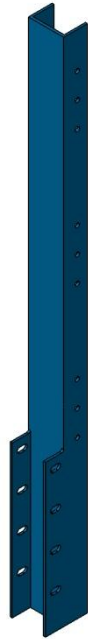


CHALMERS



Optimering av B-stolpe

Optimization of B-pillar

*Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom
Maskiningenjörsprogrammet*

Eddie Thelandersson

Jonatan Lilja

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik
Avdelningen för Avancerad oförstörande provning
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sweden, 2012
Examinator: Gert Persson
Examensarbete No. 72/2012

FÖRORD

Detta examensarbete omfattar 15 högskolepoäng och har utförts på konsultbolaget Fasitet PDE AB i Göteborg. Examensarbetet gjordes som en avslutande del av maskiningenjörsprogrammet med inriktning konstruktion, 180 hp, på Chalmers Tekniska Högskola.

Vi vill tacka Rudolf Brogren, vår handledare, och all personal på Fasitet PDE AB. Vi vill även tacka Susanne Hjalmarsson, Carl-Johan Ragnarsson och alla andra medarbetare på Volvo bussar AB i Säffle som har hjälpt oss med detta examensarbete.

Vi vill också tacka vår handledare Gert Persson på institutionen för material- och tillverkningsteknik på Chalmers Tekniska Högskola.

Ort: Göteborg

Datum: 29-08-2012

Eddie Thelandersson

Jonatan Lilja

SAMMANFATTNING

På dagens bussar finns ett antal säkerhetskrav och ett av dessa är R66. R66 innebär att vid en eventuell olycka vilket resulterar i att bussen slår omkull ska det finnas kvar ett visst säkerhetsutrymme efter att bussen har deformerats. För att klara detta säkerhetskrav har man ett antal stolpar längst bussens sidor vilka ska förstärka bussens struktur. I bussen, alldeles bakom föraren, sitter B-stolpen och det är den detta projekt har fokuserat kring.

På B-stolpen som finns på dagens bussar såg man en stor möjlighet att minska kostnaden och att tillverka en lättare B-stolpe. Speciellt eftersom den nuvarande B-stolpen hade en väldigt komplicerad geometri. Därför ville Fasitet se över möjligheterna att ändra dagens struktur genom att komma på en ny lösning på hur B-stolpen kunde se ut och på det sättet försöka reducera kostnaden och vikten. Detta skulle göras utan att förlora den befintliga B-stolpens funktioner.

I början av arbetet togs fem olika koncept på B-stolpen fram som med hjälp av en utvärderingsmatris och Rudolf Brogren på Fasitet jämfördes. Det gjordes även mer grundliga jämförelse på tre av koncepten där man tog hänsyn till kostnad, vikt och styvhet. En ihopsatt referensgrupp såg över resultaten och tog ett gemensamt beslut om vilket av koncepten som gick vidare. Det återstod sedan att utforma detta koncept för att klara av samma belastning som den befintliga B-stolpen. För att kontrollera B-stolpens hållfasthet och granska deformationen gjordes en FEM-analys. I FEM-analysen justerades dimensionerna på konceptet så att det skulle klara av samma belastning som den befintliga B-stolpen. Sedan kontrollerades hur mycket kostnaden och vikten hade reducerats. På det vinnande konceptet reducerades kostnaden med 33.3 % och vikten reducerades med 12.2 %.

ABSTRACT

On today's buses there are a number of safety requirements and one of these are R66. R66 means that in case of an accident resulting in the bus to rollover, there shall be left a certain safety margin after the bus has been deformed. To meet this safety requirement and you have a number of posts at the sides of the bus which will enhance the bus structure. In the bus just behind the driver the B-pillar is found which is what this project focuses on.

On the B-pillar in today's buses there was a big opportunity to reduce the cost and to produce a lighter B-pillar. Especially since the current B-pillar had a very complicated geometry. That's why Fasitet wanted to look at ways to change the current structure by coming up with a new solution to the B-pillar to optimize the cost and weight. This would be done without loss of the existing B-pillar functions.

In the beginning of the work five different concepts of the B-pillar were made. They were later evaluated together with Rudolf Brogren on Fasitet using an evaluation matrix. Comparisons of the cost, weight and stiffness were made between three of the concepts. The results were presented for a reference group which decided what concept to move on with. Then the concept was designed to withstand the same load as the existing B-pillar. To control the B-pillars strength and examining the deformation a FEM-analysis were made. In the FEM-analysis the dimensions on the concept were adjusted so that it would withstand the same load as the existing B-pillar. When the final design was done the cost and weight were determined. On the winning concept the cost was reduced by 33,3 % and the weight was reduced by 12,2 %.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

BETECKNINGAR	1
1. INLEDNING	2
1.1 Bakgrund.....	2
1.2 Syfte	2
1.3 Avgränsningar.....	3
1.4 Precisering av frågeställningen	3
2. METOD	4
3. PROBLEMBESKRIVNING	6
4. MONTERING AV BUSS	7
5. FUNKTIONSANALYS	9
6. KONCEPTFRAMTAGNING	12
6.1 Koncept 1	12
6.2 Koncept 2	13
6.3 Koncept 3	13
6.4 Koncept 4	14
6.5 Koncept 5	15
7. VAL AV KONCEPT.....	16
7.1 Första urvalsprocessen.....	16
7.1.1 Konceptens för- och nackdelar.....	17
7.1.2 Pugh-matris	18
7.2 Andra urvalsprocessen.....	19
7.2.1 Kostnad.....	21
7.2.2 Vikt.....	23
7.2.3 Styvhet.....	24
7.2.4 Sammanställning	27
8. FEM-ANALYS	29
8.1 Befintlig	29
8.2 Koncept 5.....	31
9. SLUTGILTIG KOSTNAD OCH VIKT	35
10. DISKUSSION	37
11. SLUTSATS	38
REFERENSER.....	39
BILAGOR	

BETECKNINGAR

LE – Low Entry. Bussar som har lågt golv i främre delen och högt i bakre.

MF – Medium Floor. Bussar som har högt golv i hela bussen.

R66 – Ett EU-krav som innebär att vid en eventuell olycka som resulterar i att bussen slår omkull ska det finnas kvar ett visst säkerhetsutrymme

Klass 1 – Bussar som max får gå i 70 km/h och är avsedda för stadstrafik.

Klass 2 – Bussar som får köra i mer än 70 km/h och är avsedda för regionstrafik.

8900 – Klass 2 buss med en höjd på 3,1 meter över marken.

7900 – Klass 1 buss med en höjd på 2,9 meter över marken.

CAD – Computer Aided Design. En teknik att med hjälp av en dator konstruera solidmodeller.

FEM – Finita Element Metoden. Metod som man t.ex. kan undersöka var störst spänningar uppstår och hur stor utböjningen blir då man lägger på en viss kraft.

CATIA – Program som används för att göra CAD-ritningar.

1. INLEDNING

Vi kom i kontakt med företaget Fasitet och har där utfört detta projekt. Fasitet har kontor i både Göteborg och Trollhättan och sysselsätter drygt 100 medarbetare och behandlar ett flertal olika teknikområden. Fasitet är ett företag som bland annat utvecklar och optimerar redan befintliga produkter. Konstruktion, simulering och beräkning är några av tjänsterna som företaget erbjuder. Fasitet tar sig an uppgifter från koncept till färdig produkt [5].

1.1 Bakgrund

Fasitet är inhyrda av Volvo bussar och det är inom det området detta projekt har genomförts. På dagens bussar finns ett antal säkerhetskrav och ett av dessa är R66. R66 innebär att vid en eventuell olycka vilket resulterar i att bussen slår omkull ska det finnas kvar ett visst säkerhetsutrymme. För att klara detta säkerhetskrav har man ett antal stolpar längst bussens sidor vilka ska förstärka bussens struktur. I bussen alldeles bakom föraren sitter B-stolpen och det är den detta projekt fokuserar kring. B-stolpen har studerats på LE (Low Entry) bussar.

1.2 Syfte

På B-stolpen som finns på dagens bussar såg man en stor möjlighet att kunna minska kostnaden genom att tillverka en lättare B-stolpe. Speciellt eftersom den nuvarande B-stolpen hade en väldigt komplicerad geometri. Därför ville Fasitet se över möjligheterna att ändra dagens struktur genom att komma på en ny lösning på hur B-stolpen kunde se ut och försöka reducera kostnaden och vikten. Detta skulle göras utan att förlora den befintliga B-stolpens funktion. Därför behövdes en FEM-analys göras för att jämföra den nyframtagna lösningen för att se att den nya tålde lika stor belastning som den befintliga. Syftet med detta projekt var att optimera kostnaden och vikten för B-stolpen.

1.3 Avgränsningar

Den bussmodell som har tagits hänsyn till är LE där bussar med enkeldörr och dubbeldörr studerats. Höjden varierar mellan olika bussvarianter. Här har bara 8900-bussarna, vilka har en höjd på 3,1 meter, studerats. Anledningen till att endast 8900-bussarna har studerats beror på att de har krav för R66, vilket inte 7900-bussarna har, detta eftersom de är klass 2 bussar och får därför köra i mer än 70 km/h. De material som har använts är stål (141312-00) och aluminium (EN-AW-6005A), vilket var en given avgränsning från Fasitet. För att beräkningarna inte skulle bli för omfattande förenklades FEM-analysen.

1.4 Precisering av frågeställningen

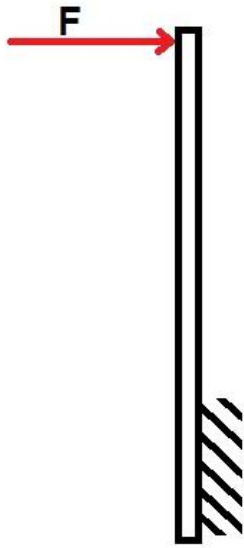
- Går det att reducera kostnaden med 25 %?
- Går det att reducera vikten med 20 %?

2. METOD

Uppstarten kom främst att bestå av att samla in en hel del information om denna B-stolpe i fråga. Det söktes bland annat efter information om vilka avgränsningar som fanns att arbeta med. Därefter sågs den nuvarande B-stolpens struktur över för att se vilka tänkbara möjligheter det fanns för förenkling. Med denna förbättring vilken var tänkt att göra var det främst en reducering av kostnaden och vikten som skulle genomföras. Vid en eventuell konflikt mellan kostanden och vikten så prioriterades kostnaden.

För att se hur B-stolpen tillverkades och bli mer insatt i uppgiften gjordes ett besök hos Volvos produktionsanläggning i Säfle. Detta besök gav en tydlig bild av hur bussar monteras. För att få en tydligare bild av den befintliga B-stolpens funktioner gjordes det en funktionsanalys, se kapitel 5 – Funktionsanalys. Där man på ett utförligt sätt kan visa vad var artikel för sig har för funktion så att man får en klarare helhetsbild över B-stolpen. Det bestämdes tillsammans med handledaren på Fasitet att det minst skulle tas fram tre koncept. Dessa koncept kunde ersätta B-stolpen helt eller delvis. Efter att ett par koncept valdes ut modellerades de upp i CATIA för att få en bättre överblick hur dessa såg ut. När dessa olika koncept skulle jämföras ställdes en så kallad Pugh-matris upp. Genom denna matris valdes tre koncept ut. Dessa jämfördes sedan med varandra med avseende på kostnad, vikt och styvhet.

Det skickades sedan ut en presentation om de olika koncepten till en referensgrupp, vilken bestod av Rudolf Brogren på Fasitet och Carl-Johan Ragnarsson på Volvo bussar i Säfle. Presentationen analyserades och utvärderades för att bestämma vilket koncept som sedan skulle gå vidare. När ett av alternativen i fråga valdes utfördes en referensberäkning mellan den nyframtagna lösningen och den befintliga. Detta gjordes med hjälp av FEM. Då kunde man kontrollera att den nya B-stolpen klarar av samma belastning som den nuvarande. Det utformades ett lastfall tillsammans med Rudolf Brogren på Fasitet som innebar att B-stolpen var fast inspänd i anslutningsflänsarna till chassit, på B-stolpens nedre del, och därefter lades en kraft på i toppen av stolpen. Förenklad bild av lastfallet kan ses i figur 2.1.

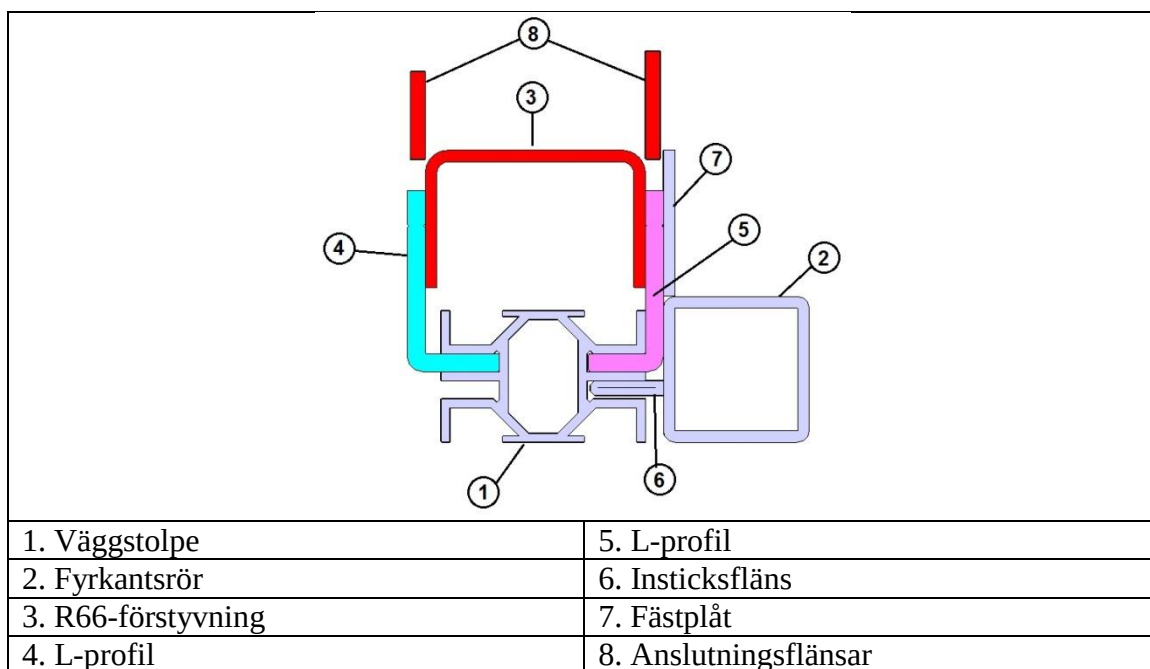


Figur 2.1 – Förenklad bild av lastfallet. Fast inspänd i anslutningsflänsarna

3. PROBLEMBESKRIVNING

Anledningen till att B-stolpen skulle ses över är för att Volvo bussar ansåg att konstruktionen inte var så väl genomtänkt som den skulle kunna vara. De tyckte att det var allt för många tillhörande artiklar och att de gärna såg att monterings tiden av B-stolpen reducerades.

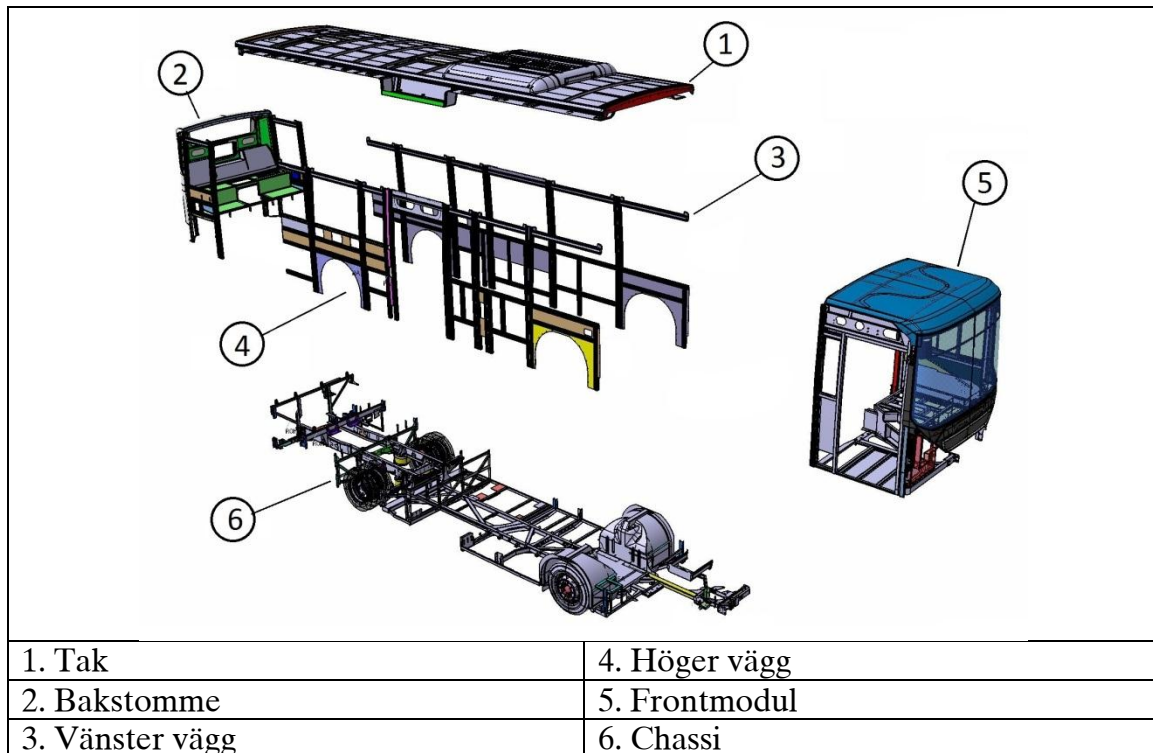
Den befintliga B-stolpen består idag av en väggstolpe i aluminium med flera tillhörande artiklar, nio av dem kan ses i figur 3.1. I figuren har artiklarna olika färger för att lättare kunna urskilja dem. I spåren på väggstolpens sidor sitter två L-profiler i aluminium. I dessa fäster man sedan in en U-profil av stål, den så kallade R66-förstyvningen. På R66-förstyvningen finns två anslutningsflänsar påsvetsade vilka finns där för att möjliggöra infästning i chassit. Det finns ytterligare två L-profiler i toppen av väggstolpen vilka är där för infästning av takkonstruktionen, dessa syns inte i figur 3.1. Intill väggstolpen, sidan mot frontmodulen, sitter där ett fyrkantsrör som tillhör frontmodulen. De olika artiklarna på dagens B-stolpe och dess funktioner förklaras tydligare i kapitel 5 – Funktionsanalys. Problemet med B-stolpen var alltså att den bestod av för många artiklar vilket medförde att monteringen tar lång tid.



Figur 3.1 - Snittvy av den befintliga B-stolpen

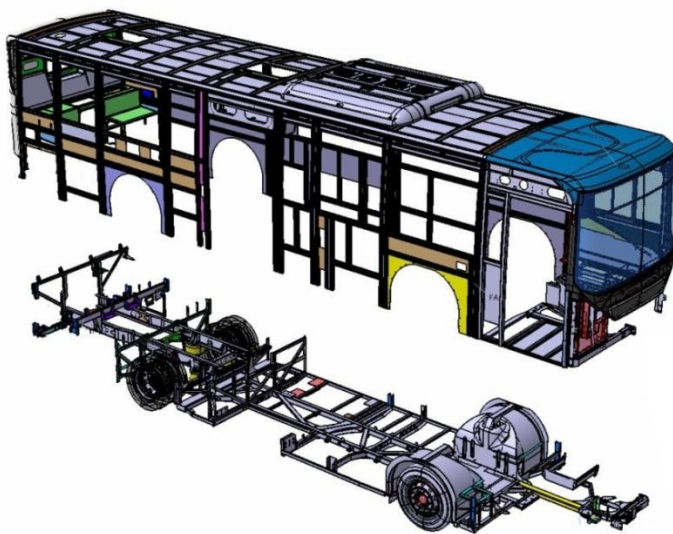
4. MONTERING AV BUSS

Bussen delas in i sex större sektioner, chassit, frontmodulen, bakstommen, vänster respektive höger vägg samt taket, se figur 4.1. Dessa sektioner byggs som separata delar vilka sedan monteras de ihop till en buss.



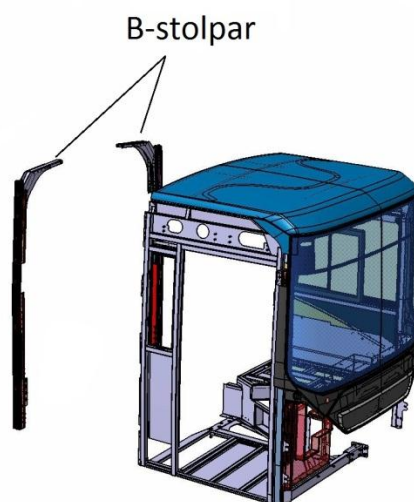
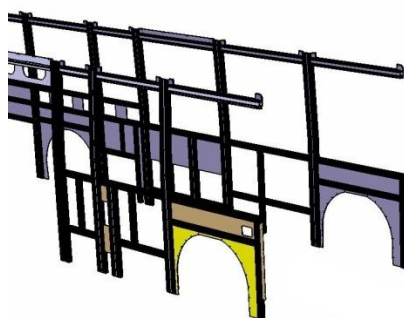
Figur 4.1 - Bussens sex större sektioner

Idag genomförs inte monteringen riktigt som det var tänkt från början. Idag monteras först de båda väggarna på frontmodulen. Därefter sätts bakstommen på och då har man bussens hela väggstruktur färdig. Taket lyfts på plats och inte förrän nu dockas väggstrukturen och taket på chassit, se figur 4.2. Nu är bussens hela struktur är färdig. Som det var tänkt från början skulle man montera allt med taket som utgångspunkt, men som det är idag är det frontmodulen som är utgångspunkten.



Figur 4.2 - Bussens hela struktur redo att dockas på chassit

B-stolparna som syns tydligt i figur 4.3 tillhör respektive väggsektion. B-stolparna sätts fast med fyrkantsrören tillhörande frontmodulen på vardera sidan. Sedan sätter man fast väggarna i B-stolparna. Detta gör att man får ett interface mellan B-stolpen och väggsektionen.

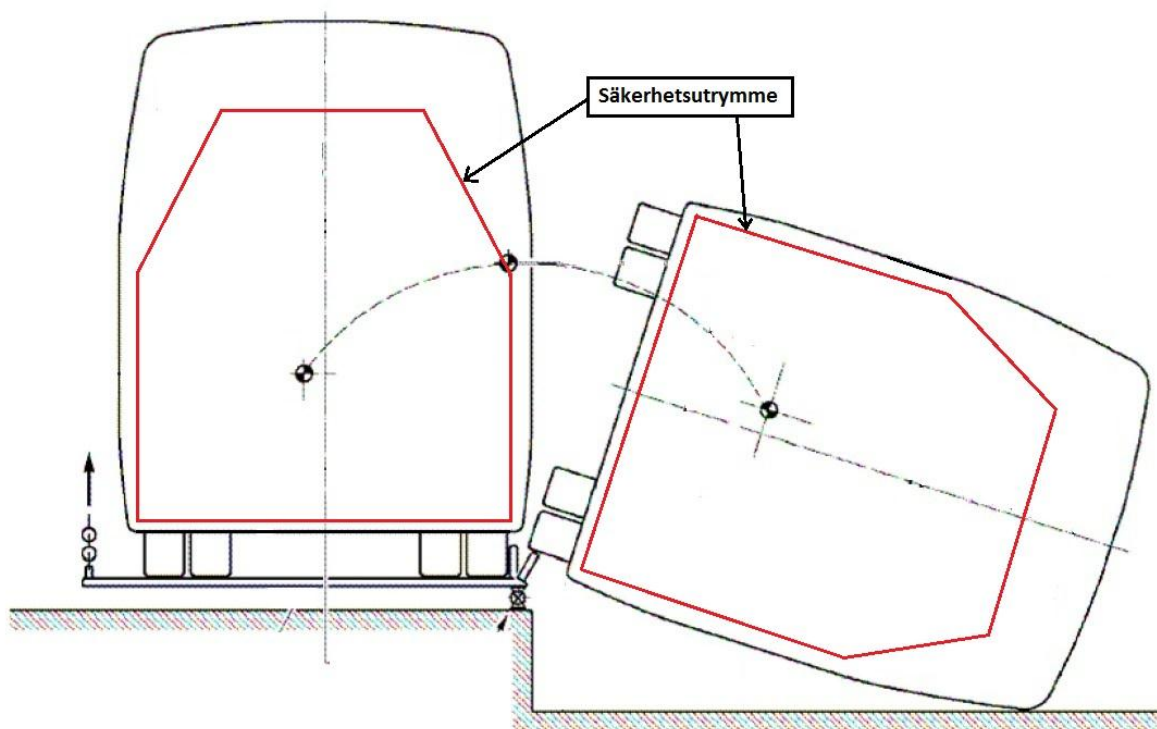


Figur 4.3 - B-stolparna sitter alldeles bakom frontmodulen

5. FUNKTIONSANALYS

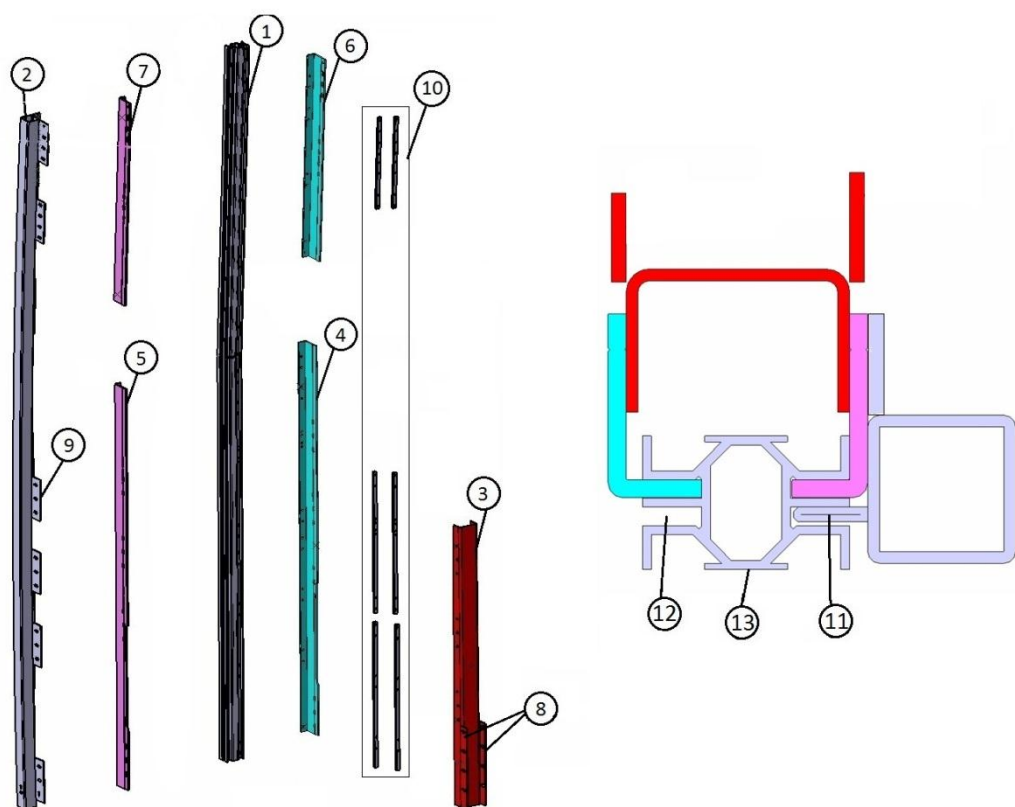
De bussar som säljs inom EU måste klara vissa krav, ett av dessa är R66. Detta EU-krav innebär att vid en eventuell olycka vilket resulterar i att bussen slår omkull ska det finnas kvar ett visst säkerhetsutrymme, se figur 5.1. Detta EU-krav ställer krav på karosstommens hållfasthet när en buss slår omkull [1].

För att uppnå riktlinjerna enligt R66 har man ett antal stolpar på bussen sidor. Dessa stolpar ska ta upp energin som bildas då bussen slår i marken vid rundslagning för att förhindra att bussen deformeras så pass mycket att bussens säkerhetsutrymme går förlorat. En av dessa stolpar är B-stolpen, som sitter strax bakom förarplatsen, det är den detta projekt fokuserar på.



Figur 5.1 - R66-test. Den röda markeringen i bussen visar säkerhetsutrymmet

För att bättre förstå hur B-stolpen är uppbyggd gjordes en sprängskiss och en snittvy av B-stolpen där alla artiklar numrerades, se figur 5.2. För att lättare kunna urskilja de olika artiklarna så har de olika färger. Ett koordinatsystem lades in vid sprängskissen för att lättare kunna förklara de olika delarna i tabell 5.1. Benämningen och funktionen för var och en av B-stolpens artiklar förklaras i tabell 5.1.



Figur 5.2 – En sprängskiss (till vänster) och en snittvy (till höger) av B-stolpen

Tabell 5.1 – Benämningar och funktioner för var artikel

Nummer	Benämning	Funktion	Kommentarer
1	Väggstolpe	Låser fast frontmodulen med karossen och infästning av R66-förstyvningen.	Väggstolpen är den artikel som ska sammankopplas med fyrkantsröret för att låsa fast frontmodulen och väggsektion med varandra.
2	Fyrkantsrör	Används för att låsa fast frontmodulen med karossen.	Fyrkantsröret är en del tillhörande frontväggen.
3	R66-förstyvning	Är en förstärkning för att klara av EU-kraven för R66.	Sitter längs väggstolpens nedre del.
4	L-profil nedre bakre	Fäster R66-förstyvningen.	Den L-profil som man fäster R66 förstyvningens ena sida i, bakåt riktat sett.
5	L-profil nedre främre	Fäster R66 förstyvningens i samt att sammankoppla frontmodul och kaross.	Den L-profil där man fäster R66 förstyvningens andra sida i, sidan placerad närmast fronten.
6	L-profil övre bakre	L-profil som används för att fästa takknuten med.	L-profil som används för att fästa takknuten med.
7	L-profil övre främre	Fäster takknuten och fyrkantsröret.	L-profil som används för att fästa takknuten med samt att sammankoppla frontmodulen med karossen med hjälp av fyrkantsröret.
8	Anslutnings-flänsar chassi	Låser fast R66-förstyvningen med chassit	Dessa fästen sitter fastsvetsade i R66-förstyvningen och finns där för att fästas i bussens inre struktur
9	Fästplåt, x-plan	Kopplar samman kaross och frontmodul.	Dessa stålflänsar pekar utåt från fyrkantsröret i x-planet och används för att koppla samman kaross och frontmodul.
10	Gänggods	Möjliggör skruvmontering.	Stålstänger utrustade med gängor. Dessa ligger mot väggstolpens flänsar för att man kunna skruva fast föremål i väggstolpspår.
11	Insticksfläns, y-plan	Kopplar samman frontmodul och kaross	Dessa insticksflänsar pekar utåt från fyrkantsröret i y-planet och förs in i ett av väggstolpspår. Detta görs för att sammankoppla frontmodul med kaross.
12	Väggstolpspår	Åstadkommer monteringsmöjligheter i väggstolpen.	På väggstolpens främre sida som ligger mot fyrkantsröret finns där två väggstolpspår. Det finns två likadana spår på väggstolpens motstående sida.
13	Yttre yta väggstolpe	Bland annat för fastlimning av glas.	Väggstolpens yttre yta används bland annat till att limma fast bussens rutor.

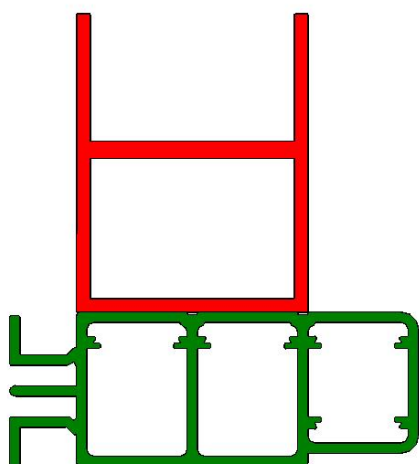
6. KONCEPTFRAMTAGNING

De lösningar som har tagits fram omfattar två olika områden. Antingen omfattar den hela B-stolpen samt fyrkantströret tillhörande frontmodulen eller så ersätter koncepten endast R66-förstyvningen.

Ett flertal olika koncept skissades fram. Många av alternativen föll bort direkt då de inte ansågs vara lämpliga. Tillsammans med Rudolf Brogren på Fasitet ansågs det att det var lämpligt med fem stycken alternativ att gå vidare med till nästa steg.

6.1 Koncept 1

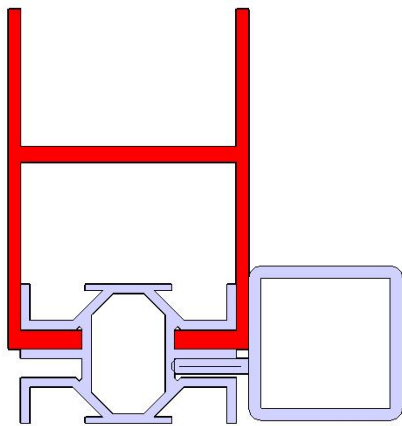
Koncept 1 är ett förslag vilket ersätter hela B-stolpen samt fyrkantströret. Den består av två artiklar. Den gröna artikeln har ersatt väggstolpen och fyrkantströret och den röda artikeln ersätter R66-förstyvningen, se figur 6.1. Anledningen till att inte göra allt till en artikel är att väggstolpdelen nu kan utnyttjas till flera bussar då 7900-bussarna använder sig av samma väggstolpe och fyrkantströr.. Båda artiklarna är gjorda av aluminium. På artikeln som ersätter väggstolpen och fyrkantströret är väggstolpspårerna bevarade på ena sidan. Det har även gjorts spår för att hålla gänggodsen på plats. Den absolut främsta fördelen med koncept 1 är viktminskningspotentialen. De artiklar som tidigare var av stål är numera av aluminium. Den största nackdelen är att flera intilliggande artiklar måste omkonstrueras för att passa.



Figur 6.1 - Snittvy koncept 1

6.2 Koncept 2

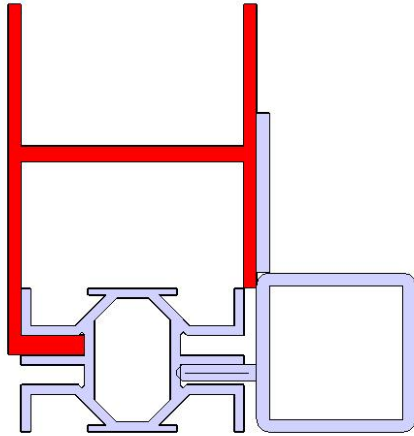
I koncept 2 ersattes R66-förstyvningen samt de nedre L-profilerna, se figur 6.2. Den befintliga väggstolpen och fyrkantsröret behölls alltså. En ändring på fyrkantsröret gjordes och det var att ta bort fästplåtarna. Det gjordes främst för att man redan fäster fyrkantsröret med väggstolpen via insticksflänsarna vilket räcker för att hålla ihop frontmodulen med chassit, men det reducerar även vikten. De främsta fördelarna är att den är lätt att implementera och antalet skruvförband reduceras. Den största nackdelen är att den kan bli svår att montera då den måste föras in från änden och då gäller det att båda artiklarna är tillräckligt raka i förhållande till varandra. Detta skulle man möjligtvis kunna ordna genom att använda ett hydrauliskt monteringsverktyg.



Figur 6.2 - Snittvy koncept 2

6.3 Koncept 3

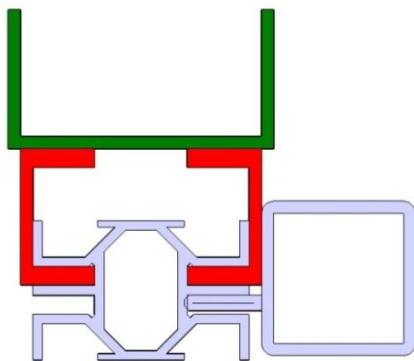
Koncept 3 är väldigt likt koncept 2 och även denna ersätter R66-förstyvningen och de nedre L-profilerna, se figur 6.3. Även här behölls väggstolpen och fyrkantsröret. Det gjordes inga förändringar på det befintliga fyrkantsröret, fästplåtarna behölls alltså. Det gjordes för att kunna montera den eftersom man inte utnyttjar det främre väggstolpspåret för infästning. Den största fördelen är att den är betydligt enklare att montera än koncept 2. Det blir dock mer materialspill vid tillverkningen jämfört med koncept 2.



Figur 6.3 - Snittvy koncept 3

6.4 Koncept 4

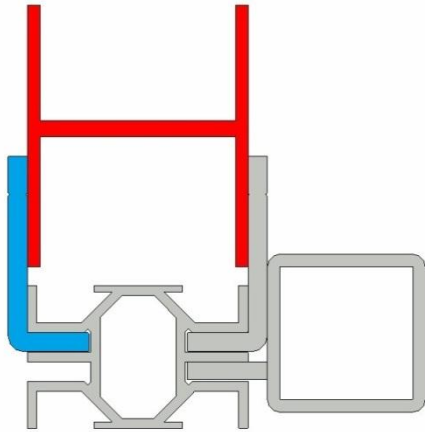
Koncept 4 är också ett förslag som ersätter R66-förstyvningen samt de nedre L-profilerna, se figur 6.4. Det betyder alltså att väggstolpen och fyrkantsröret behövs. Här togs fästplåtarna bort från fyrkantsröret precis som i koncept 2. Koncept 4 består av tre artiklar, två likadana U-profiler i aluminium samt en bockad del av stål. Fördelarna med detta koncept är att det blir lätt att montera och billig att tillverka. De största nackdelarna är att den består av många artiklar och att den kräver många skruvförband.



Figur 6.4 - Snittvy koncept 4

6.5 Koncept 5

Med koncept 5 ersattes endast R66-förstyvningen, se figur 6.5. Även här har alltså den befintliga väggstolpen och fyrkantsröret behållits och fästplåtarna från fyrkantsröret tagits bort. Den L-profil som kan ses som blå i figur 6.5 har modifierats en aning, man har avlägsnat det spel som fanns mellan L-profilens långsida och väggstolpen. Detta koncept är egentligen väldigt likt den befintliga lösningen. Den stora skillnaden är att hela R66-förstyvningen är tillverkad aluminium. Detta gör att man slipper svetsa på några anslutningsflänsar till chassit. Precis som koncept 4 så är fördelarna med detta koncept är att det blir lätt att montera och billig att tillverka. De största nackdelarna är att även här är det många artiklar och att den kräver många skruvförband.



Figur 6.5 - Snittvy koncept 5

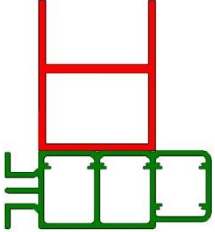
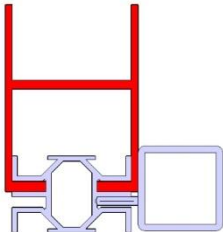
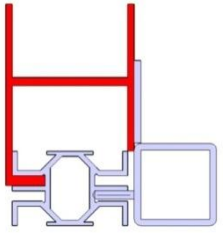
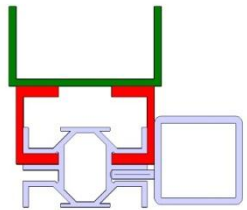
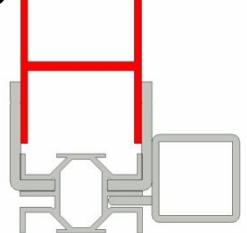
7. VAL AV KONCEPT

7.1 Första urvalsprocessen

De fem koncept som beskrevs i kapitel 6 - Konceptframtagning har det sedan sammanställts för- och nackdelar för, detta kan man se i tabell 7.1. För att enklare kunna jämföra de olika koncepten och för att kunna välja ut tre koncept att gå vidare med gjordes det en Pugh- matris, se tabell 7.2. Anledning till att det var just tre som skulle väljas ut var för att detta bestämdes tillsammans med Rudolf Brogren på Fasitet. Det ansågs lämpligt med tre koncept då det skulle göras noggranna jämförelser av kostnad, vikt och styvhet mellan dessa vilket var ganska tidskrävande.

7.1.1 Konceptens för- och nackdelar

Tabell 7.1 - För- och nackdelar

Koncept	Fördelar	Nackdelar
1 	Stor viktningspotential	Omfattande omkonstruktion av intilliggande artiklar
	Stor potential för reducering av monterings tid	
	Antal artiklar minskas	Hög verktygskostnad
	Enkel att anpassa till 7900-bussar	Skruv/nitförband mot frontmodul
2 	En artikel (R66-förstyvning+chassiinterface)	Montering kan bli svår då profilen måste skjutas in från änden av stolpen. Hydrauliskt monteringsverktyg troligen nödvändigt.
	Lätt att tillverka (symmetrisk)	
	Billigt verktyg (ej hålprofil)	
	Få skruvförband	
	Minimal påverkan av befintliga intilliggande detaljer	
	Lätt att implementera	
3 	Enkel montering	Svår att tillverka p.g.a. osymmetrisk form
	En artikel (R66-förstyvning+chassiinterface)	
	Minimal påverkan av befintliga intilliggande detaljer	Kräver distanser i främre innerspår
	Billigt verktyg (ej hålprofil)	Extra skruvförband jämfört med 2
	Lätt att implementera	
4 	Enkel montering	Vinner inte många skruvförband jämfört med den befintliga lösningen
	Enkel att tillverka	
	Minimal påverkan av befintliga intilliggande detaljer	
	Ingen bearbetning och spill	Många artiklar
	Billigt verktyg	
	Lätt att implementera	
5 	Enkel montering	Vinner inte många skruvförband jämfört med den befintliga lösningen
	Enkel att tillverka p.g.a. symmetrin	
	Mycket lik dagens lösning (lätt att implementera)	Många artiklar
	Minimal påverkan av befintliga intilliggande detaljer	

7.1.2 Pugh-matris

De fem koncept som nu har tagits fram ska fås ner till tre. För att välja tre koncept att gå vidare med användes en Pugh-matris, se tabell 7.2. En Pugh-matris är ett bra redskap för den som skall göra ett konceptval. En Pugh-matris ställdes upp för att göra det så systematiskt och opartiskt som det gick.

Först togs det fram ett flertal kriterier, vilka kommer att användas för att jämföra de olika lösningsalternativen med varandra. Dessa kriterier har viktats med en skala 1-3 beroende på hur viktiga de är för B-stolpens egenskaper. För att få något att jämföra med utnyttjar man den befintliga B-stolpen och sätter alla dess kriterier till noll. Sedan poängsätts kriterierna för de övriga koncepten. Detta görs för att se hur koncepten är i jämförelse med den befintliga B-stolpen. För poängsättningen användes en skala vilken gick från -2 till 2. Till exempel; Om koncept 3 anses ha samma monterings tid som den befintliga B-stolpen så ska koncept 3 poängsättas till 0. Om en faktor är mycket bättre än den befintliga ska den poängsättas till 2 och till -2 om den är mycket sämre.

Summeringen går till så att man multiplicerar viktvärdet med det poäng som konceptet fick för vart kriterium. Sedan summeras alla tal för vart koncept och ett jämförande värde har fått fram. Efter metoden kunde tre bland dessa fem väljas ut att gå vidare med.

Tabell 7.2 – Pugh-matris

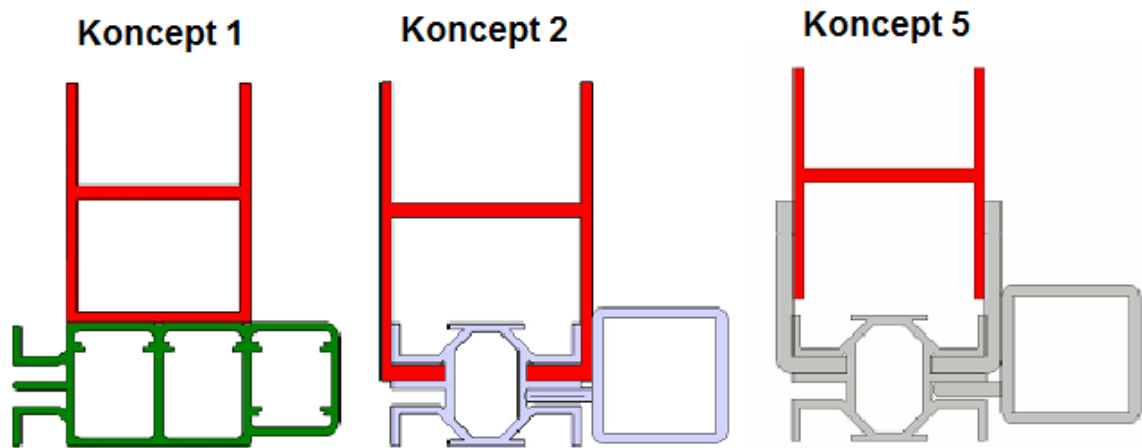
	Viktvärde	Koncept 1	Koncept 2	Koncept 3	Koncept 4	Koncept 5	Befintlig
Viktminskings-potential	3	2	1	1	0	1	0
Monteringstid	3	2	2	1	1	1	0
Artikelantal	2	1	2	2	0	0	0
Antal skruv-förband	2	1	2	1	0	0	0
Verktogs-kostnad	2	-2	-1	-2	0	0	0
Bearbetning	1	-1	-1	-1	2	0	0
Påverkan av intilliggande artiklar	1	-2	0	0	0	0	0
Anpassnings-barhet till 7900-bussar	1	1	0	0	0	0	0
Summering		10	13	8	5	6	0

Efter att Pugh-matrisen var gjord såg man att koncept 1 och 2 stack ut lite extra. Det berodde mest på grund av att monterings tiden fick högst poäng på de alternativen. Även viktningspotentialen var högst på koncept 1. De två faktorerna påverkade mest då deras viktvärde var tre, vilket var högst. De tre andra koncepten var det ganska jämt mellan. Skulle man följt denna Pugh-matris exakt så skulle koncept 1, 2 och 3 gått vidare. Men då det ansågs att koncept 3 var väldigt likt koncept 2 så därför valdes istället koncept 5 att gå vidare med. Koncept 3 fick då istället anses som en variant av koncept 2 ifall det skulle bli svårt att montera den.

7.2 Andra urvalsprocessen

Det har nu bestämts tillsammans med Rudolf Brogren på Fasitet vilka tre koncept som går vidare i urvalsprocessen. Dessa kommer att jämföras för att slutligen välja ett att gå vidare med. De förslag som gick vidare i detta steg var koncept 1, 2 och 5, se figur 7.1. Dessa koncept kommer nu att jämföras med varandra. Det som kommer att studeras är kostnaden, vikten och styvheten då dessa är de viktigaste parametrarna. Kostnaden, vikten och styvheten kommer även att tas fram för den befintliga B-stolpen. Detta görs för att se hur koncepten ligger till i förhållande till den befintliga.

För att få en uppfattning om kostnaden skickades ritningar in på de koncept som gick vidare till Jesper Hjerpe på Sapa [9], ritningarna som skickades finns att se i bilagor. Sapa är ett företag som tillverkar aluminiumprofiler. Anledningen till att ritningar skickades in var för att det inte var standardprofiler som skulle användas i våra konstruktioner. Ritningarna kommer att gå igenom och en uppskattning av kostnaden skickas tillbaka. Kostnaden på den befintliga B-stolpen erhöles från Susanne Hjalmarsson material koordinator på Volvo bussar i Säfle [7]. För att få fram vikten togs det hjälp av CATIA där det snabbt gick att gå in och avläsa massan på de olika CAD-modellerna. Styvheten kontrollerades också i CATIA men i detta läge undersöktes endast yttröghetsmomenten. Detta görs för att få en uppfattning om hur styva de olika koncepten samt den befintliga B-stolpen är.



Figur 7.1 - Koncepten som gick vidare i första urvalsprocessen

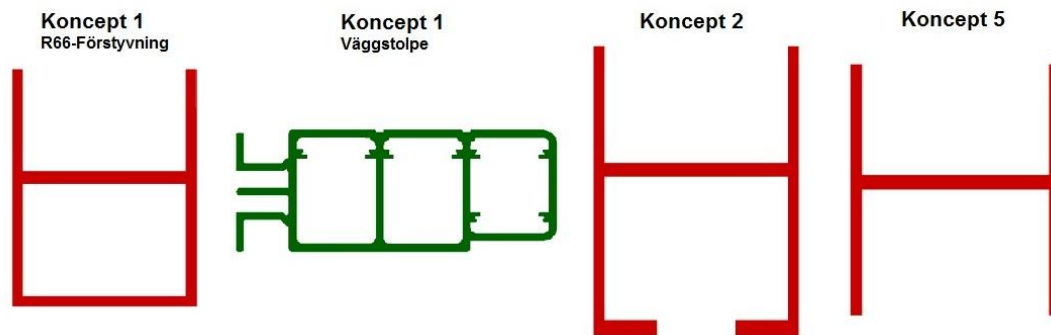
7.2.1 Kostnad

Kostnaden är en väldigt väsentlig faktor att jämföra i detta projekt då målet var att sänka priset med 25 %. För att få reda på inköpskostnaden för de olika artiklarna på den befintliga B-stolpen kostade kontaktdades Susanne Hjalmarsson på Volvo bussar i Säffle [7], se tabell 7.3.

För att få en uppskattning på vad koncepten skulle kosta att köpa in så gjordes ritningar på de olika tvärsnitten, se figur 7.2. Dessa ritningar skickades sedan in till Sapa som tillverkar aluminiumprofiler [9], ritningarna finns att se i bilagor. De gav sedan ett meterpris på de olika tvärsnitten, som användes för att räkna ut priset enligt våra koncepts längder, de priserna kan ses i tabell 7.3. Dock är inte bearbetning inräknad i dessa inköpspriser, därför kommer priset att bli högre i slutändan.

Tabell 7.3 – Kostnadstabell

	Pris (kr)	Befintlig	Koncept 1	Koncept 2	Koncept 5
Väggstolpe	300	x		x	x
R66-förstyvning	900	x			
Fyrkantsrör	150	x		x	x
L-profil övre främre	74	x	x	x	x
L-profil övre bakre	76	x	x	x	
L-profil nedre främre	135	x			x
L-profil nedre bakre	137	x			
L-profil övre bakre för koncept 5	135				x
L-profil nedre bakre för koncept 5	137				x
Koncept 1 (R66-förstyvning)	160		x		
Koncept 1 (Väggstolpe)	392,5		x		
Koncept 2	174			x	
Koncept 5	80				x
Summering		1772	702,5	774	952



Figur 7.2 - Snittvyer

När man jämför de priser som togs fram för koncepten med den befintliga ser man att alla koncepten sänker kostnaden en hel del. Det koncept som sänkte kostnaden minst var koncept 5 och då sänktes priset ändå med ungefär 46 %. Eftersom målet var att sänka kostnaden med 25 % var detta alltså väldigt bra resultat. Koncept 1 minskade kostnaden med ungefär 60 %. Det slutgiltiga resultatet kommer att vara dyrare då bearbetning inte är inräknad. Men detta resultat ger en överblick över hur mycket priset kan reduceras. Då priset har reducerats med mellan 46 – 60 % bör det inte vara något problem att klara målet som var att reducera priset med 25 %.

7.2.2 Vikt

För att jämföra de olika konceptens vikt användes CATIA. Det sågs till att de olika koncepten hade samma tjocklek för att få en så bra jämförelse som möjligt. Dessa koncept var sedan tidigare uppritade i CATIA och där tilldelats rätt material.

I tabell 7.4 nedan så kan man se att i koncept 2 och 5 har flera artiklar tagits till vara från den befintliga B-stolpen. I tabell 7.4 framgår alla tillhörande artiklar för respektive koncept och hur mycket var artikel väger. Detta har sedan summerats för vart koncept för att få den totala vikten. All data har tagits fram med hjälp av verktyget measure i CATIA.

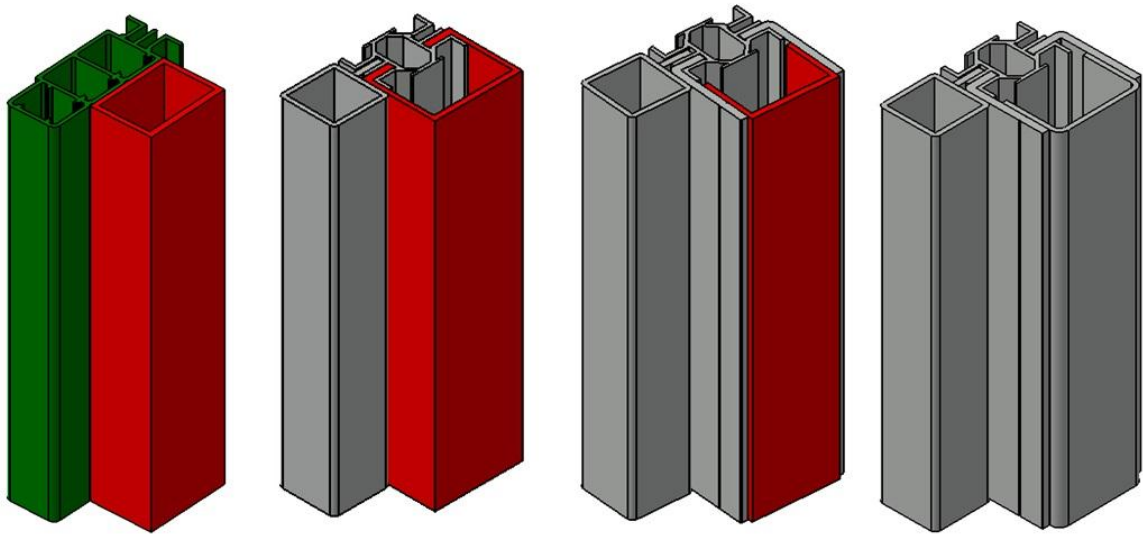
Tabell 7.4 - Vikttabell

	Vikt (kg)	Befintlig	Koncept 1	Koncept 2	Koncept 5
Väggstolpe	6,431	x		x	x
R66-förstyvning	5,527	x			
Fyrkantsrör	15,692	x		x	x
L-profil övre främre	1,058	x	x	x	x
L-profil övre bakre	1,134	x	x	x	
L-profil nedre främre	2,029	x			x
L-profil nedre bakre	2,107	x			
L-profil övre bakre för koncept 5	1,06				x
L-profil undre bakre för koncept 5	1,967				x
Koncept 1 (väggstolpe)	9,998		x		
Koncept 1 (R66-förstyvning)	3,952		x		
Koncept 2	4,436			x	
Koncept 5	2,122				x
Summering (kg)		34,0	16,1	28,8	30,4

Av dessa resultat som nu har fått fram så ser man tydligt att koncept 1 skiljer sig från de andra. Koncept 1 väger ungefär hälften så mycket som de övriga koncepten. Anledningen till detta resultat är konceptets omfattning att den ersätter både väggstolpen tillverkat i aluminium och främst att det även ersätter fyrkantsrörets i stål. Även de andra koncepten har minskade vikten men bara med ca 10 – 15 %, detta beror antagligen på att vi endast har ändrat R66-förstyvningen. Vikten kan även komma att öka då det kan bli aktuellt att öka tjockleken på koncepten för att klara R66-kravet.

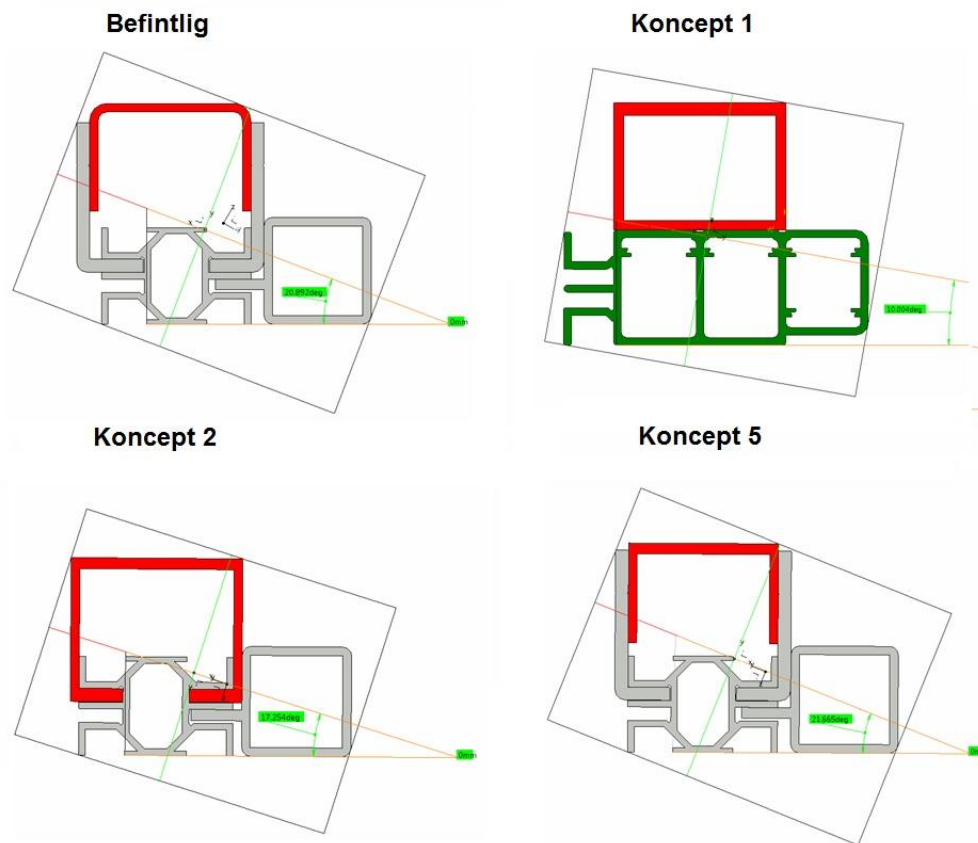
7.2.3 Styvhets

För att jämföra de olika konceptens styvheter jämfördes deras yttre moment runt en x-axel genom dess tyngdpunkt. För att göra detta användes CATIA. Först ritades det upp en 300 millimeter lång bit av samtliga koncept och den befintliga, se figur 7.3. Denna bit motsvarar en del av B-stolpen, ungefär på mitten av R66-förstyvnings.



Figur 7.3 - CAD-modeller som användes för beräkning av styvhets

Efter att bitarna var uppritade och rätt material var tillsatt på alla koncepten samt den befintliga så undersöktes yttre momenten på var och en av dem. För att göra detta användes verktyget measure i CATIA. Med hjälp av measure markerades tvärsnittsytan, då kom det fram en ruta med ett koordinatsystem runt tvärsnittsytan. Den rutan med koordinatsystemet lade sig snett, se figur 7.4, vilket gav fel yttre moment.



Figur 7.4 – Sneda koordinatsystem

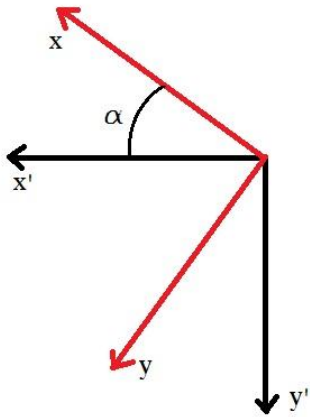
Förutom att koordinatsystem inte lade sig enligt det rätta koordinatsystem, utan i huvudtröghetsmomentets riktning, så upptäcktes att tyngdpunkten inte låg där den egentligen skulle, se figur 7.4. Den riktiga tyngdpunkten hittades genom att hela vår CAD-modell på 300 mm studerades och inte bara snittet. Punkter sattes ut i de olika tyngdpunkterna för att kunna mäta avståndet (d). Anledningen till detta var att verktyget measure som skulle ange yttröghetsmomentet inte tog hänsyn till att det var olika material på de olika artiklarna när tyngdpunkten sattes ut. Det som behövdes göra var alltså att både vrida koordinatsystemet och flytta det sträckan (d) till den riktiga tyngdpunktens x-axel.

För att yttröghetsmomentet skulle bli korrekt behövde först vrida koordinatsystemet med hjälp av en vridningssats [3], se formel 7.1. För att kunna utnyttja denna formel togs det med hjälp av CATIA reda på vilken vinkel koordinatsystemet hade vridits i förhållande till det rätta koordinatsystemet, se figur 7.5. Sedan erhöles det korrekta yttröghetsmomentet genom att förflytta koordinatsystemet så att dess x-axel överensstämde med den x-axeln som går genom tyngdpunkten. Detta gjordes med hjälp av Steiners sats [4], se formel 7.2.

Så från CATIA samlades värden in på yttröghetsmomenten, vinkeln α , avståndet till den riktiga tyngdpunkten samt arean på tvärsnittet, se tabell 7.5.

$$I_{x'} = I_x \cos^2 \alpha + I_y \sin^2 \alpha - 2I_{xy} \sin \alpha \cos \alpha \quad (7.1)$$

$$I_{x'} = \bar{I}_{x_{tp}} + d^2 A \Rightarrow \bar{I}_{x_{tp}} = I_{x'} - d^2 A \quad (7.2)$$



Figur 7.5 - Figuren visar tydligare vinkeln mellan vårt sökta koordinatsystem (x' , y') och det givna som CATIA lade ut (x , y)

Tabell 7.5 - All data som samlades in från CATIA och användes för att räkna ut yttröghetsmomenten

Koncept	Befintlig	1	2	5
α (grader)	19,40	15,61	24,48	23,06
I_x (mm ⁴)	$2,574 * 10^6$	$2,325 * 10^6$	$2,350 * 10^6$	$2,719 * 10^6$
I_y (mm ⁴)	$5,878 * 10^6$	$2,732 * 10^6$	$4,406 * 10^6$	$5,525 * 10^6$
I_{xy} (mm ⁴)	0	$-1,059 * 10^{-9}$	$2,118 * 10^{-10}$	$1,694 * 10^{-9}$
d (mm)	2,99	0	5,68	6,36
A (mm ²)	3000	2000	3000	4000

När värdena från CATIA analyserades såg man att I_{xy} var betydligt mindre än både I_x och I_y . Därför sattes I_{xy} till noll när beräkningarna gjordes. Nedan i tabell 7.6 kan ni se resultaten för varje koncept samt för den befintliga. Ni kan även se att på koncept 1 så är $I_{x'}$ lika med $\bar{I}_{x_{tp}}$ detta beror på att Steiners sats inte har använts. Det gjorde den inte på grund av att hela koncept 1 är av aluminium och därför stämde tyngdpunkterna överens. Det jämförande yttröghetsmomentet är $\bar{I}_{x_{tp}}$ som ni kan se i tabell 7.6.

Tabell 2.6 - Yttröghetsmomenten som räknades ut. $\bar{I}_{x_{tp}}$ Är det slutgiltiga yttröghetsmomentet

Koncept	Befintlig	1	2	5
$I_{x'}$ (mm ⁴)	$2,94 * 10^6$	$2,35 * 10^6$	$2,70 * 10^6$	$3,15 * 10^6$
$\bar{I}_{x_{tp}}$ (mm ⁴)	$2,91 * 10^6$	$2,35 * 10^6$	$2,60 * 10^6$	$2,99 * 10^6$

Nu när yttröghetsmomenten ($\bar{I}_{x_{tp}}$) var uträknade för våra olika koncept såg man att de inte skiljde sig så mycket mellan dem. När de jämfördes med den befintliga såg man också att de låg någorlunda bra till. Den som sedan kommer att bli vald kommer att justeras så att den tål lika stor belastning som den befintliga. Det kommer att göras genom att till exempel öka tjockleken på konceptet. I resultatet sågs det att koncept 5 fick högst yttröghetsmoment men detta berodde sannolikt på att den hade störst tvärsnittsytta (A) som ni kan se i tabell 7.5.

7.2.4 Sammanställning

Tabell 7.7 – Sammanställningen av resultaten

Koncept	Befintlig	1	2	5
Kostnad (kr)	1772	702,5	774	952
Vikt (kg)	34,0	16,1	28,8	30,4
Yttröghetsmoment (mm ⁴)	$2,91 * 10^6$	$2,35 * 10^6$	$2,60 * 10^6$	$2,99 * 10^6$

I tabell 7.7 ovan ser ni resultaten från de jämförelser som nu är gjorda. Det som man tydligt kan se är att kostnaden för koncepten är betydligt lägre än för den befintliga B-stolpen. I detta läge är kostnaderna reducerande mellan ungefär 45 – 60 %, vilket är mycket då målet var att sänka kostnaden med 25 %.

Om man studerar vikten såg man tydligt att koncept 1 stack ut som mer än halverade vikten. Anledningen till att inte de andra koncepten minskade vikten lika mycket var antagligen för att endast R66-förstyvningen ändrades, fyrkantsröret som är av stål är alltså kvar. Dessa koncept minskade vikten med ungefär 10 – 15 %.

Styvheten var ganska jämn mellan de olika förslagen. Även när man studerar den befintliga så var koncepten ganska bra som de var. När sedan en är utvald kommer bland annat tjockleken att justeras så att den utvalda blir lika styv som den befintliga. Man såg att styvheten är störst på koncept 5 vilket sannolikt berodde på att den har störst tvärsnittsarea.

Efter att dessa resultat var framtagna så gjordes en presentation där vart koncept beskrevs och jämfördes med den befintliga B-stolpen. Denna presentation skickades till en referensgrupp som bestod av Rudolf Brogren på Fasitet och Carl-Johan Ragnarsson på Volvo bussar i Säfle. De analyserade vart koncept och bestämde sig till slut för att det var koncept 5 som skulle gå vidare [5][8]. De motiverade beslutet med att om lösningen skulle implementeras inom en någorlunda framtid så var det koncept 5 som var lättast att implementera. Koncept 1, som var det koncept som minskade både kostnad och vikt mest, ansågs vara det mest intressanta. Men just nu var koncept 1 för radikalt för implementering eftersom den medförde omfattande omkonstruktioner av intilliggande delar. Koncept 2 sorterades bort på grund av att monteringen förmodligen skulle bli svår.

8. FEM-ANALYS

När nu koncept 5 blev valt skulle en FEM-analys göras för att se att koncept 5 tålde lika stor belastning som den befintliga. För att ta reda på det behövdes först en FEM-analys av den befintliga B-stolpen att göras. Först togs det reda på sträck- och brottgränsen för stålet (141312-00) [4] respektive aluminiumet (EN-AW-6005A) [2], se tabell 8.1. Det bestämdes sedan tillsammans med Rudolf Brogren på Fasitet att i testerna skulle den maximala spänningen ligga mitt emellan sträck- och brottgränsen [5], alltså ungefär 300 MPa för stålet och 250 MPa för aluminiumet. Det var först tänkt att FEM-analysen skulle göras på hela B-stolpen, men eftersom det var koncept 5 som blev valt så gjordes det endast en analys på R66-förstyvningen. Detta berodde på att R66-förstyvningen i stort sett var det enda som var nytt i koncept 5 jämfört med den befintliga.

Tabell 8.1 – Materialdata

	Sträckgräns [MPa]	Brottgräns [MPa]	Riktvärde [MPa]
Stål 141312-00	240	360	300
Aluminium EN-AW-6005A	225	270	250

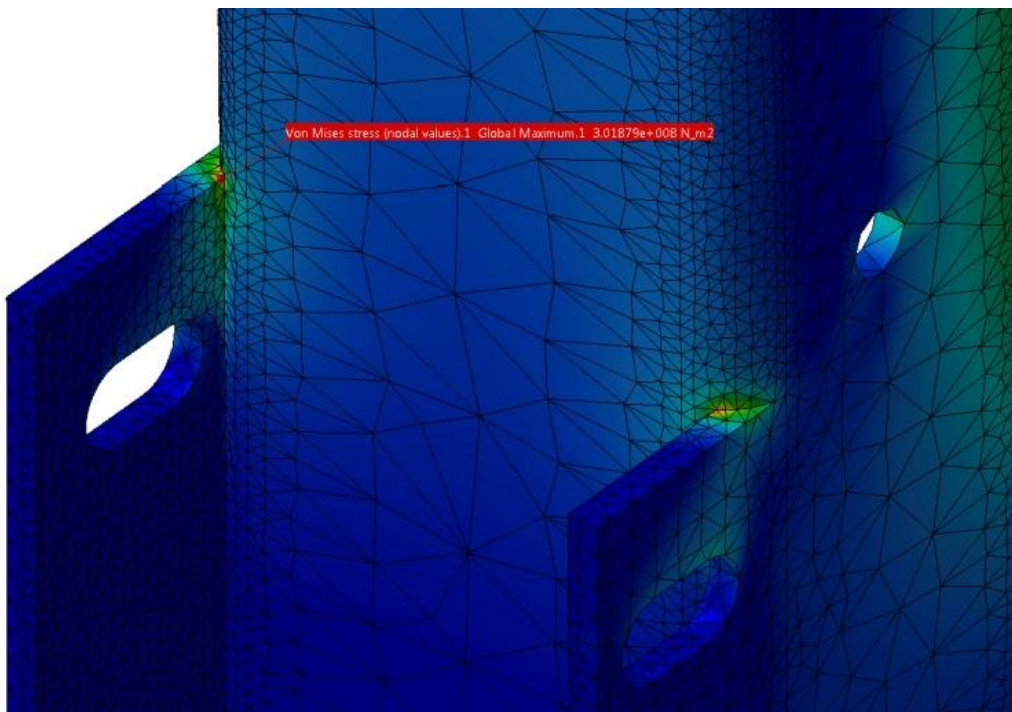
8.1 Befintlig

Analysen av den befintliga R66-förstyvningen skulle göras för att veta vilken kraft man kunde lägga på för att se när den maximala spänningen kom upp i sitt riktvärde. Analysen gick till så att den befintliga R66-förstyvningen simulerades att vara fast inspänd i hålen på anslutningsflänsarna och kraften lades på högst upp på R66-förstyvningen, se figur 8.1.

Efter ett flertal tester såg man att den maximala spänningen uppstod mellan anslutningsflänsarnas och R66-förstyvningen och därför ökades antalet element där för att få ett bättre resultat, se figur 8.2. Elementantalet ökades tills det att man såg att spänningen inte ökade mer. Denna spänning skulle ligga på ungefär 300 MPa, eftersom denna R66-förstyvningen var gjord av stål. Vid en kraft på 625 N fick vi fram att den maximala spänningen blev 302 MPa. Denna spänning uppstod på ett ganska litet område och det var precis vid övergången mellan R66-förstyvningen och anslutningsflänsarna. Men även på R66-förstyvnings bakre del uppstod där ganska stora spänningar. Färgskalan går från blått till rött, ju rödare desto högre spänning. Men bara för att något är blått betyder inte det att spänningen är noll där.

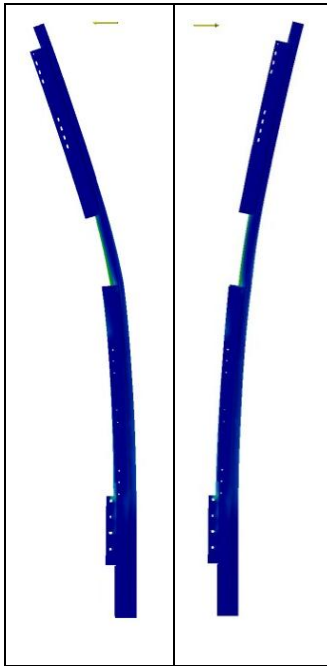


Figur 8.1 – Lastfallet



Figur 8.2 – Maximala spänningen (302 MPa)

I figur 8.3 nedan gjordes en visualisering av hela B-stolpen för att visa hur den rör sig. B-stolpen spändes fast i hålen på anslutningsflänsarna och en stor kraft lades på högst uppe på stolpen, detta gjordes för att visa hur B-stolpen beter sig. Man ser i figur 8.3 att B-stolpen är styv nertill och den stora deformationen sker precis ovanför R66-förstyvningen.



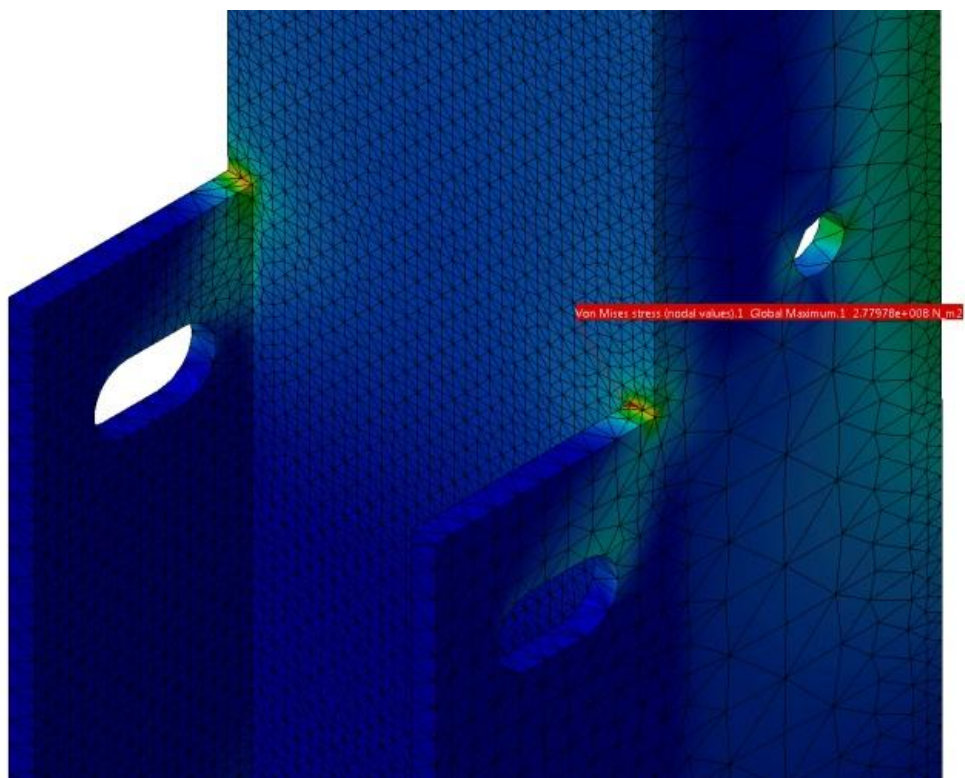
Figur 8.3 – Utböjning vid kraft inåt (till vänster) och utåt (till höger)

8.2 Koncept 5

Nu när man visste att den befintliga R66-förstyvningen klarade en kraft på 625 N skulle en analys av koncept 5 göras. Så nu gjordes analysen på samma sätt som med den befintliga, koncept 5 simulerades att vara fast inspänd i hålen på anslutningsflänsarna och en kraft på 625 N lades på högst upp på R66-förstyvningen, se figur 8.4. I första försöket var där ingen radie mellan anslutningsflänsarna och R66-förstyvningen och då blev den maximala spänningen 278 MPa, se figur 8.5. Men då denna R66-förstyvningen var gjord av aluminium så var riktvärdet 250 MPa, därför behövdes detta koncept justeras.



Figur 8.4 – Lastfallet

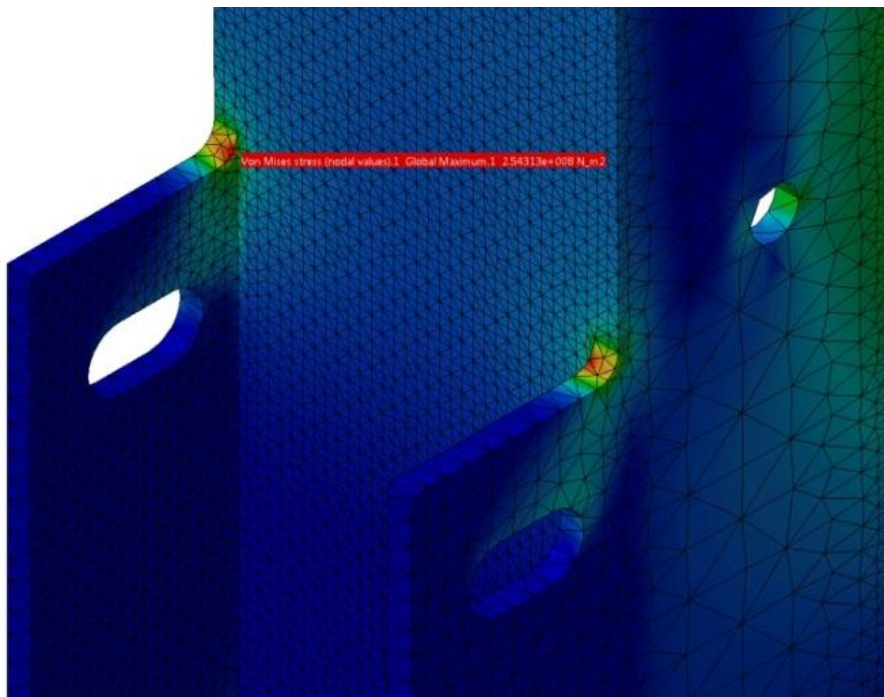


Figur 8.5 – Maximala spänningen (278 MPa)

Den justering som gjordes var att en radie mellan anslutningsflänsarna och R66-förstyvningen lades till eftersom det var där de högsta spänningarna uppkom. Efter några försök testades en radie på 3,75 mm och då fick man en maximal spänning på 254 MPa, se figur 8.6. Att en radie på 3,75 mm gjorde denna skillnad ansågs realistiskt då R66-förstyvningens tjocklekar också ligger runt 4 mm. Men 3,75 mm är minsta radien som bör användas, det gör inget om den blir större. Detta resultat innebar att koncept 5 var färdig dimensionerat, ritning finns i bilagor.

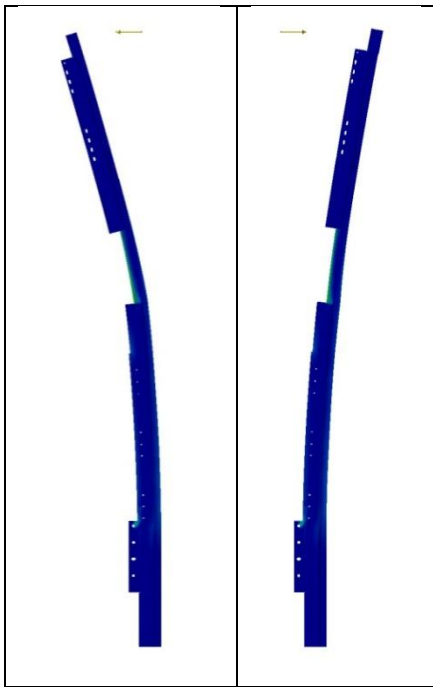


Figur 8.6 – Lastfallet



Figur 8.7 – Maximala spänningen (254 MPa)

Till slut gjordes en visualisering av hela den nya B-stolpen precis som med den befintliga. Detta gjordes enbart för att se att den nya B-stolpen beter sig på samma sätt som den befintliga, kraften och deformationen är alltså inte viktigt eftersom vi har använt oss av samma skalning på både den befintliga och koncept 5. Den ska alltså vara ganska styv nertill och den stora deformationen ska ske precis ovanför R66-förstyvningen, detta kan ni se i figur 8.8 nedan. Figur 8.8 nedan är direkt jämförbar med figur 8.3 eftersom samma skalning har använts.



Figur 8.8 - Utböjning vid kraft inåt (till vänster) och utåt (till höger)

Från resultaten ovan såg man att koncept 5 stod sig väldigt bra jämfört med den befintliga. När man studerar resultaten från kapitel 7.2.3 - Styvhet så såg man att koncept 5 hade högre yttröghetsmoment än vad den befintliga B-stolpen hade. Resultaten från FEM-analyserna visar då att våra yttröghetsmoment stämde bra överens. Om man studerar maximala spänningen från första försöket på koncept 5 så var den maximala spänningen lägre än vad den var för den befintliga, den var 302 MPa för den befintliga och 278 för koncept 5. Anledningen till att det behövdes lite justeringar på koncept 5 berodde på materialet då den var gjord av aluminium och den befintliga var av stål.

När en radie på 3,75 mm testades fick man en spänning på 254 MPa, detta betydde att den slutgiltiga lösningen var klar. Vill man få ner spänningen ännu lite mer är det bara att öka radien mellan anslutningsflänsarna och R66-förstyvningen. Men radien bör inte vara mindre än 3,75 mm då spänningen ökar ganska snabbt då, hade man ingen radie låg maximala spänningen på 278 MPa vilket är över materialets brottgräns som låg på 270 MPa.

9. SLUTGILTIG KOSTNAD OCH VIKT

Nu var den slutgiltiga lösningen färdig utformad och det som återstod var att ta reda på den slutgiltiga kostnaden och vikten. För att få reda på kostnaden skickade vi in den nya ritningen till Jesper Hjerpe på Sapa och fick tillbaka en uppskattning av inköpspriset [9]. Vikten togs reda på samma sätt som förut, med hjälp av CATIA. I tabell 9.1 nedan ser ni en sammanställning av hur mycket koncept 5 reducerade kostnaden och vikten, även den befintligas kostnad och vikt finns redovisad i tabell.

Tabell 9.1 – Slutgiltig kostnad och vikt

	Befintlig	Koncept 5
Kostnad (kr)	1772	1182
Vikt (kg)	34	29,9

I tabellen 9.1 ovan ser man att vikten har reducerats med ungefär 12 %, från 34 kg till 29.9 kg, vilket var drygt hälften av målvärdet som var 20 %. Att målet inte uppnåddes var inte så konstigt då det i stort sett endast var R66-förstyvningen som blev utbytt. Direkt när referensgruppen valde koncept 5 insåg man att målvikten inte skulle uppnås.

Men kostnaden kändes ganska säker att klara då den redan hade reducerats med ungefär 46 % vid den första kostnadsuppskattningen. Kostnaden för den slutgiltiga lösningen blev 1182 kr vilket innebar att kostnaden var reducerad med ungefär 33,3 %.

Detta innebar att målet att sänka kostnaden med 25 % klarades av ganska lätt och detta enbart genom att byta ut R66-förstyvningen. Vikten klarades av att sänka med ungefär 12 % genom att i stort sett bara byta material på R66-förstyvningen. I figur 9.1 visas den nya R66-förstyvningen. En figur av hela den nya B-stolpen finns att se i bilagor.



Figur 9.1 – Ny R66-förstyvning

I figur 9.1 ovan ser man hur den nya R66-förstyvningen kommer att se ut. Den är helt gjord i aluminium (EN-AW-6005A) och kommer att tillverkas som en 1010 mm lång H-profil som man sedan fräser bort material från för att få fram anslutningsflänsarna. Anslutningsflänsarna är 300 mm långa och försedda med vars fyra hål som är till för infästning i chassit. Längs R66-förstyvningens sidor är där nio hål med en diameter på 8,5 mm på var sida som gör det möjligt att fästa den med B-stolpens övriga artiklar. Ritning på konceptet finns att se i bilagor.

10. DISKUSSION

Syftet med denna rapport var att optimera den B-stolpe som används i dagens LE 8900-bussar som tillverkas av Volvo bussar. Målet var att sänka kostnaden med 25 % och vikten med 20 %. Detta skulle göras utan att försämra B-stolpens hållfasthet.

Enligt detta arbete så ska det inte vara något problem att kunna tillverka en B-stolpe som är 25 % billigare. För att minska vikten med 20 % krävs det förmodligen att man ersätter fyrkantsröret i stål, som gjordes i koncept 1.

Koncept 5 är en lösning som i stort sätt enbart ersätter R66-förstyvningen men de bakre L-profilerna har ändrats så att de numera ligger intill väggstolpen. Det gjordes för att man inte såg någon mening att de stack ut så långt som de gjorde plus att man fick ner vikten. Vill man använda sig av dagens L-profiler behöver man bara öka bredden med 6 mm på koncept 5. En annan sak som gjordes för att få ner vikten var att fästplåtarna i x-planet togs bort, detta gjordes eftersom man redan använder insticksflänsarna i y-plan för att fästa karossen med frontmodulen.

Resultatet av denna studie är att en billigare och lättare B-stolpe som tål lika stor belastning som den befintliga B-stolpen har tagits fram. Man ser från de andra koncepten att det är möjligt att få B-stolpen ännu billigare och ännu lättare. Men Fasilitet och Volvo bussar ville ha en lösning som var lätt att implementera och därför blev det koncept 5.

Koncept 5 testades med hjälp av FEM för att se om den klarade av belastningen lika bra som den befintliga. Man kom då fram till att enligt teorin ska den nya lösningen tåla samma belastning som den befintliga. Men om Fasilitet och Volvo bestämmer sig för att använda detta koncept så kommer mer omfattande tester att göras. Man kommer då låta konsultbolaget Epsilon AB ta hand om mer noggranna beräkningar och göra ett riktigt R66-test för att se att konceptet även fungerar praktiskt.

11. SLUTSATS

Målet med denna studie var bland annat att reducera kostnaden för B-stolpen med 25 %. Det var en målsättning som uppnåddes. Av vad resultaten visar så kunde kostanden i vårt fall minskas med 33,3 % och kommer sådant fall att kosta 1182 kr. Resultaten från den här rapporten visar att det finns stor potential att kunna reducera kostnaden ännu mer.

Den andra målsättningen med studien var att reducera vikten för B-stolpen med 20 %. Den målsättningen uppnåddes inte. Viktreduceringen uppgick endast till 29,9 kg det vill säga 12,2 %. Om man vill reducera vikten ytterligare bör man göra ett annat materialval på fyrkantströret. Om man hittar en mer genomtänkt geometri och tvärsnitt som är av hållfasthetssynpunkt mycket bättre så kan man spara in en del på materialet och därmed vikten.

Slutsatsen med denna studie är att det är fullt möjligt att reducera kostnad och vikt med 25 % respektive 20 %. Det som är intressant att påpeka med denna studie är att trots att endast R66-förstyvningen ersattes fick man ner kostnaden med 33,3 % och vikten med 12,2 %. Därför finns det goda möjligheter att få en ännu billigare och lättare B-stolpe om man ser över de andra artiklarna.

REFERENSER

Hemsidor

1. Rundslagning av buss, Trafikverket, 2009,
[http://www.trafikverket.se/Privat/Trafiksakerhet/Vart-
trafiksakerhetsarbete/Skyltfonden/Projekt/Slutforda-projekt/Vagen--
Trafikmiljon/Vagen-och-trafikmiljon/Rundslagning-av-buss/](http://www.trafikverket.se/Privat/Trafiksakerhet/Vart-trafiksakerhetsarbete/Skyltfonden/Projekt/Slutforda-projekt/Vagen--Trafikmiljon/Vagen-och-trafikmiljon/Rundslagning-av-buss/)
2. Profile specifications UK, HYDRO, 2012,
[http://www.hydro.com/upload/Documents/Tonder/Profilspecifikation%20UK
%202012-02-29.pdf](http://www.hydro.com/upload/Documents/Tonder/Profilspecifikation%20UK%202012-02-29.pdf)

Litteratur

3. Dahlberg T, Teknisk Hållfasthetslära 3:de upplagan, Studentlitteratur, 2001
4. Dahlberg T, Teknisk Hållfasthetslära Formelsamling 3:de upplagan, Studentlitteratur, 2001

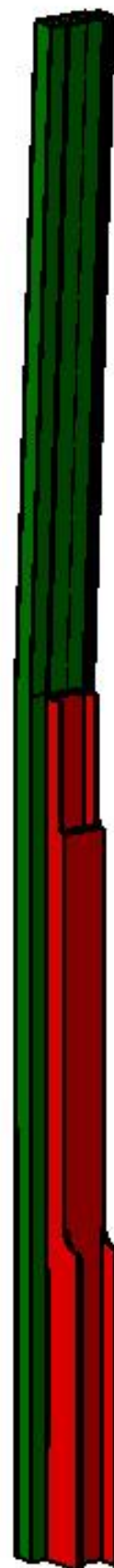
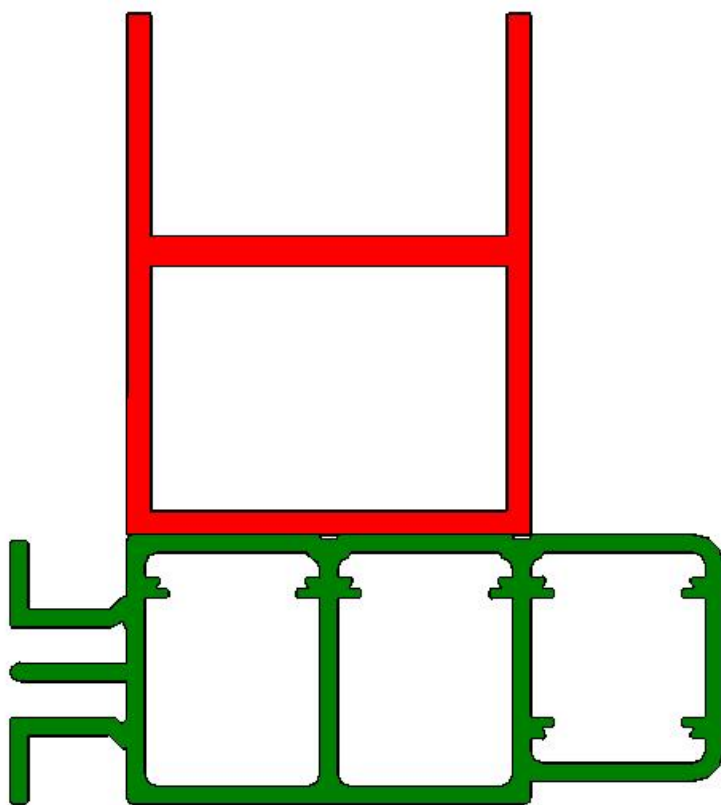
Personliga referenser

5. Rudolf Brogren, rudolf.brogren@consultant.volvo.com, Fasitet PDE AB, Göteborg
6. Gert Persson, gert.persson@chalmers.se, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg
7. Susanne Hjalmarsson, susanne.hjalmarsson.3@consultant.volvo.com, Volvo bussar AB, Säffle
8. Carl-Johan Ragnarsson, carl-johan.ragnarsson@volvo.com, Volvo bussar AB, Säffle
9. Jesper Hjerpe, jesper.hjerpe@sapagroup.com, Sapa profiler AB, Göteborg

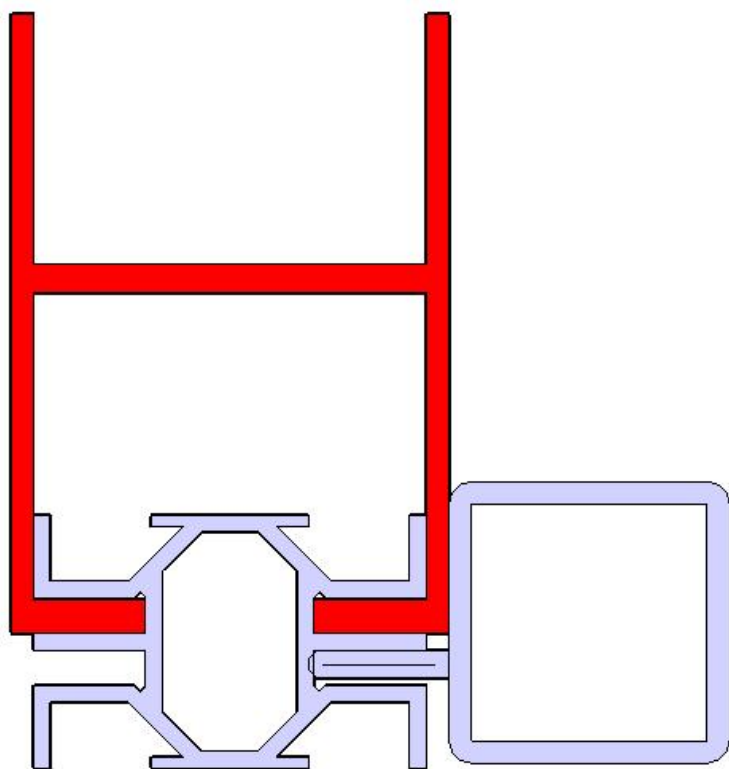
BILAGOR

Bilaga 1:	Koncept 1
Bilaga 2:	Koncept 2
Bilaga 3:	Koncept 3
Bilaga 4:	Koncept 4
Bilaga 5:	Koncept 5
Bilaga 6:	Ritning koncept 1 (R66-förstyvningen)
Bilaga 7:	Ritning koncept 1 (väggstolpen)
Bilaga 8:	Ritning koncept 2
Bilaga 9:	Ritning koncept 5
Bilaga 10:	Slutgiltig produkt
Bilaga 11:	Ritning slutgiltig produkt

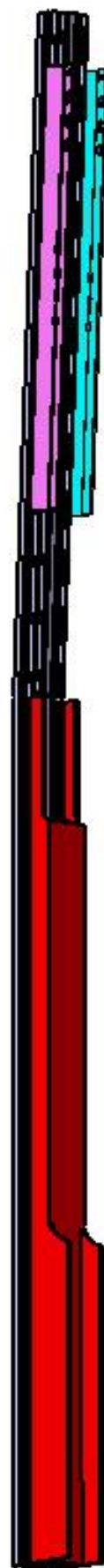
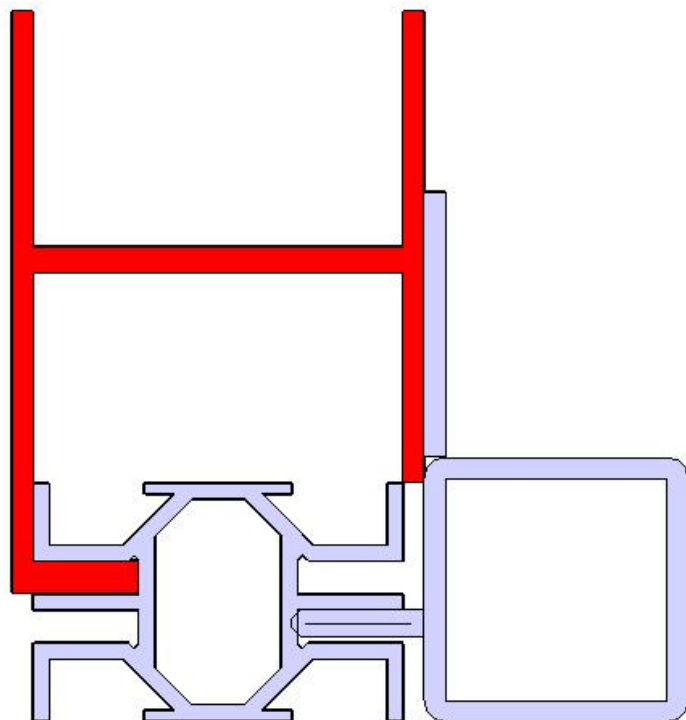
Koncept 1



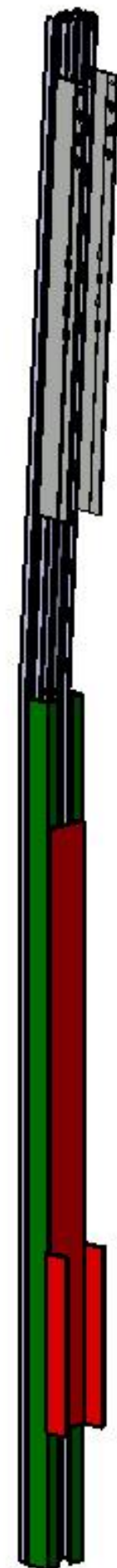
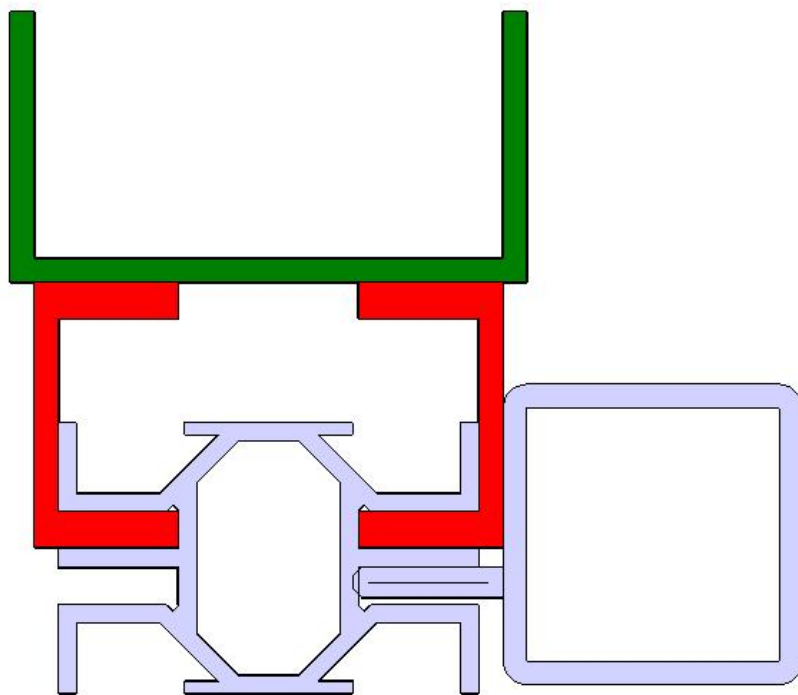
Koncept 2



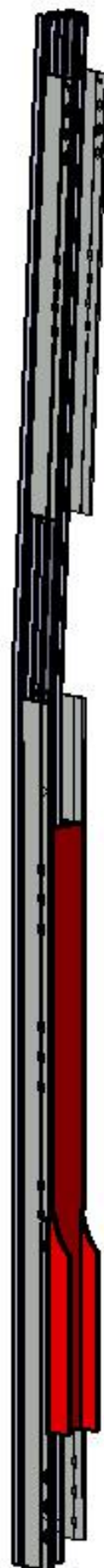
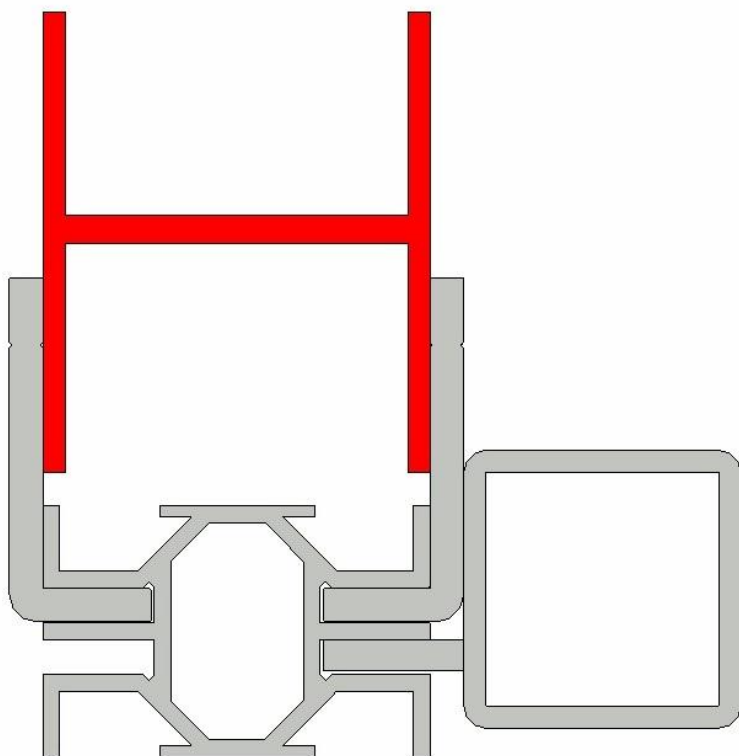
Koncept 3



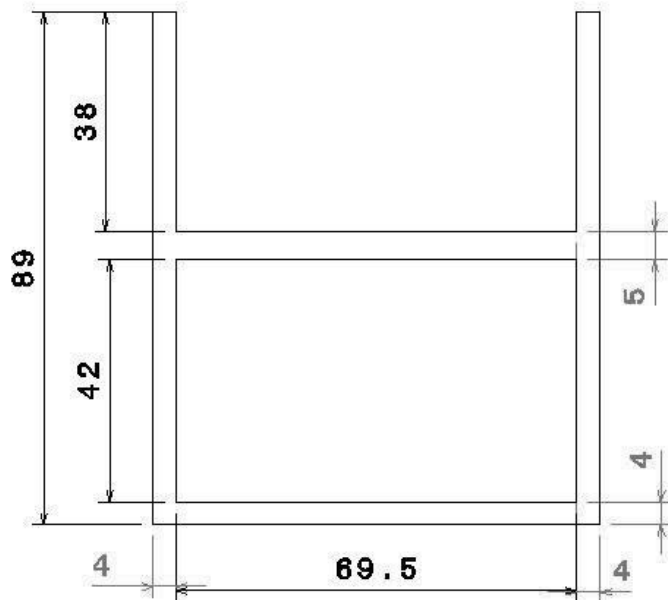
Koncept 4



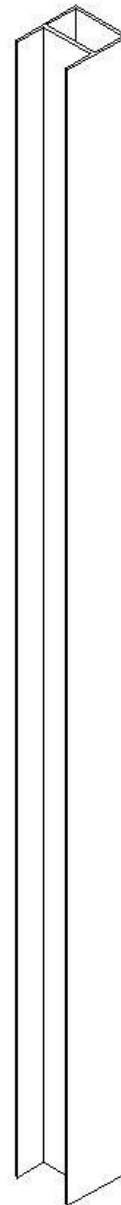
Koncept 5



Ritning koncept 1 (R66-förstyvningen)

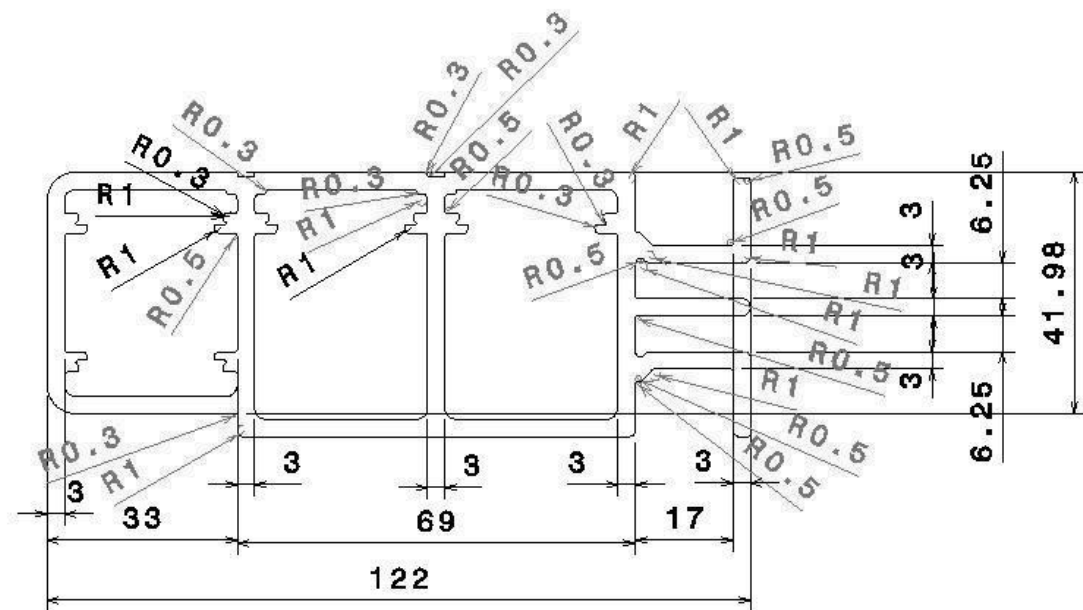


Front view
Scale: 1:1



Isometric view
Scale: 1:6

Ritning koncept 1 (väggstolpen)

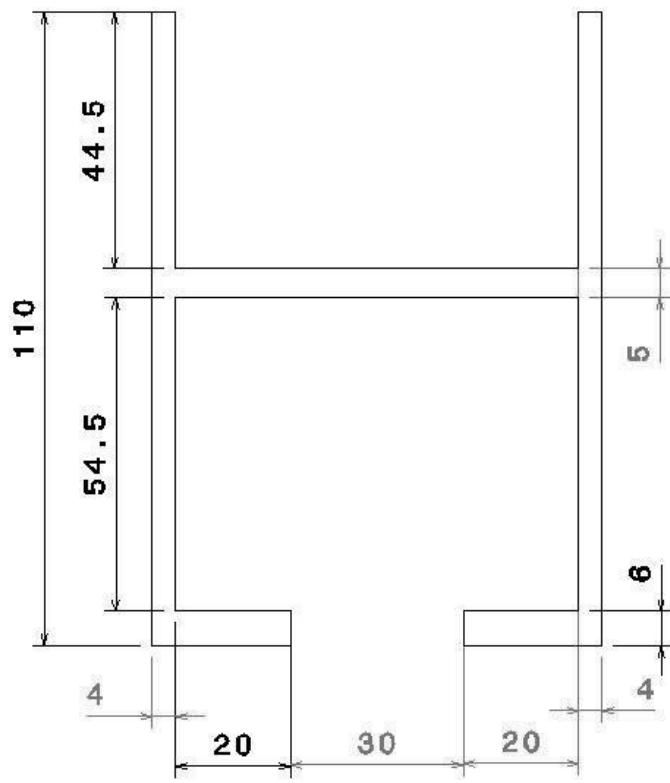


Front view
Scale: 1:1

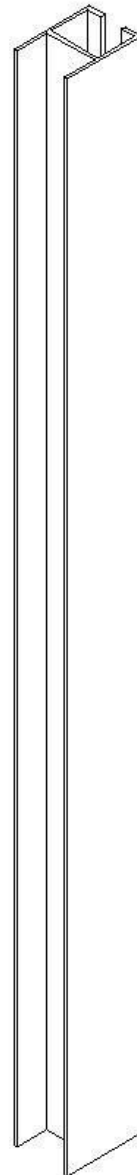


Isometric view
Scale: 1:3

Ritning koncept 2

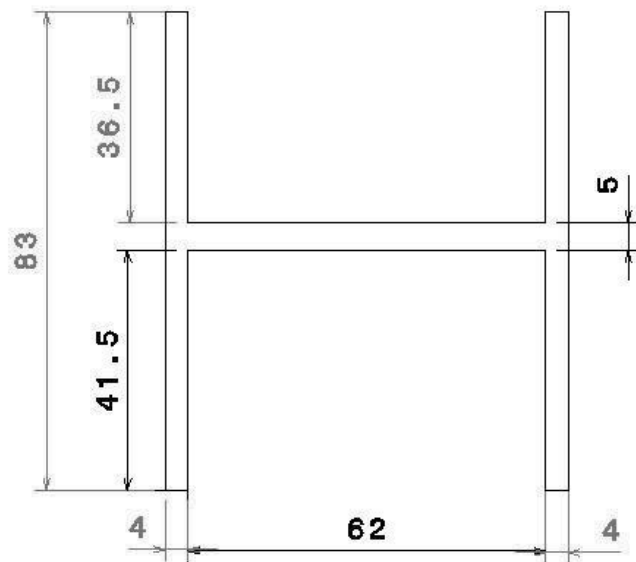


Front view
Scale: 1:1

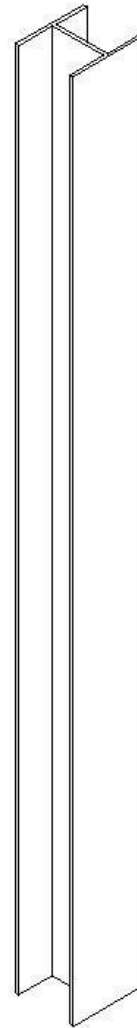


Isometric view
Scale: 1:6

Ritning koncept 5

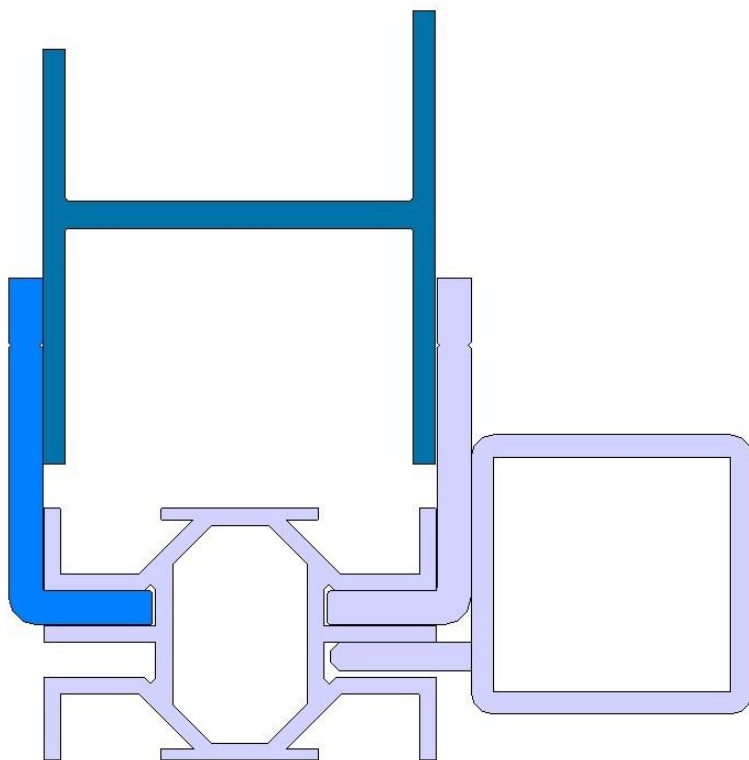


Front view
Scale: 1:1

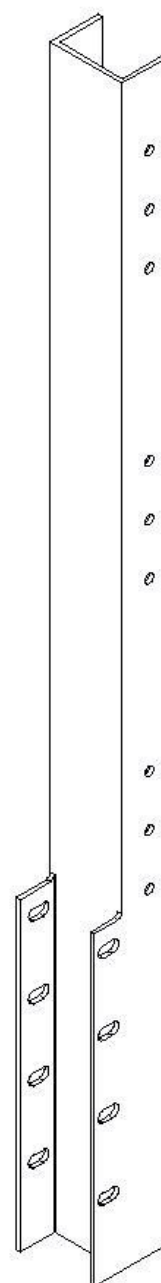
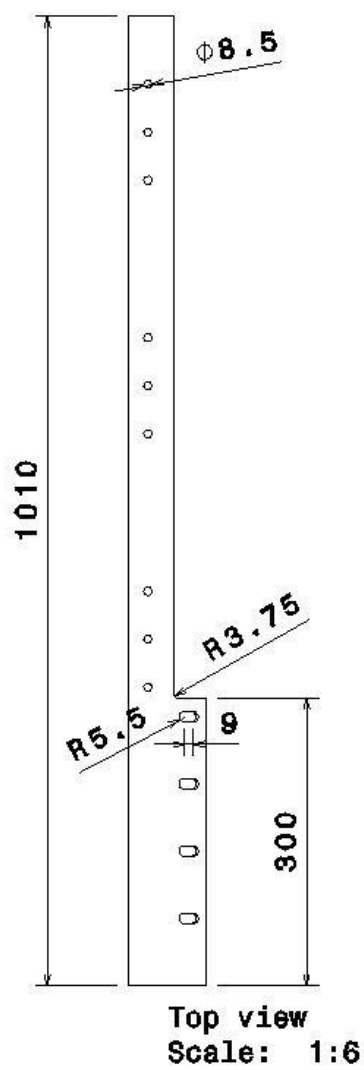
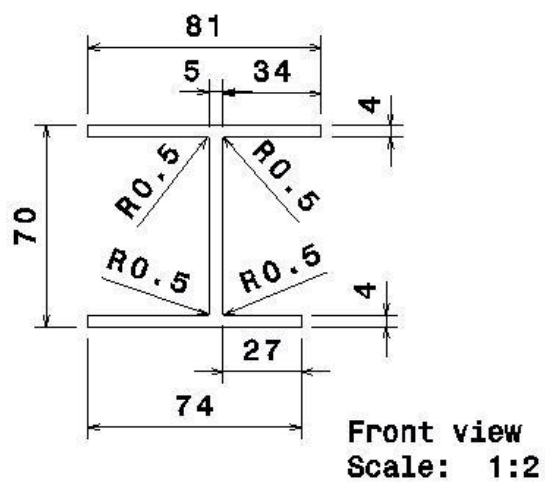


Isometric view
Scale: 1:5

Slutgiltig Produkt



Ritning slutgiltig produkt



Isometric view
Scale: 1:4