med en kravmatris som innehöll krav som vi tillsammans med Epsilon hade kommit fram till. De konceptförslag som klarade alla krav gick vidare till en bedömningsmatris med viktade önskemål. Genom att uppskatta om konceptet uppfyller delkraven, och hur bra den uppfyller önskemålen, med betyg så erhöll koncepten var sitt totalbetyg.

2.5 Utveckling av koncept

De valda koncepten utvecklades sedan vidare till mer fullständiga konstruktioner genom att göra mer detaljerade förslag. De ritades upp i CAD och det togs fram beräkningar på vikt.

2.6 Utvärdering

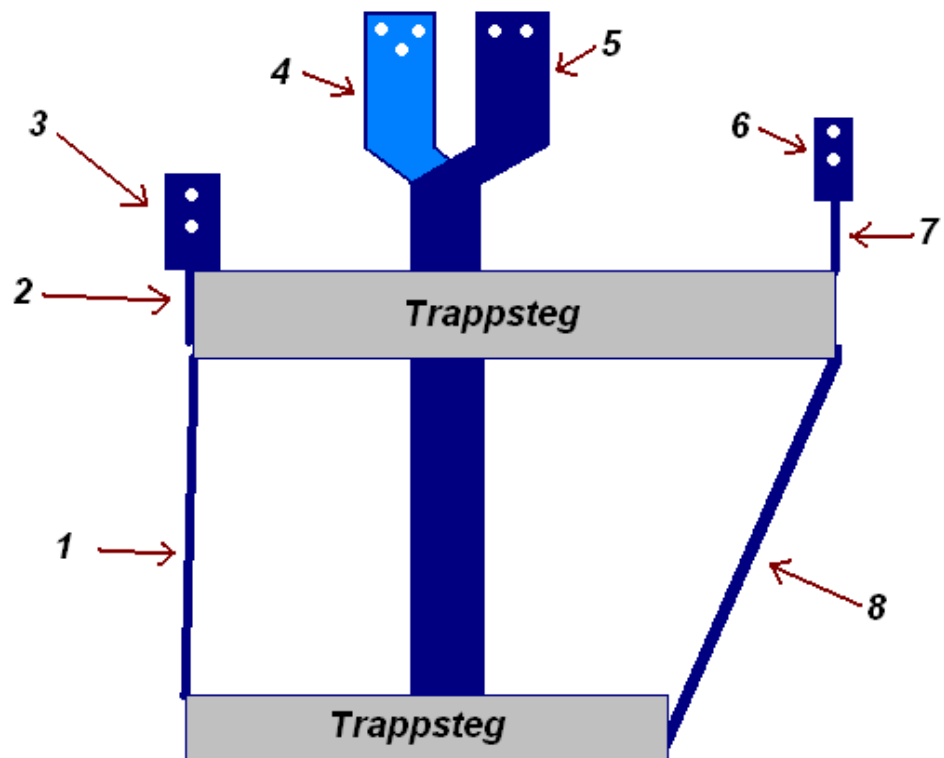
Efter att ha vidareutvecklat de valda koncepten så utvärderades de. Detta för att se vilken eller vilka av de slutgiltiga konstruktionerna som var lämpliga fortsätta att utveckla till en framtida produktion.

3. UNDERSÖKNING AV BEFINTLIGT KONCEPT

Undersökning av det befintliga konceptet gjordes genom att studera CAD-geometrin. Figur 3 visar hur konstruktionen är uppbyggd. Hela konstruktionen är gjord i 2,5-3 mm tjock stålplåt och väger ca 6,14 kg utan trappsteg. Trappstegen väger tillsammans ca 7,47 kg. De flesta konsolerna har präglingar för att förbättra styvheten. De olika konsolerna är numrerade och det finns en mer utförlig beskrivning av varje konsol längre ner i detta avsnitt. Konsolerna med nummer 3,4,5 och 6 sitter fast i hytten och bär hela konstruktionen. Det undre trappsteget bärs upp av konsolerna med nummer 1, 5 och 8 som i sin tur är fastsatta i det övre trappsteget. Konsol med nummer 2 och 3 är sammansvetsade, samma gäller även konsol nummer 6 och 7.

I fortsättningen kommer konsolerna att nämnas med namn istället för nummer. Konsolerna är namngivna enligt:

- 1: Undre vänstra
- 2 & 3: Övre vänstra
- 4: Bakre mittkonsol
- 5: Mittkonsol
- 6 & 7: Övre högra
- 8: Undre högra



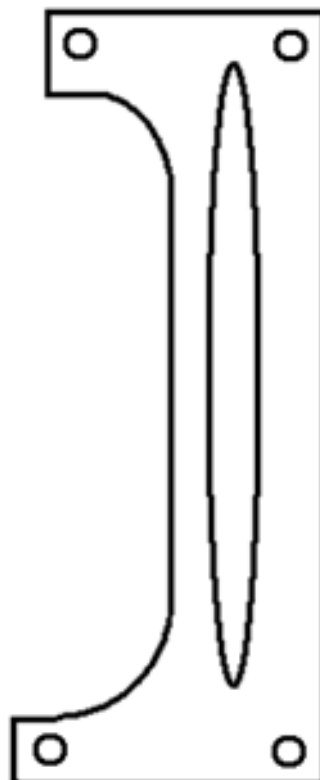
Figur 3: Det befintliga konceptet

3.1 Undre vänstra

Figur 4 och 5 nedan visar hur den undre vänstra konsolen ser ut från bägge sidor. konsolen har en materialtjocklek på 2.5 mm och väger 0,859 kg. Konsolen sträcker sig ungefär lodrät ned från det övre till det undre trappsteget. Den har fyra infästningspunkter, två längst upp som håller det övre trappsteget och två på undersidan som håller det undre trappsteget. Mitt på konsolen finns det en stor prägling som gör att den blir starkare. Den är urgröpt från sidan för att inte ta i plastkåpan utanför.



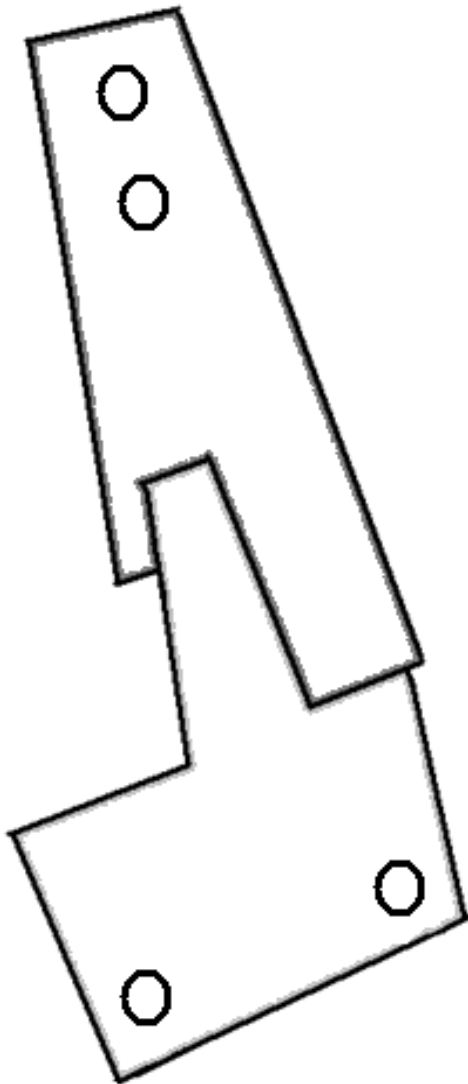
Figur 4: Undre vänstra från utsidan



Figur 5: Undre vänstra från insidan.

3.2 Övre vänstra

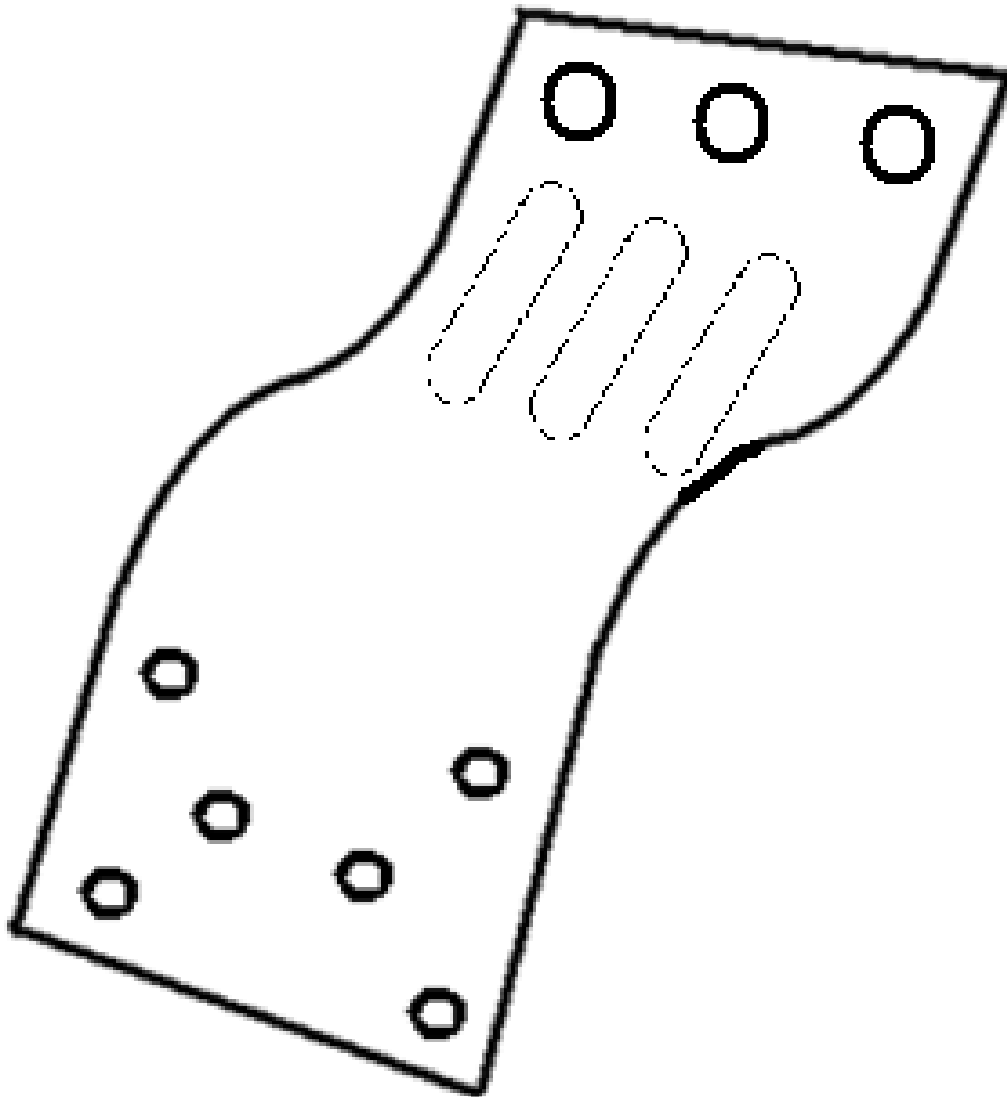
Den övre vänstra konsolen är sammansvetsad av konsol nummer två och tre, se figur 6. Den har en materialtjocklek på 2.5 mm och väger 0,322 kg. De två nedre infästningspunkterna håller fast det övre trappsteget och de två övre infästningspunkterna sitter fast i chassiet. Övre delen av konsolen är präglad för att bli starkare och den undre delen har helt rakt yta eftersom den sitter fast i trappsteget.



Figur 6: Övre vänstra

3.3 Bakre mittkonsolen

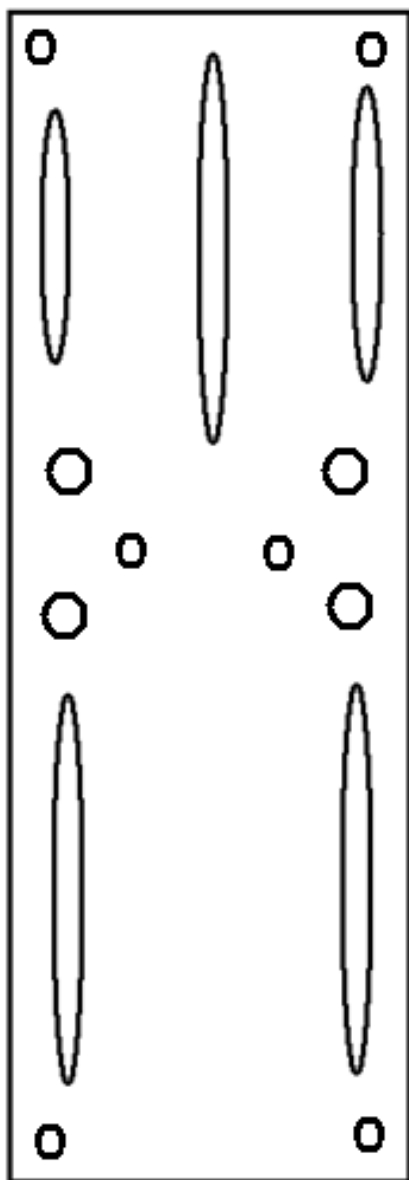
Den bakre mittkonsolen har en materialtjocklek på 2.5 mm och väger 1,289 kg. Den ses i figur 7 nedan. Den har tre infästningspunkter på längst upp som sitter fast i chassiet och tre präglingar och avrundningar på kanterna som gör mittkonsolen starkare. Längst ner har den infästningspunkter som sitter fast i mittkonsolen och det övre trappsteget.



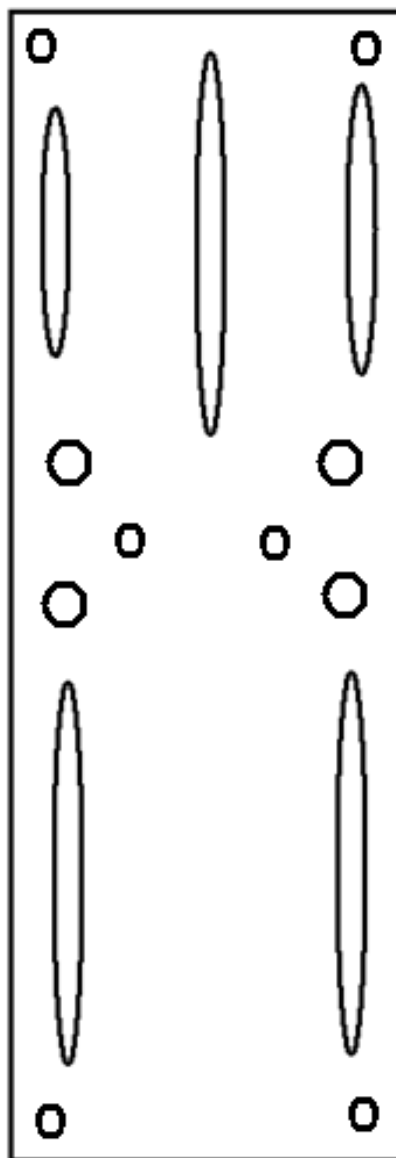
Figur 7: Bakre mittkonsolen

3.5 Mittkonsolen

Figur 8 och 9 nedan visar hur mittkonsolen ser ut från framifrån och bakifrån. Konsolen har en materialtjocklek på 2,5 mm och en vikt på 2,335 kg. På ovansidan har den två infästningspunkter som sitter fast i hytten och på mitten av konsolen finns det sex infästningspunkter som sitter fast i både det övre trappsteget och den bakre mittkonsolen, se figur 3. På undre delen av konsolen finns det två infästningspunkter som håller det undre trappsteget och finns även två upphängningshåll används vid montering. Mittkonsolen har tre präglingar längst upp och två långa präglingar längst ner. Den är avrundad på kanterna som gör hela mittkonsolen starkare och underlätta tillverkningen.



Figur 8: Mittkonsolen bakifrån



Figur 9: Mittkonsolen framifrån

3.6 Övre högra

Den övre högra konsolen består av konsol nummer sex och sju som är sammansvetsade, se figur 3. Materialtjockleken är tre mm och vikten är 0,357 kg. De övre infästningspunkterna sitter fast i hytten och de två nedre infästningspunkterna håller fast det övre trappsteget. Bilden nedan visar att den övre delen av konsolen har kanter, detta gör att konsolen blir starkare. Den undre delen är ganska rak och saknar prägling eftersom den sitter fast i det övre trappsteget och bara utsätts för dragspänning. De ses i figur 10 och 11.

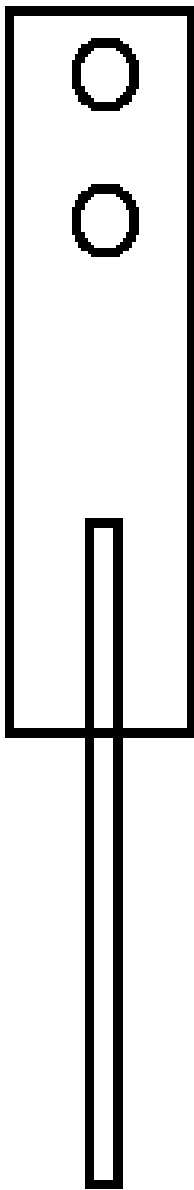


Bild 10: Övre högra framifrån

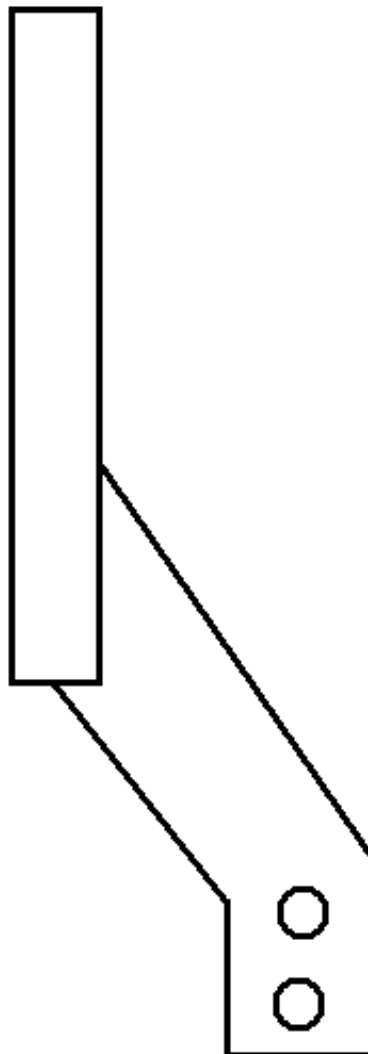
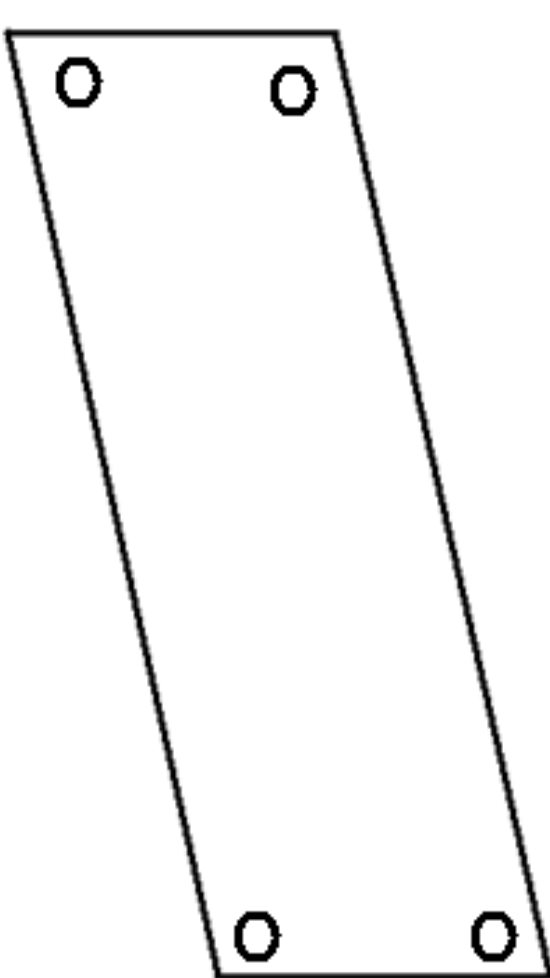


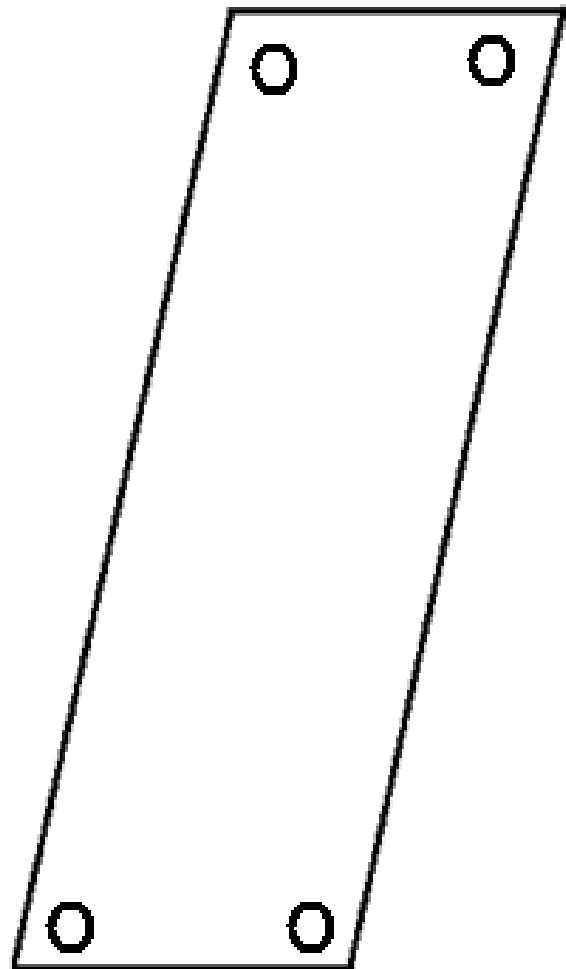
Bild 11: Övre högra från sidan

3.7 Undre högra

Figur 12 och 13 nedan visar hur den undre högra konsolen ser ut från insidan och utsidan. Konsolen har en materialtjocklek på 2.5 mm och en vikt på 0,981 kg. Den har fyra infästningspunkter, två längst upp som håller det övre trappsteget och två på undersidan som håller det undre trappsteget. Konsolen är dubbelkrökt och har en stor prägling i mitten som går längsmed hela konsolens längd. Den går snett från det undre trappsteget upp till det övre trappsteget.



Figur 12: Undre högra från utsidan



Figur 13: Undre högra från insidan

4. KONKURRENTANALYS

För att få idéer till lösningsförslag så besöktes konkurrerande märkens lastbilar. Detta gjordes genom studiebesök hos deras återförsäljare i Göteborg. Allt dokumenterades genom fotografier och anteckningar.

4.1 Iveco

De hade ingen tippad lastbilshytt på verkstaden så det var svårt att se konstruktionen, utan den kunde bara betraktas utifrån. Trappstegen var i plast (se bild 14 och 15) och även karossen var i plast. Enligt en mekaniker så var karossen den bärande delen och det satt ingen stålkonstruktion bakom. De två undre trappstegen sitter fast i chassit och det översta i hytten. Lastbilen vi undersökte var en Stralis av okänd årsmodell.



Figur 14: Instegen från utsidan.



Figur 15: Övre insteget.

4.2 Mercedes

Hytterna var tippade vilket gjorde att konstruktionen var lätt att se och fotografera. Hos deras reservdelshantering fick vi utskrivna bilder på sprängskisser på deras olika konstruktioner. Beroende på modell så var instegen av stål eller plast, se figur 17, och de var fastsatta i den bärande plastkarossen förstärkt med stålkonsoler till vänster om insteget, se figur 16. Det fanns alltså ingen bärande stålkonstruktion som bar upp trappstegen som på Volvo, utan det var den tjocka gjutna plastkarossen som bar upp instegen. Den liknade alltså Ivecos konstruktion. Figur 16 och 17 visar en Actros 2546 årsmodell 2004.



Figur 16: Stålkonsolerna till vänster om insteget.



Figur 17: Insteg av plast till vänster och stål till höger.

4.3 Scania

Efter visning av en mekaniker i verkstaden fick vi en bra uppfattning om hur konstruktionen till insteget såg ut. Insteget (se figur 20) är fastskruvade i en bärande plåt (se figur 18). I verkstaden hade de några tippade hytter och även lösa plåtar, vilket visar hur insteget monteras. Materialen som användes var samma i alla modeller, med trappsteg gjort av aluminium och den bärande plåten av stål. De två undre trappstegen var fastsatta i stålplåten som vägde ungefär 10-15 kg och det övre var fastspänd i hytten. Stålplåten sitter fast i chassit med hjälp av några skruvar (se figur 19). Hos deras reservdelshantering fick vi utskrivna bilder på sprängritningar på deras olika konstruktioner. Bilderna nedan är från en R480LB6X2*4MNB av årsmodell 2007.



Figur 18: Bärande plåten, framsidan till vänster och baksidan till höger



Figur 19: Infästen för plåten



Figur 20: Insteget från utsidan

4.4 MAN

Enligt en av deras mekaniker så ändras konstruktionen beroende på vilken modell det är på lastbilen, men materialet som användes var det samma. De två övre trappstegen som är gjorda av aluminium är fastspända i den bärande plastkarossen (se figur 21). Plastkåpan och det undre trappsteget sitter fast på chassit (se figur 22). Hos deras reservdelshantering fick vi utskrivna bilder på sprängskisser på deras olika konstruktioner.



Figur 21: Bärande plastkåpan



Figur 22: Infästning för plastkåpan

4.5 Kommentar

Det var lätt se och fotografera hur konstruktionen såg ut på de olika märkenas lastbilar förutom Iveco. Konstruktionen på upphängningen av insteget varierade mycket mellan konkurrenterna. Ivecos design såg rätt lätt ut då allt var av plast, men det gav ett tveksamt kvalitetsintryck. Både Volvo och Scania hade större konsoler med de viktigaste komponenterna av metall. Scantias var troligtvis tyngst med en vikt på uppskattningsvis 15 kg. Mercedes verkade ha en bra kombination av plast och stål som gav både styrka och lätt vikt. MAN hade likt Iveco och Mercedes en stor plastkåpa. En sammanställning kan ses i tabell 1 nedan.

Tabell 1: Jämförelse mellan olika märkens konstruktioner

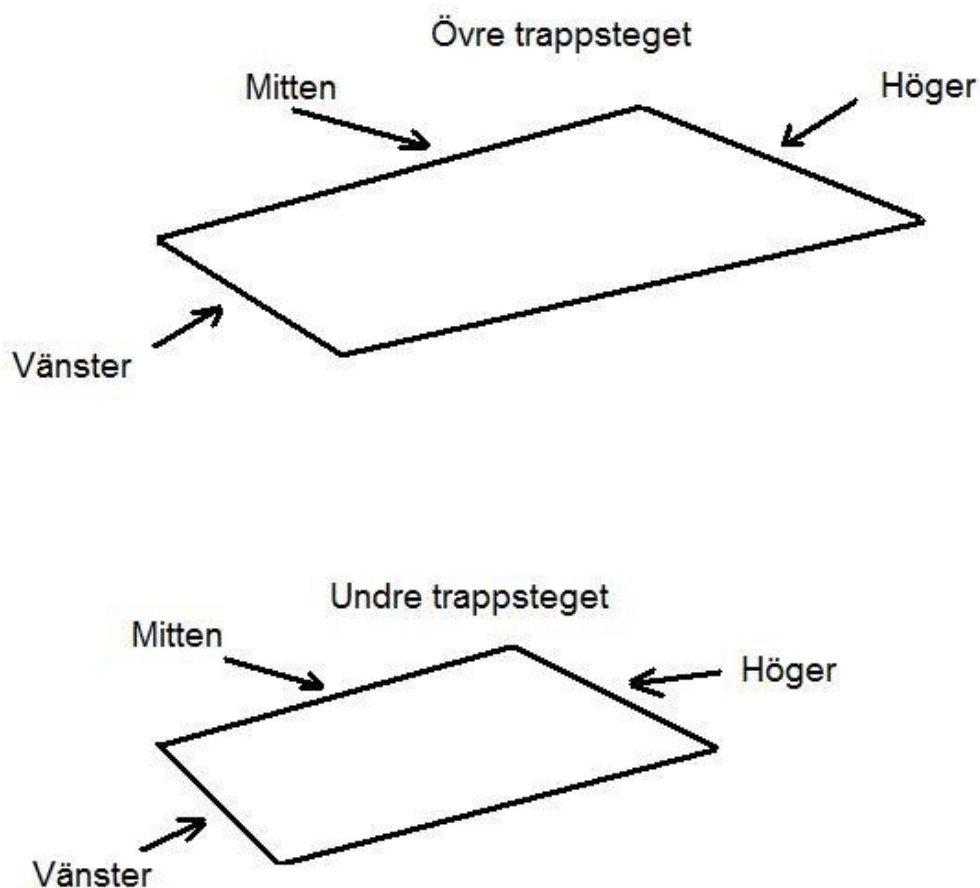
	Iveco	Mercedes	Scania	MAN	Volvo
Trappstegen	Plast.	Plast eller aluminium.	Aluminium.	Aluminium.	Aluminium.
Bärande konstruktion	Stor kåpa av plast.	Plastkåpa förstärkt med stålkonsoler till vänster om insteget.	Stålplåt.	Stor kåpa av plast.	Stålkonsoler.

5. KONCEPTFRAMTAGNING

Efter att undersökt det befintliga konceptet i CAD-miljö och konkurrenternas konstruktioner i verkligheten, så var nästa steg att börja skapa förslag på koncept på konstruktionsförbättringar.

5.1 Uppdelning i delfunktioner

För att lättare kunna se vilka olika delfunktioner som den totala lösningen måste innehålla så delades huvudfunktionen, att bära upp trappstegen, in i sex olika delfunktioner med olika belastningsfall, se figur 23. Delfunktionerna är uppdelade på de två trappstegen och deras infästningar till vänster, höger och i mitten. Genom att undersöka endast trappstegen och dess infästningspunkter analyserades vilken sorters belastning de utsätts för. Detta ses i tabell 2 och tabell 3 nedan.



Figur 23: Inritade delfunktioner

Övre trappsteget

I tabell 2 nedan visas vilka typer av spänningar som främst uppkommer på det övre trappsteget när dels det övre och dels det undra trappsteget belastas.

Tabell 2: Olika belastningsfall på övre trappsteget och dess resulterande krafter och moment

	Belastning på övre trappsteget	Belastning på undre trappsteget
Vänster	Tryck, böjning och vridning	Drag
Höger	Drag, böjning och vridning	Drag
Mitten	Böjning	Drag

Som kan ses i tabellen så resulterar belastning på det undre trappsteget främst dragspänningar på det övre trappsteget.

Undre trappsteget

I tabell 3 nedan visas vilka typer av spänningar som främst uppkommer på det undre trappsteget när dels det övre och dels det undra trappsteget belastas.

Tabell 3: Olika belastningsfall på undre trappsteget och dess resulterande krafter och moment

	Belastning på övre trappsteget	Belastning på undre trappsteget
Vänster	Inget	Tryck, böjning och vridning
Höger	Inget	Drag och böjning
Mitten	Inget	Böjning

Som kan ses i tabellen så resulterar belastning på det övre trappsteget inga spänningar på det undre trappsteget.

5.2 Delfunktionsmatris

Efter uppdelningen i delfunktioner så sammanställdes en matris med de olika delfunktionerna och dess lösningsförslag. Detta kan ses i tabell 4. Genom att kombinera olika delfunktionslösningar så kan många olika kompletta lösningar erhållas. I kolumnen längst till vänster ses delfunktionerna och till höger ses dess dellösningar.

Tabell 4: Delfunktionsmatris

Delfunktion	Dellösningar							
Övre – Vänster	Ursprungliga	Sammansatt	Stöd	-	Båge	Starkare	Vajer	Vriden
Övre – Höger	Ursprungliga	Sammansatt	Stöd	-	Båge	Starkare	Vajer	Vriden
Övre – Mitten	Ursprungliga	Två mindre konsoler	Stöd	Svagare				
Undre– Vänster	Ursprungliga	Sammansatt	Stöd	Från mitten	Båge	Upp till stöd	Vajer	Två mindre konsoler
Undre– Höger	Ursprungliga	Sammansatt	Stöd	Från mitten	Båge	Upp till stöd	Vajer	Två mindre konsoler
Undre - Mitten	Ursprungliga	Svagare	Stöd					

5.3 Brainstorming

Först hade vi en egen brainstorming där vi kom fram till 16 olika konceptförslag. För att få fler idéer och koncept så bjöds de övriga som arbetar inom gruppen hytt in till en ny brainstorming, där de genererade ett förslag var. Tre av deras förslag valdes till koncept (koncept Q, R och S, ses i bilaga). Deras andra koncept var antingen för lika våra egna koncept eller bedömdes som otillräckliga.

5.4 Konceptförslag

Efter att ha genererat 19 olika konceptförslag genom brainstorming så valdes nio bästa ut för vidare utvärdering. Dessa bygger på olika kombinationer av dellösningar utifrån delfunktionsmatrisen (se tabell 4). Koncepten som valdes vidare var koncept A, D, F, G, J, M, O, P och S, som alla kan ses i bilaga (där även de övriga elva finns).

5.5 Konzeptutvärdering

Konzeptutvärderingen utfördes med hjälp av matriser med krav och önskemål som erhöles från Epsilon. Då koncepten endast fanns i handritad form så byggde hela utvärderingen på uppskattningar och inte faktiska beräkningar. Först undersöktes ifall koncepten klarade av kraven som finns på konstruktionen. Detta gjordes i kravmatrisen. De koncept som uppfyllde alla krav gick vidare till bedömningsmatrisen där det bedömdes hur bra de uppfyllde önskemålen. Då alla önskemålen inte är lika viktiga så infördes viktning. Utvärderingen gjordes tillsammans med övrig personal i hytt för att få ett så bra resultat som möjligt.

Kravmatris

I tabellen 5 nedan är de olika koncepten och kraven utsatta. Kraven sattes upp i samarbete med Epsilon. Om konceptet klarar kravet så sätts ett JA, annars NEJ. Eftersom koncepten måste klara alla krav så fortsätter inte utvärderingen ifall det har fått ett NEJ på ett krav.

Tabell 5: Kravmatris

	A	D	F	G	J	M	O	P	S
Klara 2000 N	JA	JA	JA	JA	JA	JA	NEJ	JA	JA
Utböjning 2 mm	NEJ	JA	JA	JA	JA	NEJ	-	JA	JA
Små vibrationer	-	JA	JA	JA	JA	-	-	JA	JA
Livslängd 10 år	-	JA	JA	JA	JA	-	-	JA	JA
Andra komponenter oförändrade	-	JA	JA	JA	JA	-	-	JA	JA
Resultat	Ej OK	OK	OK	OK	OK	Ej OK	Ej OK	OK	OK

Som synes i tabellen ovan klarade koncepten D, F, G, J, P och S alla kraven och gick därmed vidare till bedömningsmatrisen.

Bedömningsmatris

I bedömningsmatrisen bedömdes hur bra koncepten uppfyllde önskemålen. För att få ett relevant resultat så var önskemålen viktade efter hur viktiga de var. Viktningen står inom parantes vid varje önskemål. Då bedömningen utfördes av flera personer så visas resultatet av de genomsnittliga viktade betygen i tabell 6 nedan.

Tabell 6: Bedömningsmatris med viktade önskemål

Önskemål	D	F	G	J	P	S
<i>Billig tillverkning (1)</i>	2,8	3,264	2,6	2,4	4	2,536
<i>Låg vikt (3)</i>	7,2	9,192	10,2	9	11,01	6,192
<i>Monterbarhet (1)</i>	3,88	3	2,8	3,4	3,67	2
<i>Styrka (1)</i>	4	3	2,6	3,6	3	4,264
<i>Styvhet (2)</i>	7,6	5,872	5,6	7,2	5,34	7,072
<i>Funktera till olika modeller (2)</i>	5,6	5,6	5,6	5,2	6	5,6
Total poängsumma	31,08	29,928	29,4	30,8	33,02	27,664

Kommentar

Som kan ses i tabellen ovan så fick alla koncepten likvärdig poängsumma och ingen var mycket bättre eller sämre än övriga. Detta gjorde att det inte var självklart vilka koncept vi skulle välja att gå vidare med.

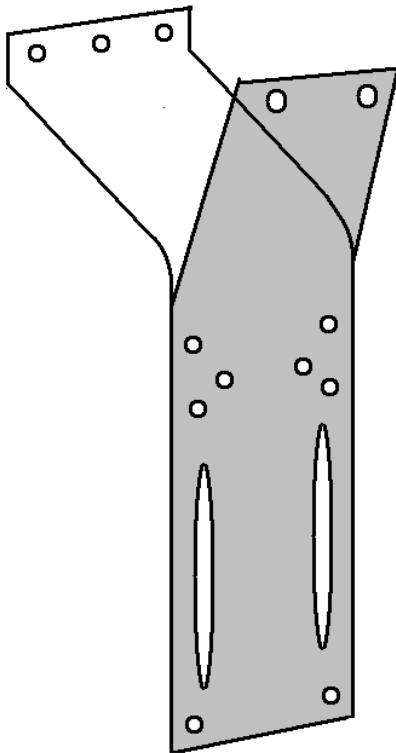
De koncept som slutligen valdes var J och P. Detta för att koncept P fick högst poäng av alla och koncept J fick också höga poäng. Koncept D kom på andra plats men bedömdes som svår att tillverka.

Därutöver valdes en optimering av det befintliga konceptet som ett tredje koncept.

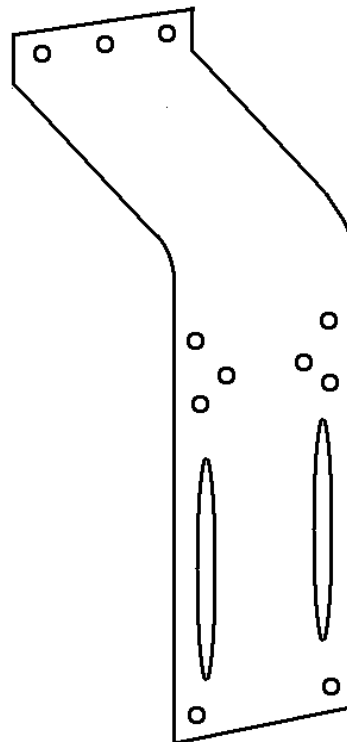
6. UTVECKLING AV KONCEPT

Efter att ha valt vilka koncept som ska vidareutvecklas till färdiga lösningar så ritades de upp i ett CAD-program. I fortsättningen kallas det optimerade konceptet för koncept 1, koncept J för koncept 2 och P för koncept 3 (koncepten finns i bilagan). Dessa beskrivs mer utförligt i följande kapitel.

Enligt en tidigare beräkningsrapport² (hädanefter benämnd ”beräkningsrapporten”) var den övre främre delen av mittkonsolen onödig och den har därför tagits bort på alla koncepten. Den tidigare bakre mittkonsolen har i koncepten blivit sammansatt med mittkonsolen. Den gamla mittkonsolen ses i figur 24 och den nya i figur 25 nedan.



Figur 24: Gamla mittkonsolen



Figur 25: Nya mittkonsolen

Detta minskar vikten med ca 1 kg och utgör den största enskilda viktnedskärningen. Den övre högra konsolen är oförändrad på alla koncepten medan den övre vänstra är oförändrad på koncept 1 och 2. En jämförelse av konceptens vikt kan ses i tabell 7 nedan.

² Static strength, dynamic stiffness and fatigue life assessment of two instep configuration.

Tabell 7: Jämförelse av konceptens vikt

Jämförelse av konceptens vikt				
	Original	Koncept 1	Koncept 2	Koncept 3
Mittkonsolen	2,335	2,365	2,134	1,464
Bakre mittkonsolen	1,289	0	0	0
Övre vänster	0,322	0,322	0,322	0,308
Undre vänster	0,859	0,687	1,009	1,316
Övre höger	0,357	0,357	0,357	0,357
Undre höger	0,981	0,916	0,981	1,08
Total vikt [kg]	6,143	4,647	4,803	4,525
Viktreducering [%]	0	24,35	21,81	26,34

Som synes i tabellen ger koncepten en viktninskning med 20-25% jämfört med originalet.

Som nämnt ovan uppnås de största viktninskningarna främst på mittkonsolen.

Viktninskningen uppnåddes dels genom stora geometriska förändringar och dels genom att minska materialtjockleken. I tabell 8 nedan ses en jämförelse av konceptens materialtjocklek.

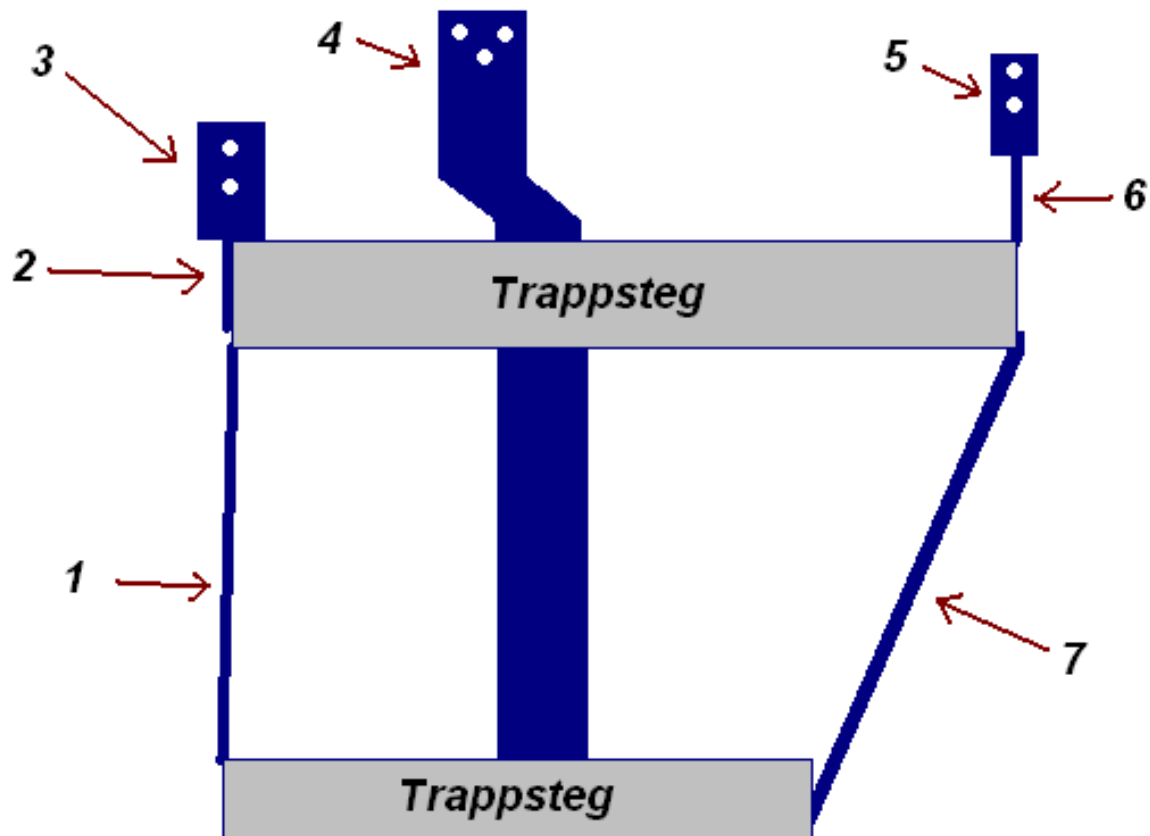
Tabell 8: Jämförelse av konceptens materialtjocklek

Jämförelse av konceptens materialtjocklek				
	Original	Koncept 1	Koncept 2	Koncept 3
Mittkonsolen	2,5	2,2	2,2	2,5
Bakre mittkonsolen	2,5	0	0	0
Övre vänster	3	3	3	3
Undre vänster	2,5	2	3	4
Övre höger	3	3	3	3
Undre höger	2,5	2,8	3	3,3

Som kan ses i tabellen så varierar materialtjockleken en hel del mellan koncepten. Att materialtjockleken på vissa konsoler har ökat jämfört originalet beror på att ökad styrka och styvhet har bedömts nödvändig för att kompensera för andra försvagningar. Originalet har en relativt jämn materialtjocklek med två olika värden och 0,5 mm skillnad mellan tjockaste och tunnaste. Koncept 3 däremot har en stor variation med fyra olika tjocklekar och en skillnad på 1,5 mm mellan tjockaste och tunnaste.

6.1 Koncept 1

Koncept 1 är en optimering av det befintliga konceptet. Figur 26 nedan visar hur konstruktionen är uppbyggd. Hela konstruktionen har en materialtjocklek på 2,2-3 mm och väger ca 4,65 kg utan trappsteg. Med hjälp av beräkningsrapporten optimerades varje konsol var för sig för att ge total maximal viktnedskning.



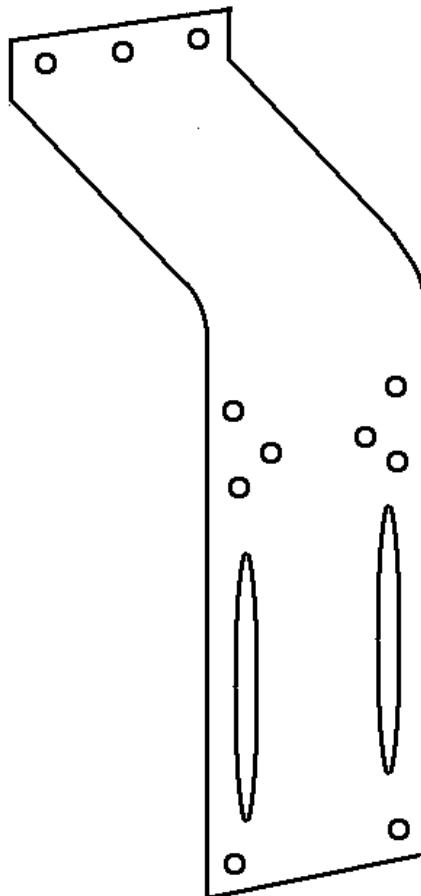
Figur 26: Koncept 1 i helbild

De flesta konsolerna har prägling för att förbättra styvheten. Konsolerna med nummer 3, 4 och 5 sitter fast i hytten och bär hela konstruktionen. Det undre trappsteget bärs upp av konsolerna med nummer 1, 4 och 7 som i sin tur är fästsatta i det övre trappsteget.

Denna konstruktion och det befintliga konceptet är ganska lik varandra. Den övre vänstra konsolen och övre högra konsolen är oförändrad. Den undre vänstra konsolen och undre högra konsolen har justerat genom att ändra lite på radier, tvärsnittetsarea och materialtjockleken.

Mittkonsolen har en materialtjocklek på 2,2 mm och väger 1,46 kg och kan ses i figur 27 nedan. Som originalet har den tre infästningspunkter längst upp som sitter fast i chassiet och tre präglingar och avrundningar på kanterna som gör mittkonsolen starkare. På mitten av

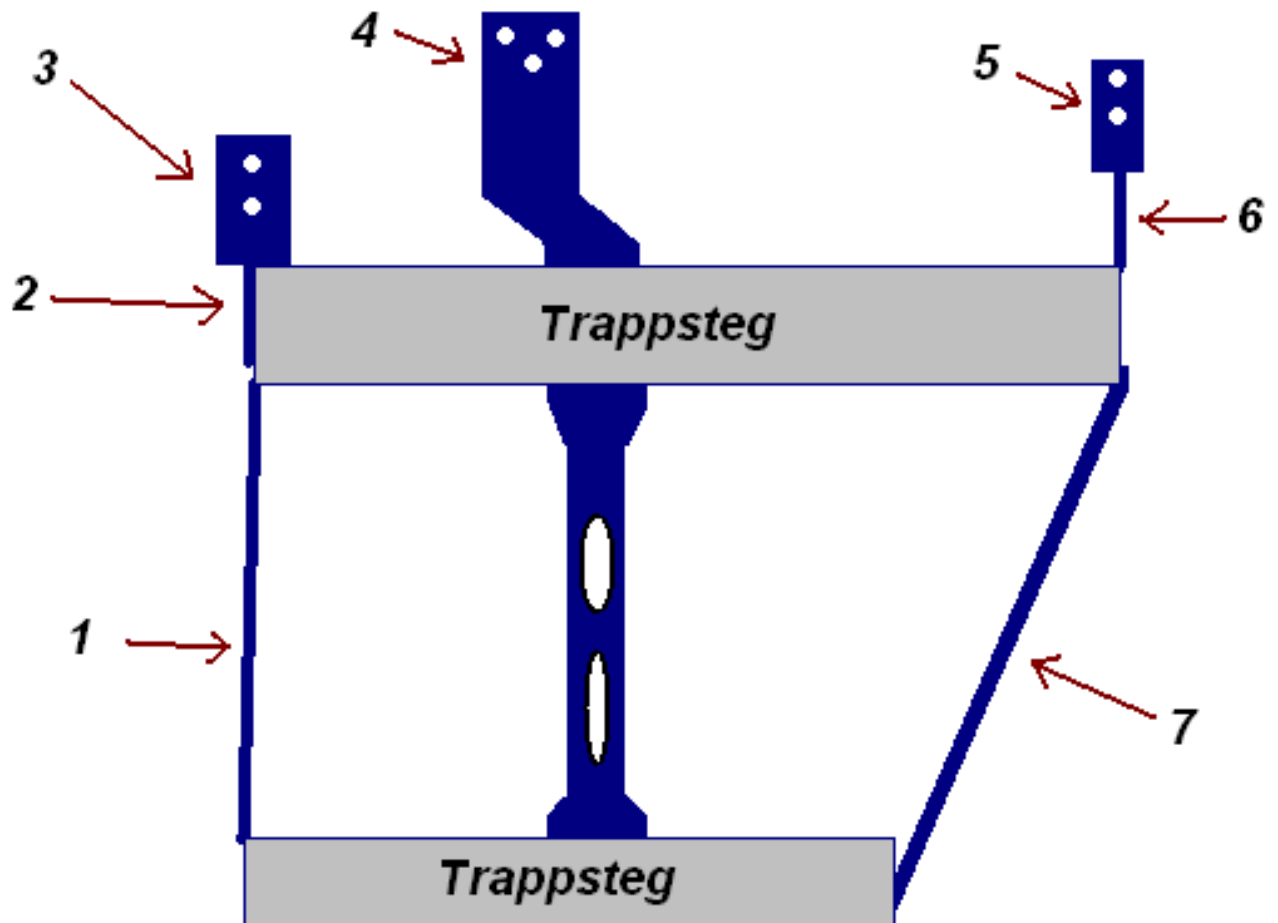
konsolen finns det sex infästningspunkter som håller det övre trappsteget. På undre delen av konsolen finns det två infästningspunkter som håller det undre trappsteget. Två långa präglingar löper längs den nedre delen och det finns även två upphängningshåll som används vid montering av konsolen.



Figur 27: Mittkonsolen

6.2 Koncept 2

De största förändringarna i koncept 2 är att de undre yttre konsolarna förstärks och undre mittkonsolen försvagas. Förhoppningen är att detta ska öka vridstyvheten. Hela konstruktionen har en materialtjocklek på 2,2-3 mm och väger ca 4,80 kg utan trappsteg. En helbild på konstruktionen ses nedan i figur 28.

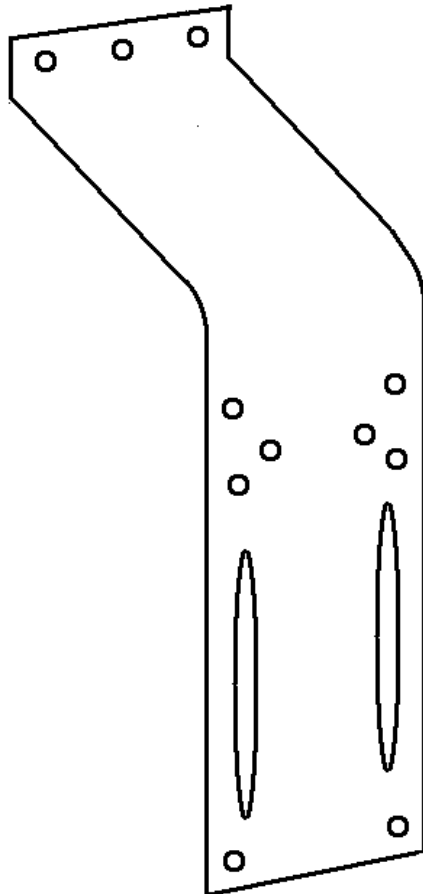


Figur 29: Koncept 2

De flesta konsolerna har prägling för att förbättra styvheten. Konsolerna med nummer 3,4 och 5 sitter fast i chassit och bär hela konstruktionen. Det undre trappsteget bärs upp av konsolerna med nummer 1, 4 och 7 som i sin tur är fastsatta i det övre trappsteget.

Den övre vänster konsolen och övre högra konsolen är oförändrad. Den undre vänstra konsolen och undre högra konsolen förstärks genom att ändra på radier, tvärsnittet och tjockleken.

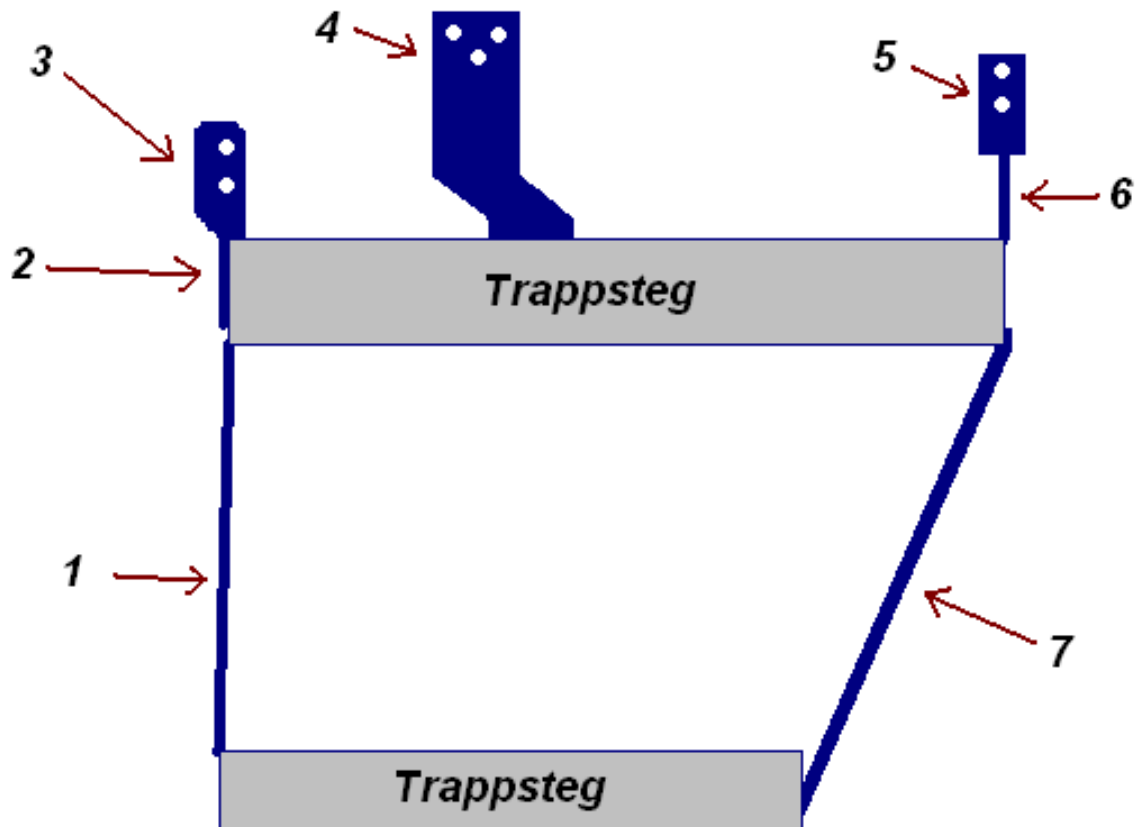
Mittkonsolen är 2,2 mm tjock och väger ca 2,13 kg och kan ses i figur 30 nedan. Den har tre infästningspunkter längst upp som sitter fast i chassiet och tre präglingar och avrundningar på kanterna som gör mittkonsolen starkare. På mitten av konsolen finns det sex infästningspunkter som håller det övre trappsteget. På undre delen av konsolen finns det två infästningspunkter som håller det undre trappsteget och finns även två upphängningshåll som används vid montering.



Figur 30: Mittbalk framifrån

6.3 Koncept 3

Koncept 3 är en vidareutveckling av koncept 2, där den har gått ett steg längre och tagit bort den undre mittkonsolen helt. De undre yttre konsolerna har förstärks genom att öka på tjockleken, radier och tvärsnittetsarean. Den övre vänstra konsolen är sammansatt till ett stycke. Hela konstruktionen kan ses i figur 31 nedan. Materialtjockleken är 2.5-4 mm och vikten ligger på ca 4,5 kg utan trappsteg.

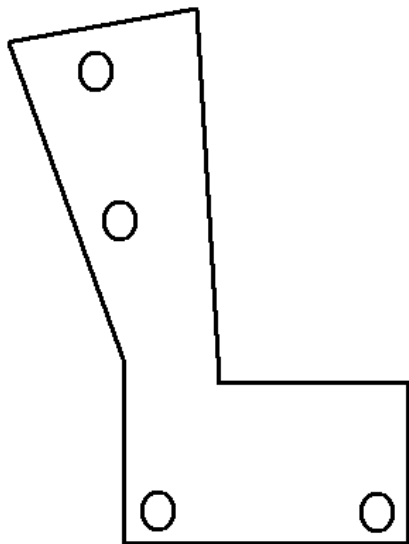


Figur 31: Koncept 3 i helbild

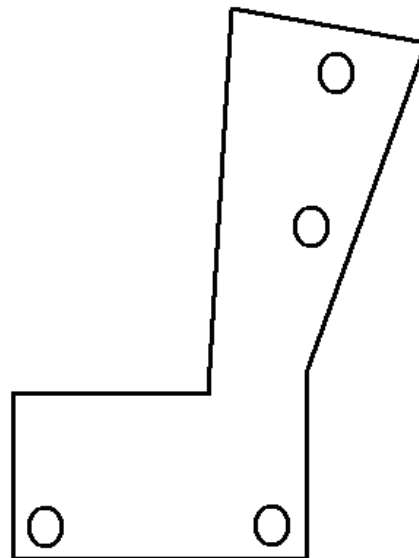
De flesta konsolerna har prägling för att förbättra styvheten. Konsolerna med nummer 2,3 och 4 sitter fast i chassiet och bär hela konstruktionen. Det undre trappsteget bärs upp av konsolerna med nummer 1 och 6 som i sin tur är fastsatta i det övre trappsteget.

Den övre högra konsolen är oförändrad. Den undre vänstra konsolen och undre högra konsolen förstärks genom att ändra på radier, tvärsnittet och tjockleken.

Den övre vänstra konsolen är sammansatt till ett stycke, kan ses i figur 32 och 33 nedan. Den har två infästningspunkter längs upp som sitter fast i chassiet och två infästningspunkter längs ner som håller det övre trappsteget. Med hjälp av en prägling och avrundningar på kanter så blir konsolen styvare.

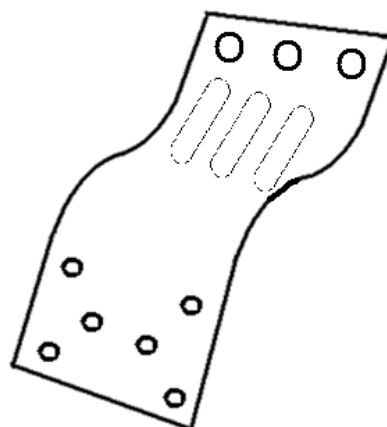


Figur 32: Övre vänstra från insidan



Figur 33: Övre vänstra från utsidan

Mittkonsolen är 2,5 mm tjock och väger 1,47 kg och kan ses i figur 34 nedan. Den har tre infästningspunkter på längst upp som sitter fast i chassiet och tre präglingar och avrundningar på kanterna som gör mittkonsolen starkare. Längs ner av konsolen finns det sex infästningspunkter som håller det övre trappsteget.



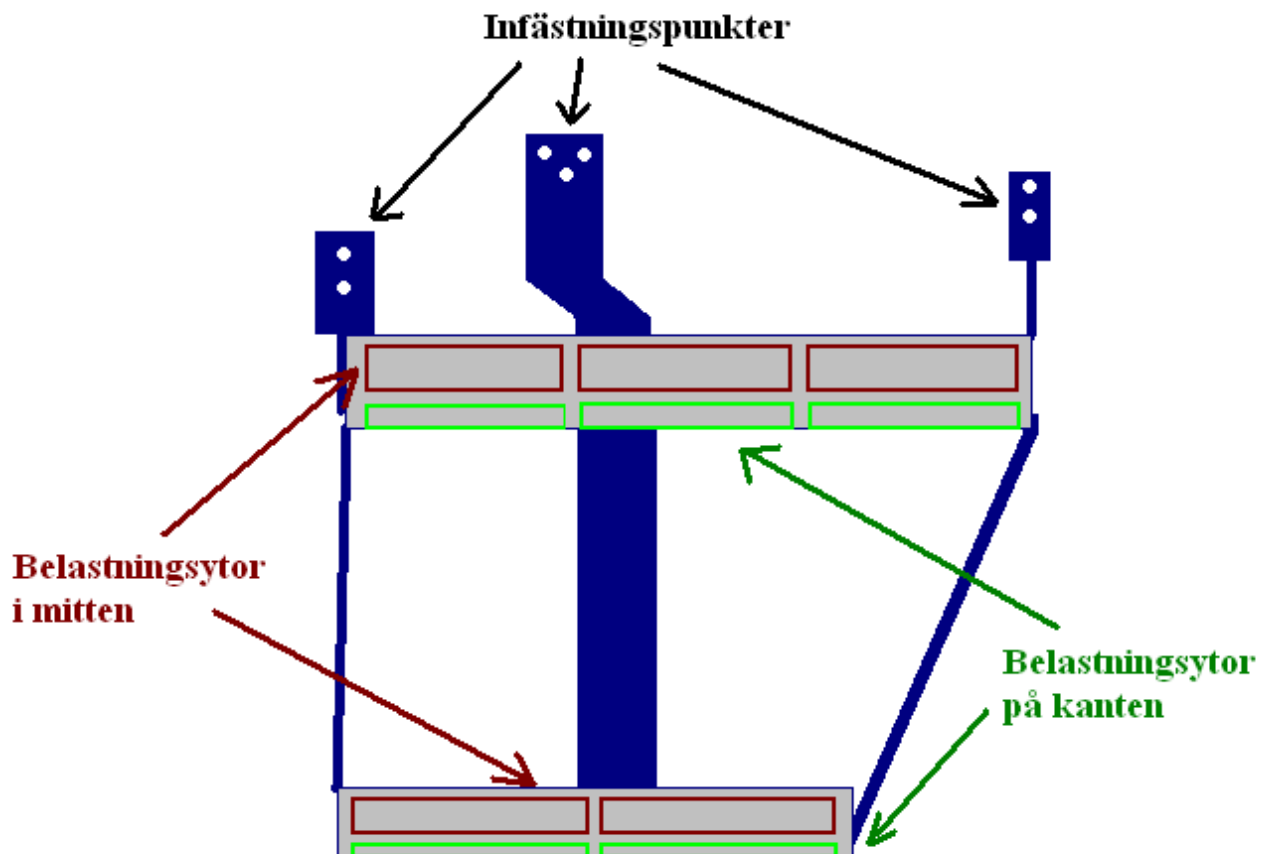
Figur 34: Mittkonsolen

7. BERÄKNINGAR

Beräkningsavdelningen fick i uppdrag att beräkna hållfastheten hos koncepten. Spänningar och deformationer skulle beräknas för följande belastningsfall:

Statisk belastning på 2000 N. Koncept 1,2,3 och den befintliga ska testas på samma sätt. Infästningspunkter och belastningsytor ses i figur 35.

- Totalt sju st. infästningspunkter markerad med vita pilar. Dessa är fast i rummet.
- Fem st. belastningsytor i mitten, tre på övre trappsteget och två på undre. Belastningen är vinkelrät mot ytan. Ytan är 100x100 mm stor. Markerade med röd färg i figuren. Belastningsytorna ska vara jämt fördelade över trappsteget.
- Fem st. belastningsytor på kanten, tre på övre trappsteget och två på undre. Belastningen är vinklad med 45 graders lutning. Ytan är 30x100 mm stor. Markerade med grön färg i figuren. Belastningsytorna ska vara jämt fördelade över trappstegets kant



Figur 35: Belastningsfall

Tyvärr gjorde tidsbrist att Epsilons beräkningsavdelning inte hann utföra våra tänkta beräkningar. Målet var att använda resultaten från beräkningen för att sedan göra ytterligare förbättringar på koncepten, och i mån av tid göra nya beräkningar.

8. UTVÄRDERING

På grund av brist på beräkningar jämförs endast konceptens vikt och andra parametrar som inte är direkt relaterade till deras mekaniska egenskaper.

8.1 Jämförelse

Koncepten jämfördes med följande parametrar: antal komponenter, antalet komponenter som är samma som i det befintliga konceptet, tjocklek, total vikt och viktreducering. Lågt antal komponenter brukar oftast minska tillverkningskostnaden och monterings tiden. Om konstruktionen har många komponenter som är identiska med den befintliga behöver man inte köpa in lika många nya maskiner för tillverkningen. Då målet var att minska vikten så mycket som möjligt är självklart vikten den mest betydelsefulla parametern. Jämförelsen kan ses i tabell 9 nedan.

Tabell 9: Jämförelse av konstruktionerna

	Befintliga	Koncept 1	Koncept 2	Koncept 3
Antal komponenter	8	8	8	7
Samma som befintliga	4	4	4	2
Materialtjocklek [mm]	2,5 - 3	2,2 - 3	2,2 - 3	2,5 - 4
Total vikt [kg]	6,143	4,647	4,803	4,525
Viktreducering [%]	0	24,35	21,81	26,34

Som kan ses i tabellen är viktreduceringen hos koncepten relativt den befintliga ca 20-25%. Det är inte så stor skillnad i vikt mellan koncepten.

8.2 Slutsats

På grund av bristande underlag är det svårt att ta vettiga slutsatser. Alla tre koncepten ger en avsevärd viktreducering och är därför potentiella kandidater. Genom att titta på tabell 9 ges ingen självklar vinnare.

Om man bara studera viktreduceringen så är koncept 3 det vinnande konceptet.

8.3 Rekommendation

Eftersom koncepten inte kan valideras kan utvecklingsarbetet inte betraktas vara avslutat. För att fortsätta utvecklingen behövs hållfasthetsberäkningar. Därför rekommenderas att arbetet fortsätter efter att beräkningarna är gjorda. Genom att variera utföra beräkningar och omkonstruktioner kan en optimal konstruktion uppnås.

REFERENSER

Beräkningsrapport:

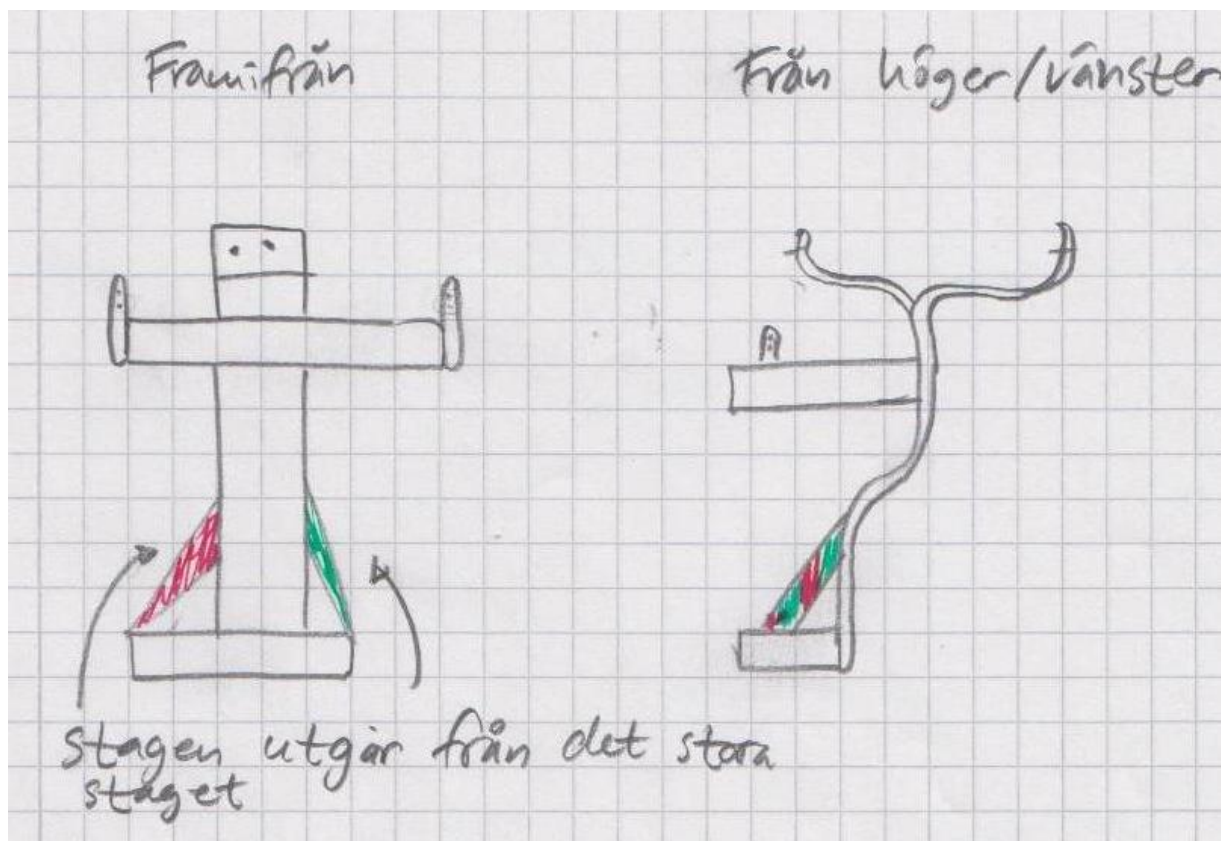
Static strength, dynamic stiffness and fatigue life assessment of two instep configuration.

Muntliga referenser från anställda på Epsilon.

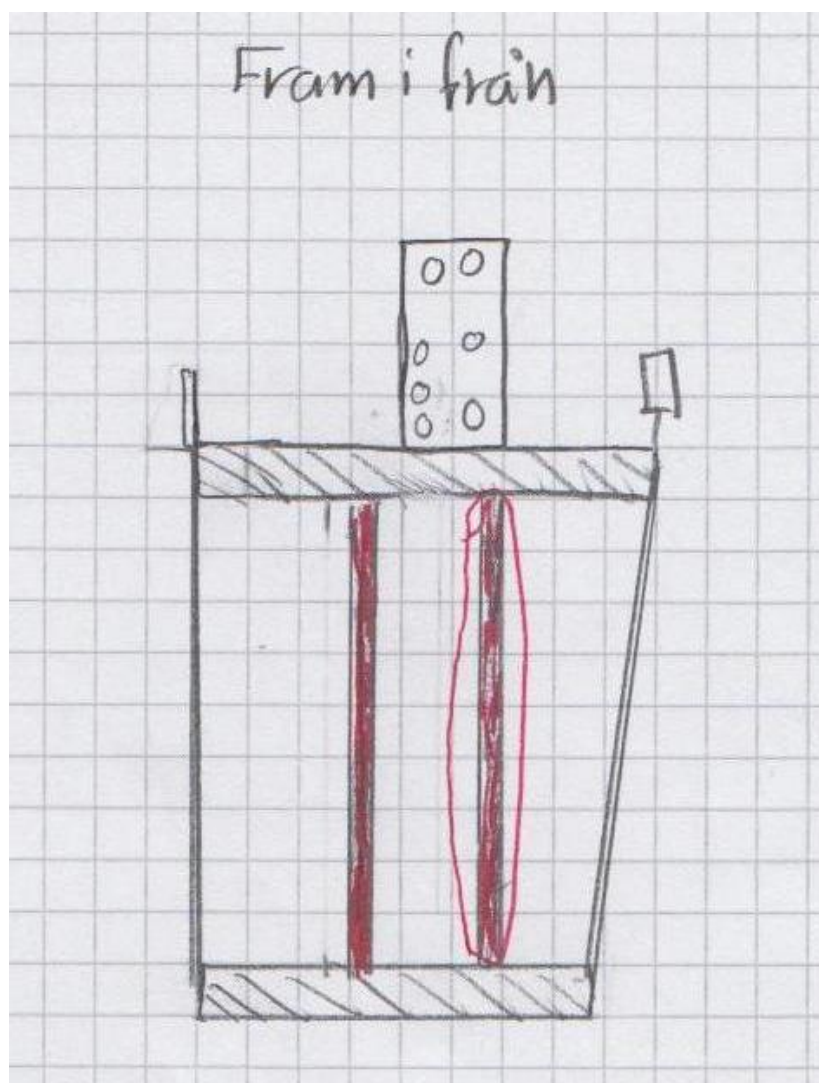
BILAGOR

Koncept från brainstorming

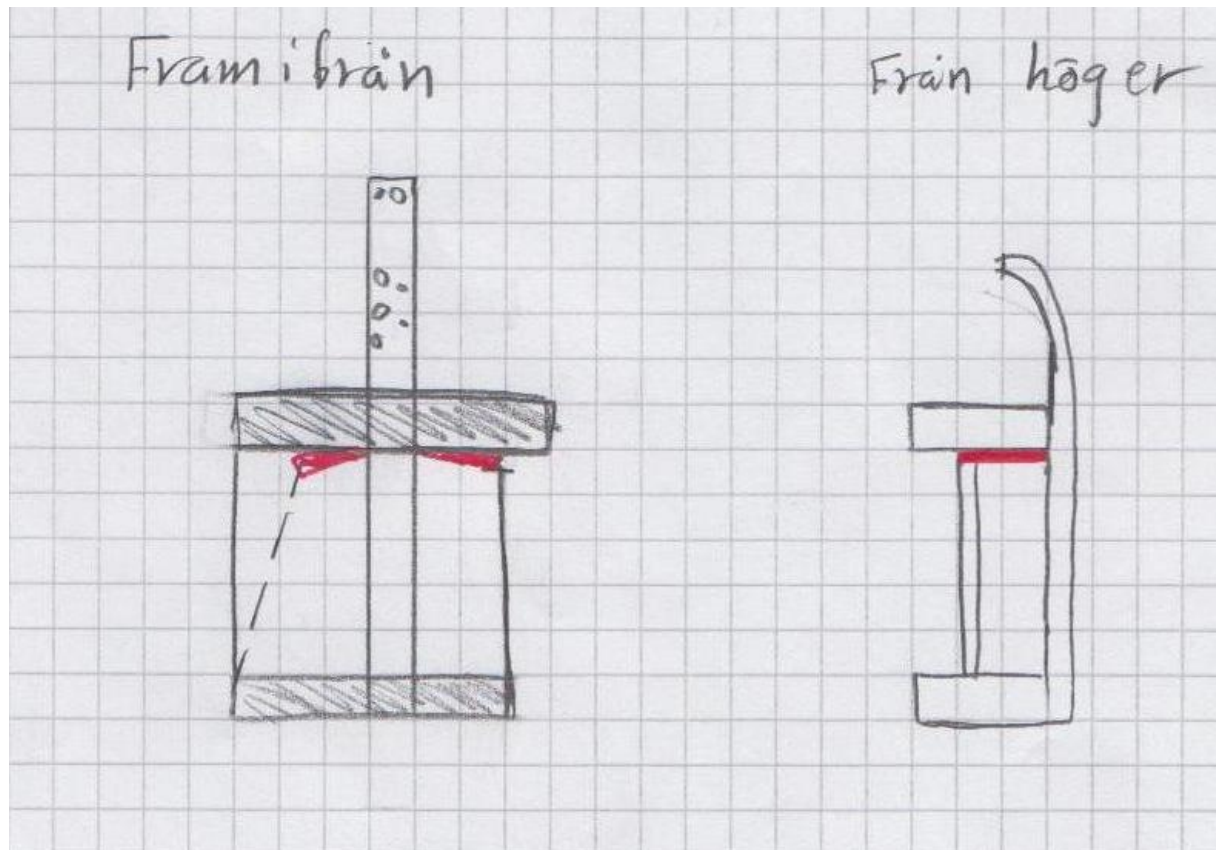
Namn	Koncept A: Dubbelstag från mittenkonsolen
Huvudprincip	Det undre steget hålls upp med hjälp av två stag som utgår från den mittersta konsolen. Det övre steget är oförändrat. Genom att ta bort de undre konsolerna till vänster och höger och ersätta de med kortare stag så minskar troligen den totala vikten.



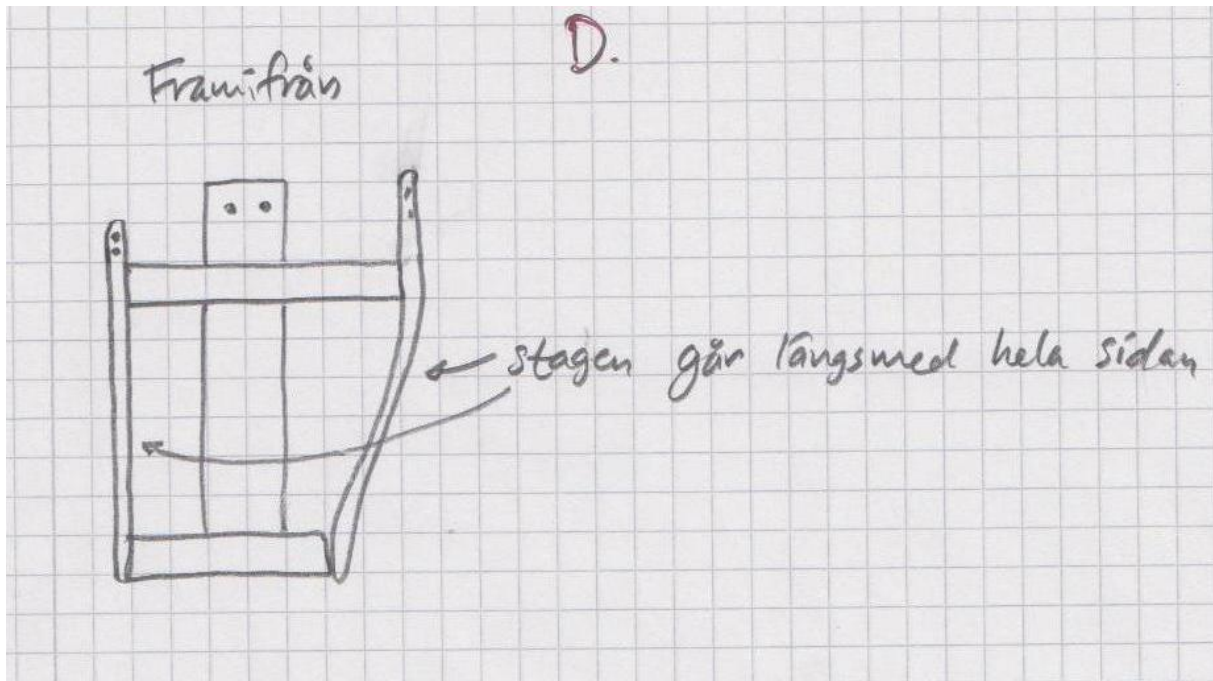
Namn	Koncept B: Mittenkonsolen ersätts med två mindre
Huvudprincip	Det enda som ändras är mittkonsolen som ersätts med två smalare konsoler. Genom att minska på arean på mittkonsolen så minskar troligen den totala vikten.



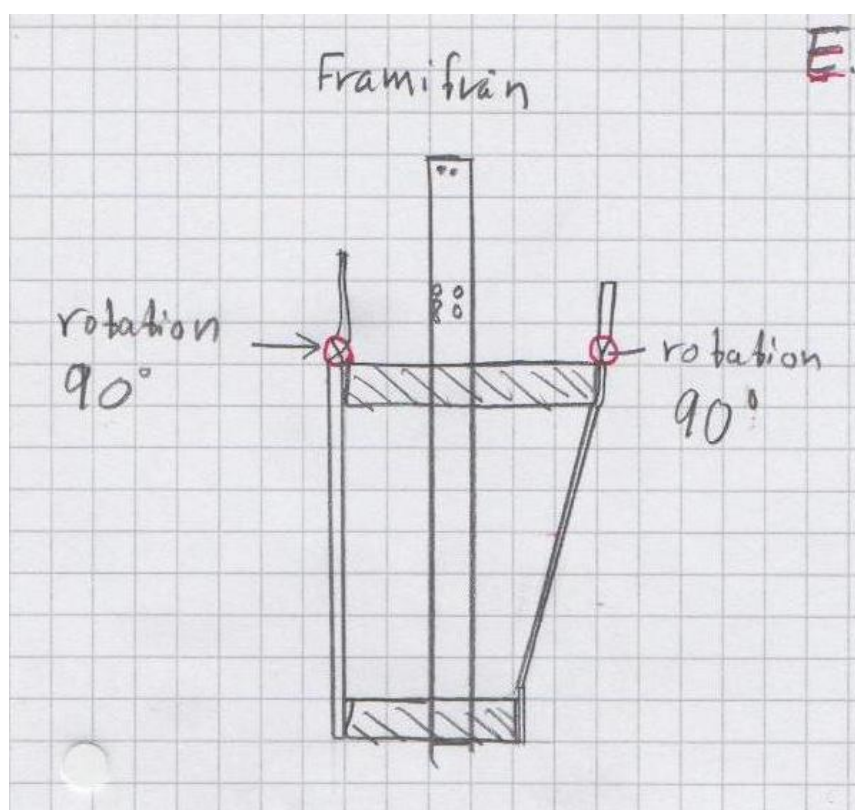
Namn	Koncept C: Stöd under övre trappsteget
Huvudprincip	Ett stöd under det övre trappsteget som är fastsatt i mittenkonsolen och bär upp både det övre och det undre trappsteget. Den högra konsolen bär upp det undre steget och är fastsatt i stödet. Den vänstra är antingen fastsatt som på ursprungskonstruktionen eller på stödet. Stödet gör att de övre konsolerna kan tas bort, och den högra undre konsolen blir mindre.



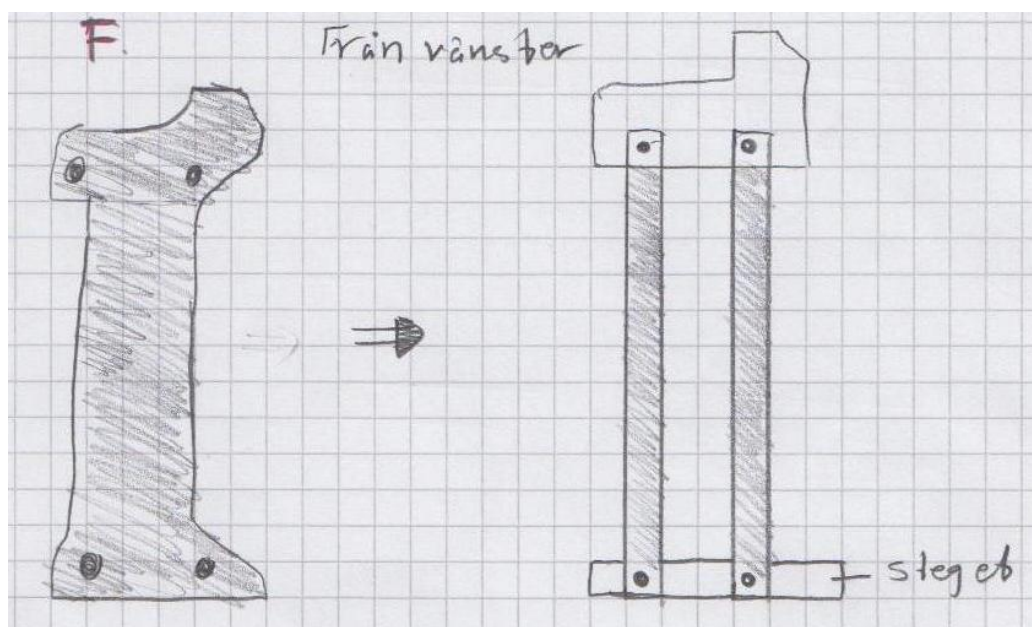
Namn	Koncept D: Sammansatta stag
Huvudprincip	Istället för att de övre och undre konsolerna är separata så ersätts de med ett stag som går längsmed hela sidan. Troligen minskas vikten när de tillverkas i ett helt stycke, och de blir lättare att tillverka och montera.



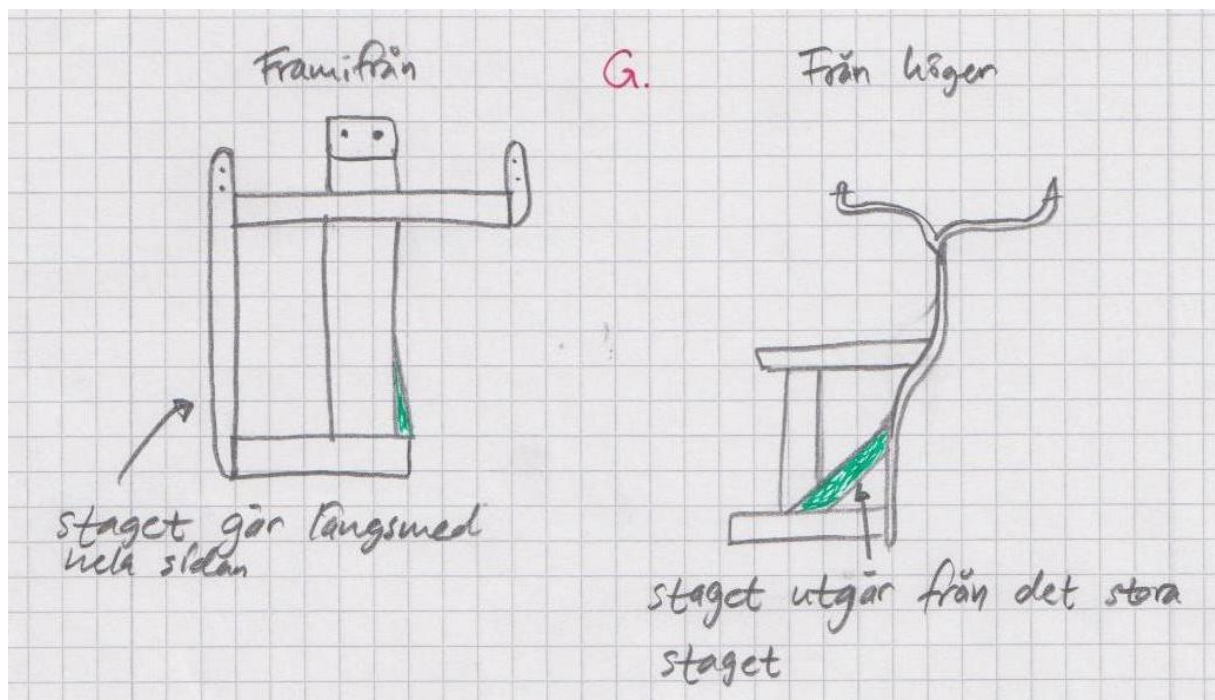
Namn	Koncept E: Vridna övre konsoler
Huvudprincip	Istället för att de övre konsolerna är sammansvetsade så är det en konsol som är vriden. Fördelen är lättare tillverkning och viktreduktion.



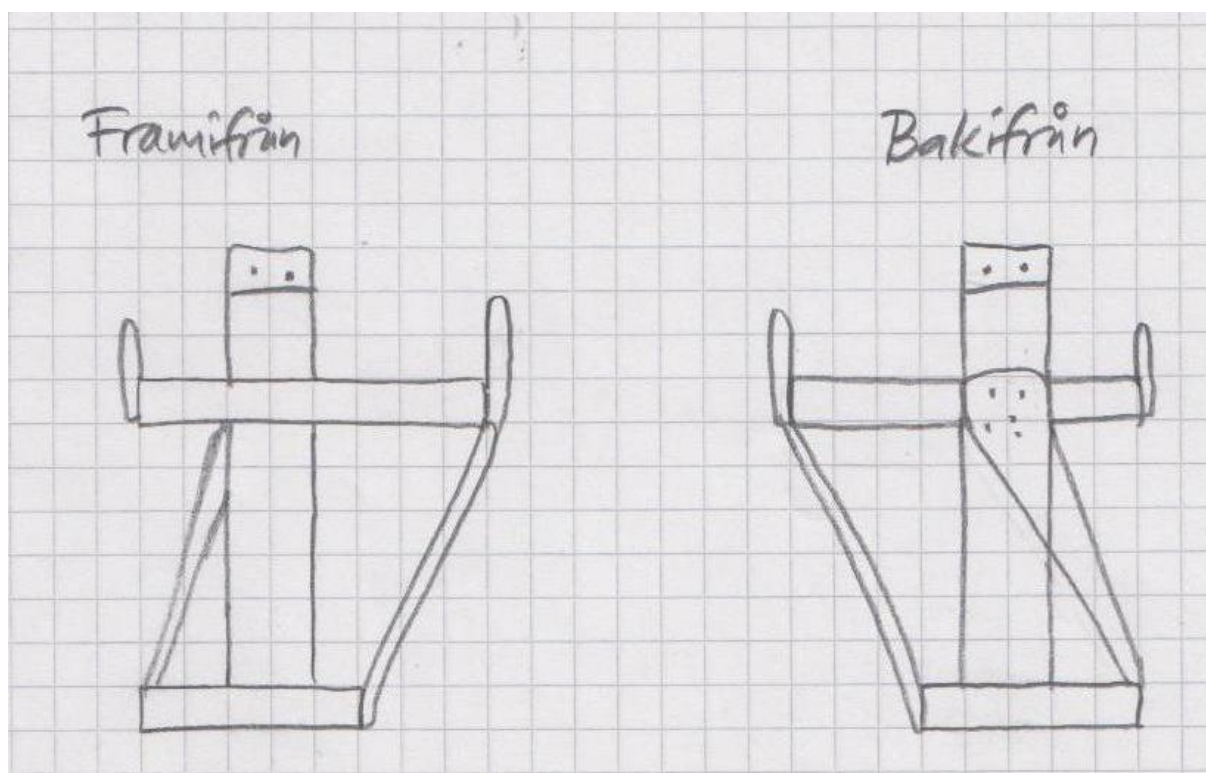
Namn	Koncept F: Vänstra undre konsolen
Huvudprincip	Det är endast den undre vänstra konsolen som ändras. Den ersätts med två mindre konsoler. Troligen blir konsolen lättare utan att hållfastheten försämras.



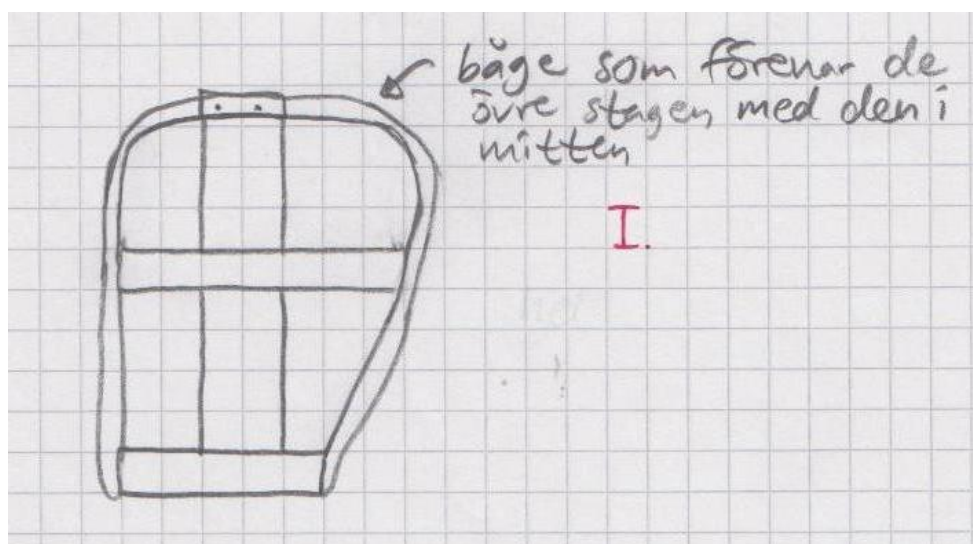
Namn	Koncept G: Stor konsol till vänster och liten till höger
Huvudprincip	De vänstra konsolerna ersätts med en lång konsol och den undre högra utgår från mittkonsolen. Den vänstra konsolen blir lättare och den högra blir kortare och lättare.



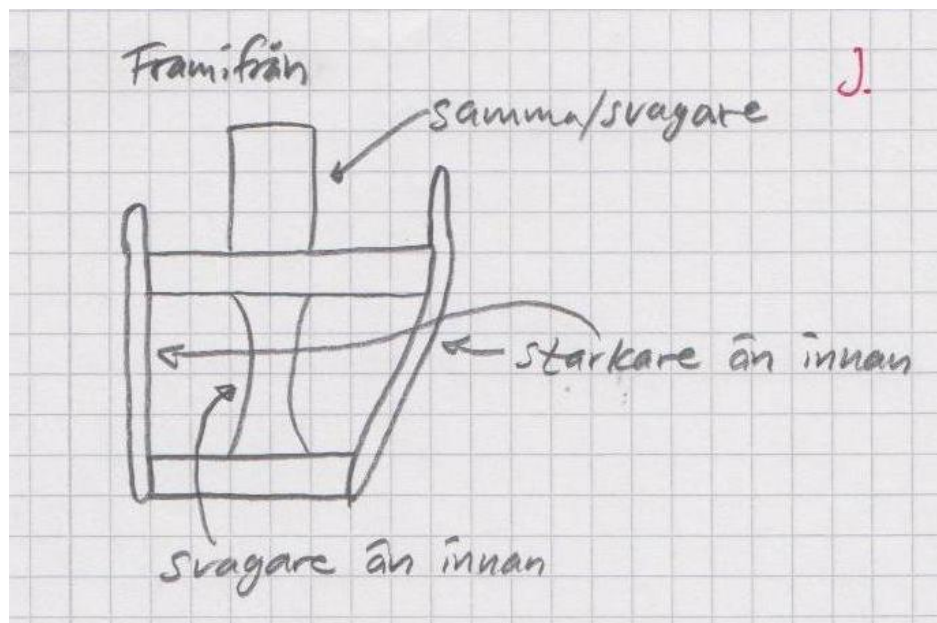
Namn	Koncept H: Vänster undre konsol utgår från mitten
Huvudprincip	Den vänstra undre konsolen utgår från konsolen i mitten. Genom en kraftigare konsol till vänster så kan den högra bli lättare.



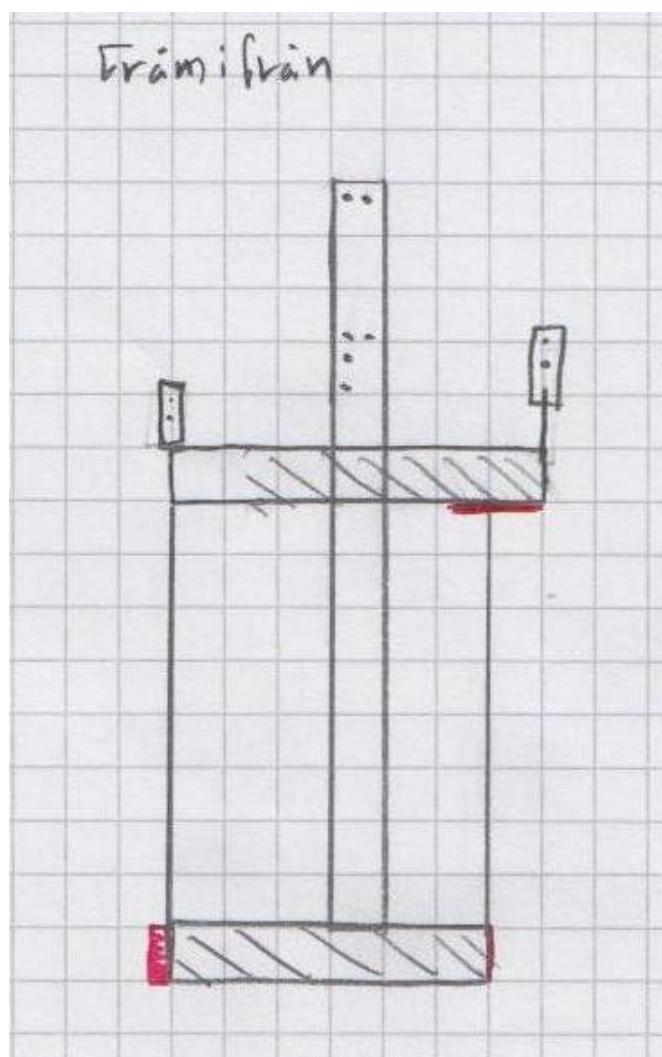
Namn	Koncept I: Båge
Huvudprincip	Alla konsoler förutom den i mitten ersätts med en båge så går längs hela vägen. Målet är att bågen kan göras lättare än varje konsol för sig.



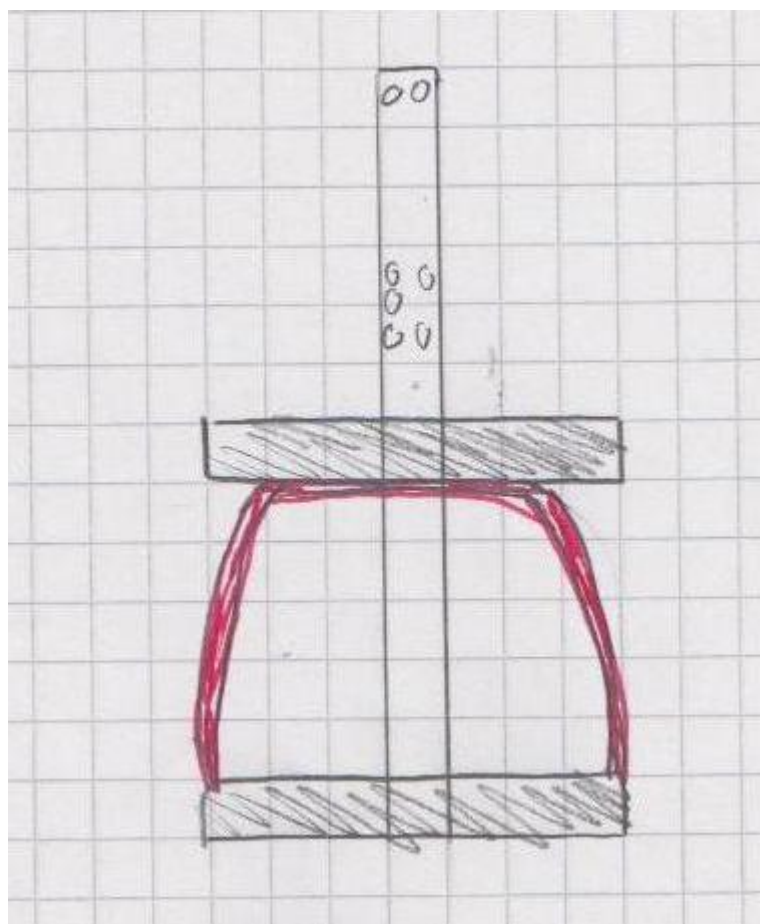
Namn	Koncept J: Förstärkta yttre konsoler
Huvudprincip	De yttre konsolerna förstärks och den i mitten försvagas. De yttre konsolerna kanske är mer effektiva på att ta upp krafterna än den i mitten, och då blir det effektivare och lättare med starkare yttre konsoler och en mindre i mitten.



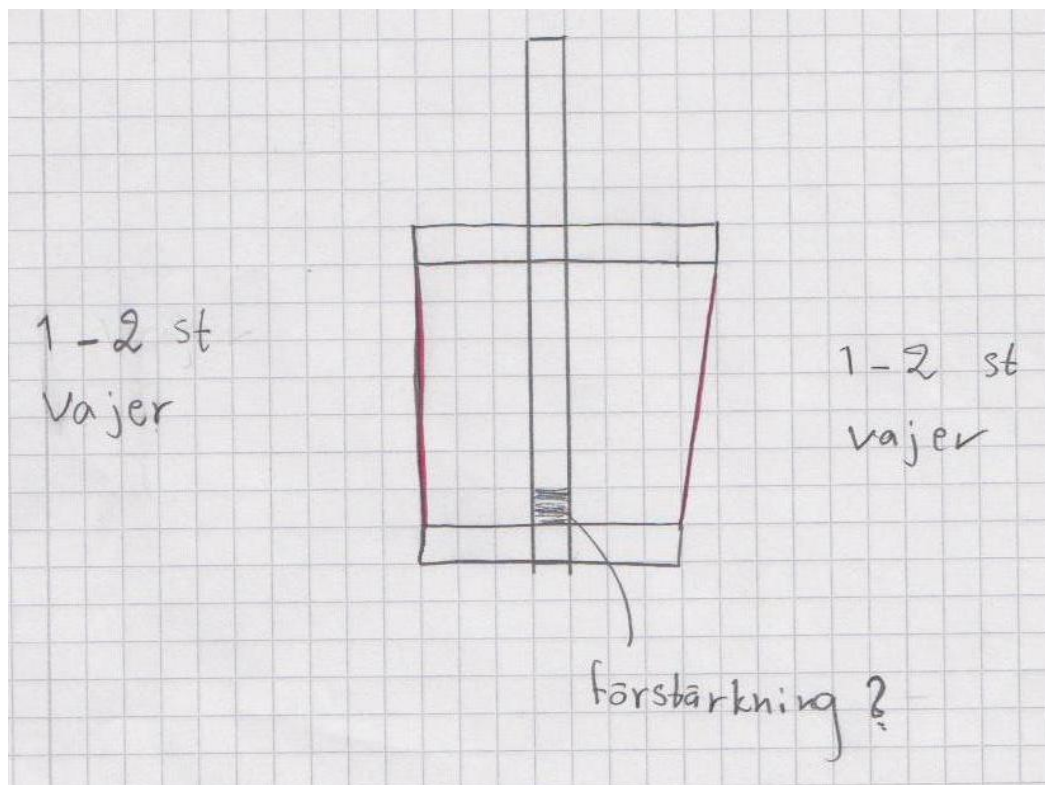
Namn	Koncept K: Undre högra fast i steget
Huvudprincip	Den undre högra konsolen går rakt upp till det övre steget där den fästs i en plåt som i sin tur är fastsatt i steget. Genom att göra den undre högra konsolen kortare så minskar vikten.



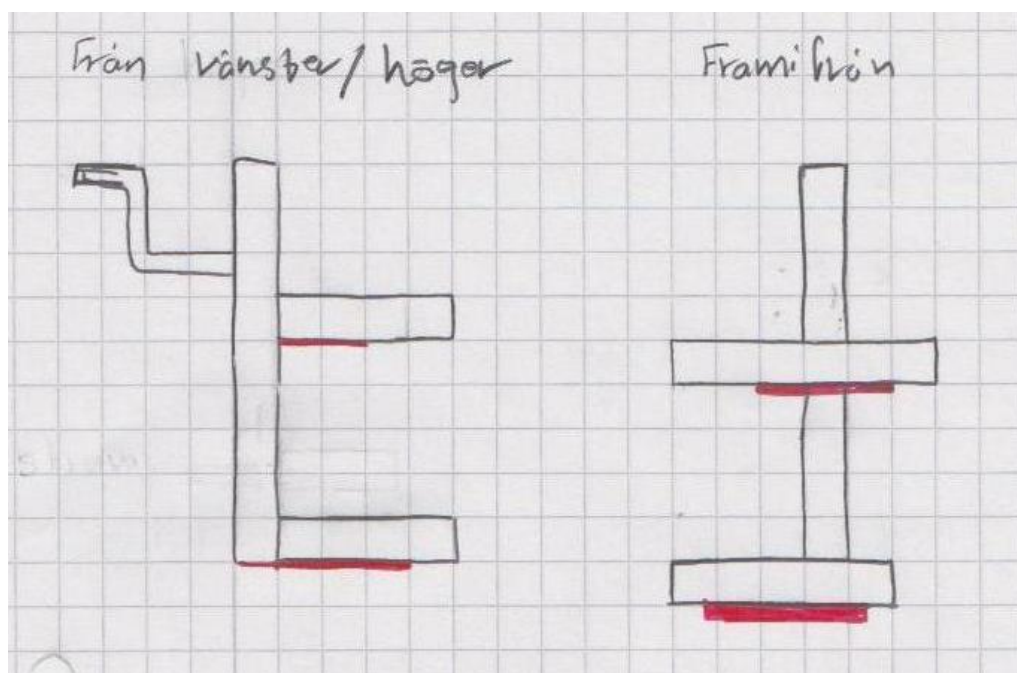
Namn	Koncept L: Stöd som utgår från undre steget
Huvudprincip	De undre konsolerna ersätts med ett stöd som utgår från det undre steget och som håller upp det övre. Den sitter fast i mittkonsolen. De övre konsolerna tas bort. Stödet är troligen lättare än konsolerna den ersätter.



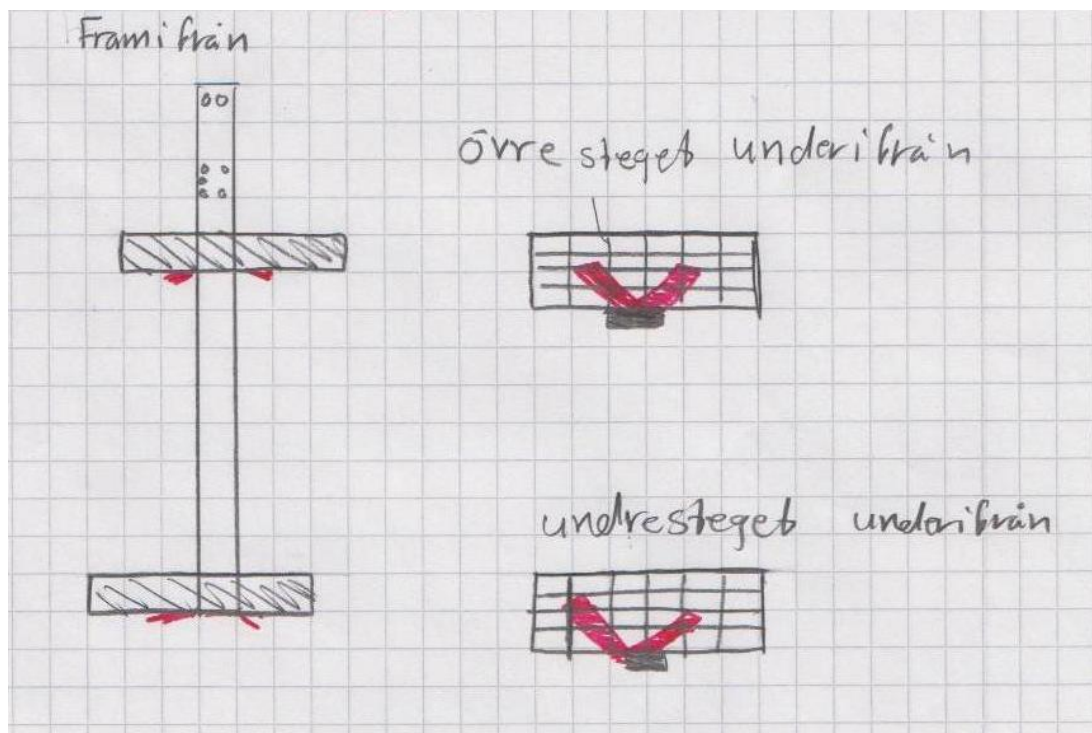
Namn	Koncept M: Vajer / Stavar
Huvudprincip	De yttre konsolerna ersätts med antingen vajer eller stavar. Eventuellt det undre stegets infästning i mittenkonsolen förstärkas för att det inte ska bli för instabilt. Genom en vajer/stavlösning minskar vikten rejält.



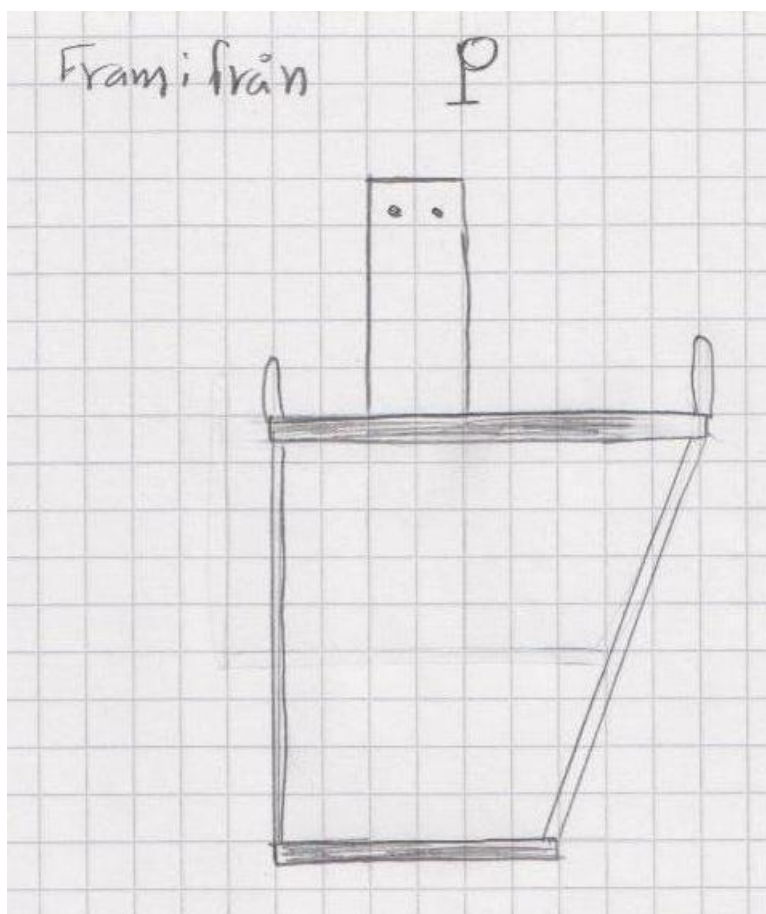
Namn	Koncept N: Stöd under stegen
Huvudprincip	Alla konsoler förutom den i mitten tas bort och ersätts med stöd som sitter under stegen och är fastsatta i mittenkonsolen. Liknar koncept O. Förhoppningsvis är stöden lättare än konsolerna de ersätter.



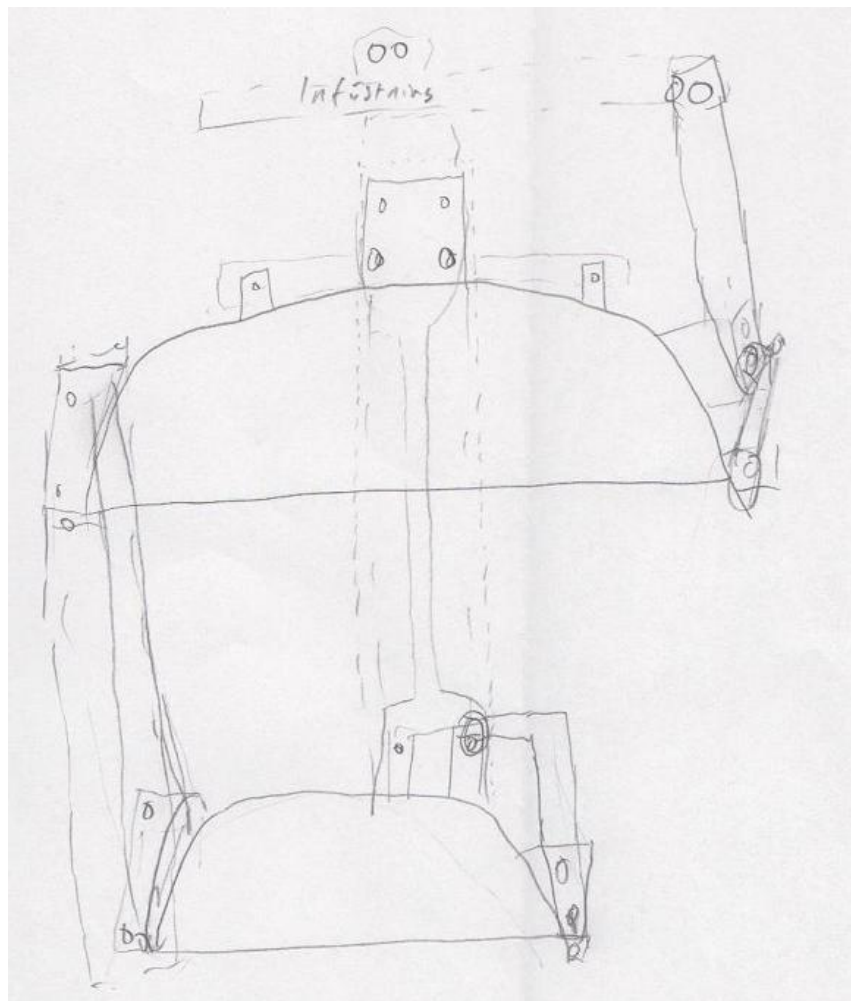
Namn	Koncept O: V-format stöd
Huvudprincip	De yttre konsolerna ersätts med ett V-format stöd som håller upp dem. Liknar koncept N. Genom effektiv form på stöden så ökar styrkan och vikten minskas.



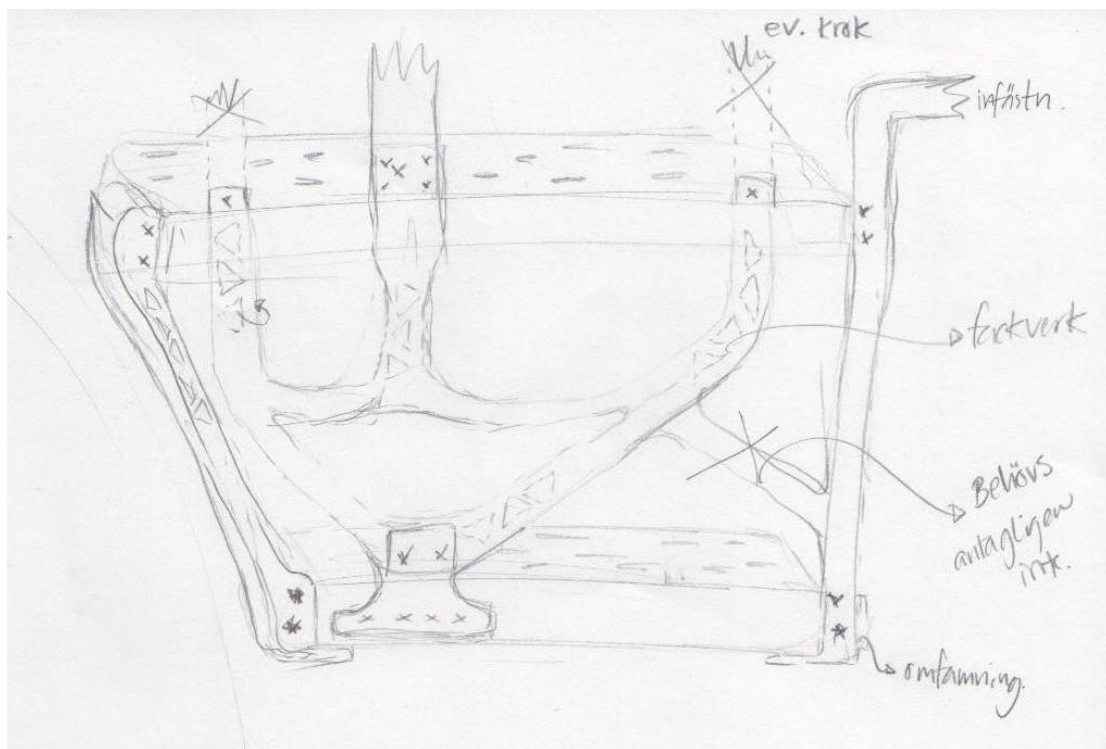
Namn	Koncept P: Utan mittkonsol
Huvudprincip	De yttre konsolerna förstärks och den mittersta undre konsolen tas bort. Utan den tunga undre mittkonsolen minskas vikten.



Namn	Koncept Q: Svag i mitten, ingen undre höger
Huvudprincip	Den undre mittkonsolen försvagas och den högre undre konsolen tas bort och ersätts med en konsol från mittkonsolen.



Namn	Koncept R: Förgrenad i mitten
Huvudprincip	Den undre mittkonsolen är förgrenad. Omfamning och fackverk.



Namn	Koncept S: Omslutande horisontell konsol
Huvudprincip	Konsolerna består av plattjärn med anknäbb. Den högra undre konsolen saknas. Horisontell konsol av fyrkantströr omsluter steget på baksidan.

