

CHALMERS



Standardisering av hjälpram för lastbilspåbyggnationer Standardization of the auxiliary frame for truck bodybuilding

*Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom
Maskiningenjörsprogrammet*

Christian Nilsson
Gustav Lantz

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik
Avdelningen för Avancerad oförstörande provning
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sweden, 2017
Examinator: Håkan Wirdelius
Examensarbete No. 166/2017

Förord

I denna rapport presenteras studenternas, Christian Nilsson och Gustav Lantz, examensarbete. Examensarbetet genomfördes på företaget Fassi Sverige AB i Göteborg under våren 2017.

Arbetet innefattar att standardisera en hjälpram för lastbilspåbyggningar med ett bodflak och en styckegodskran som passar flera olika förekommande lastbilsfabrikat (Mercedes, Scania och Volvo, ...) En hjälpram är den del som är grundstommen i en lastbilspåbyggning och som monteras ovanpå lastbilens chassiram. Förutom att ett lösningsförslag på standardisering av en hjälpram skall tas fram skall en variationsberäkning göras för att klargöra vilka eventuella reduceringar av anslutande komponenter som erhålls med att standardisera en hjälpram med en specifik bredd och kontur.

Studenterna tackar handledaren Håkan Wirdelius och Gert Persson på Chalmers samt Benny Ljung med personal på Fassi för trevligt bemötande och god support av examensarbetet.

Christian Nilsson

Gustav Lantz



CHALMERS

Sammanfattning

Ett steg i standardiseringen av de specialbyggda lastbilspåbyggnationerna vill Fassi undersöka i vilken grad lastbilspåbyggnationernas grundstomme, hjälpramen, kan standardiseras. Arbetet innebär att standardisera hjälpramen för bodflakspåbyggnationer med en styckegodskran för lastbilar över 16 ton. Syftet med detta är att effektivisera tillverkningen och att reducera antalet variationer av komponenter som är anslutande till hjälpramen. Om det visar sig att en standardisering är möjlig på Fassis mest kritiska lastbilspåbyggnationer, hoppas Fassi att denna standardisering kan implementeras till deras andra lastbilspåbyggnationer.

Genom att sammanställa geometrier för olika lastbilsfabrikats chassiramar (Mercedes, Scania, Volvo, ...) kunde ett antal olika förslag tas fram för hur en standardiserad hjälpram kan utformas med avseende på mått och geometri. En problemanalys togs fram där problemområden för hjälpramsförslagen belystes. Dessa områden innefattades av i hur hjälpramen skulle styras i tvärled, infästning mellan hjälpram och chassiram, servicevänlighet, extrautrustning till en lastbilspåbyggnation, kranfundament samt kraftflöden av belastningar mellan hjälpram och chassiram.

Därefter genomfördes en monteringsanalys som bestod av att montera de olika förslagen på lastbilarnas chassiramar i Catia V5. Utifrån monteringstestet valdes ett förslag med 850 mm i bredd och rak kontur för vidare analys och utvärdering. Med en FEM-analys jämfördes förändringar av huvudspänningar, både drag- och tryckspänningar, samt deformationer i området där hjälpramen möter chassiramen mellan nuvarande hjälpram och det valda förslaget. Det visade sig att inga större skillnader av huvudspänningar och deformationer erhöles mellan hjälpramarna.

För det bakre partiet, bakom framstammen, kan hjälpramen standardiseras till en bredd på 850 mm med en rak kontur för samtliga lastbilsfabrikat. Dock finns osäkerhet om det främre partiet, kranfundamentet, går att standardisera till en bredd som passar alla lastbilsfabrikat.

Standardiseringen medför att en reduktion av antalet variationer av en komponent uppgår till 5/6.

Summary

A step in the standardization of the specially built bodies for trucks, Fassi wants to investigate if the auxiliary frame, that is the main part of the bodies, can be standardized. The direction of this work is to standardize the auxiliary frame for the bodies with a crane mainly meant to carry sheds and of those who weigh more than 16 ton. The main purpose is to make the manufacturing of these bodies more efficient and to cut down the number of possible variation amongst the parts that will be fitted to the auxiliary frame. This assignment takes on the most crucial bodies and if this standardization is possible, Fassi want to transfer this auxiliary frame to Fassis other bodies.

By compiling geometries from the different chassis frame of the truck manufacturers (Mercedes, Scania, Volvo, ...) a few suggestions could be proposed as the standard auxiliary frame based on geometry and measure. These suggestions were thought through in the case if it could cause any problems if mounted to any chassis frame from any truck manufacturers. These problems include how the auxiliary frame will be stiffen up side to side, how it will be mounted on to the chassis frame, how the serviceability is affected, the impact of the gear that is available for the customer, how the crane foundation will have to be modified and the flow of forces between the auxiliary frame and chassis frame.

In the election process between the different auxiliary frame proposals a digital test in Catia V5 where the different frames were mounted on the different chassis frames. Through this test, the proposal with the dimensions of a width of 850 mm and a straight geometry was chosen. A comparison of the principal tension and the deformation, in the front area where the auxiliary frame meets the chassis frame, between today's auxiliary frame and the standardized auxiliary frame were made through a FEM-analysis. This comparison showed that no greater difference between the two auxiliary frames occurred.

The section of the auxiliary frame behind the crane foundation can be standardized with a width of 850 mm and with a geometry that is straight and that is for all trucks. Though there is some uncertainty if the crane foundation can be standardized for all trucks.

This standardization means that the number of possible variation amongst the parts that will be fitted to the auxiliary frame can be cut down by 5/6.

Innehållsförteckning

1 Inledning	2
1.1 Bakgrund	2
1.2 Syfte	2
1.3 Avgränsningar	3
1.4 Precisering av frågeställning	3
2 Teoretisk referensram.....	4
2.1 Ingående komponenter för en påbyggnation	4
2.2 Hjälprensens funktion	5
2.3 Hjälprensens utformning.....	5
2.4 Material för hjälprensen.....	6
2.5 Restriktioner och riktlinjer för påbyggnationer	7
2.6 Verifiering av påbyggnationer	7
3 Metod	8
3.1 Identifiering av chassiramar för olika lastbilsfabrikat	8
3.2 Problemanalys för standardisering av hjälprensen.....	8
3.3 Analys av konstruktionsmodeller	8
3.4 Val av konstruktionsmodell och variationsberäkning	9
4 Resultat	10
4.1 Identifiering av chassiramar för olika lastbilsfabrikat	10
4.2 Problemanalys för standardisering av hjälprensen.....	11
4.2.1 Styrning av hjälprensen i tvärled.....	11
4.2.2 Analys för styrning av hjälprensen i tvärled.....	12
4.2.3 Infästning mellan hjälprensen och chassiram.....	12
4.2.4 Analys för infästning mellan hjälprensen och chassiram.....	13
4.2.5 Servicevänlighet.....	13
4.2.6 Analys av servicevänlighet.....	14
4.2.7 Extrautrustning till en påbyggnation	14
4.2.8 Analys av extrautrustning till en påbyggnation	15
4.2.9 Kranfundament.....	15
4.2.10 Analys av kranfundament.....	16
4.2.11 Kraftflöde och belastningar mellan hjälprensen och chassiram	16
4.2.12 Analys av kraftflöde och belastningar mellan hjälprensen och chassiram	16

4.3 Val av konstruktionsmodeller för vidare analys	18
4.4 Analys av konstruktionsmodeller med avseende på montering.....	19
4.4.1 Konstruktionsmodell 1: Rak geometri med bredd 770 mm	20
4.4.2 Konstruktionsmodell 2: Rak geometri med bredd 850 mm	21
4.4.3 Konstruktionsmodell 3: Rak geometri med bredd 900 mm	22
4.5 Sammanfattning av vald konstruktionsmodell för vidare analys	23
4.6 Verifiering och FEM-analys av vald konstruktionsmodell	24
4.6.1 Verifiering av förenklade konstruktionsmodeller	24
4.6.2 Förenkling av FEM-modeller, belastningsfall och elementstorlek	27
4.6.3 Analys av FEM-modeller på Mercedes chassiram	28
4.6.4 Analys av FEM-modeller på Scantias chassiram	31
4.6.5 Analys av FEM-modeller på Volvos chassiram	33
4.7 Sammanställning av resultat för FEM-analyser	33
4.8 Återkoppling till problemanalys för vald konstruktionsmodell.....	35
4.8.1 Infästning mellan hjälpram och chassiram och styrning av hjälpram i tvärled för Mercedes och Scania	35
4.8.2 Servicevänlighet för Mercedes och Scania	44
4.8.3 Extrautrustning till en påbyggnation för Mercedes och Scania	44
4.8.4 Kranfundament för Mercedes och Scania	44
4.8.5 Kraftflöde och belastningar mellan hjälpram och chassiram för Mercedes och Scania	44
4.9 Variationsberäkning för nuvarande och standardiserade hjälpramen	45
5 Slutsats.....	49
6 Vidare arbete	50
Referenser	51
Bilagor.....	53
A - Chassiritningar	53
B - Förenkling av CAD-modeller, belastningsfall och randvillkor	56
C - Val av inspänning för chassiramen	60
D - Val av elementstorlek för vidare analys av konstruktionsmodell.....	63
E - Sammanfattning av valda elementstorlekar	65
F - Huvudspänningar och deformationer för Mercedes.....	66
G- Huvudspänningar och deformationer för Scania	68

Figurförteckning

Figur 2.1. Kompletta påbyggnation för en Scania lastbil.....	4
Figur 2.2. Hjälpfram för en byggnation med ett bodflak och en kran på en Scania lastbil.	6
Figur 4.1. Sammanställningsritning av chassiramar för Mercedes, Scania och Volvo.	10
Figur 4.2. Kranplåtar på Volvos chassiram.	12
Figur 4.3. Infästning mellan hjälpfram och chassiram.....	13
Figur 4.4. Antalet chassifästen för infästning av hjälpramen på chassiramen.....	13
Figur 4.5. Figur över kranfundamentets infästningspunkter för kranbultar.	16
Figur 4.6. Hjälp ramen följer chassiramens kontur.	17
Figur 4.7. Hjälp ramen är smalare än chassiramen där kranplåtarna monteras på chassiramen.....	17
Figur 4.8. Hjälpfram med en bredd på 850 mm sett bakifrån och en vinkel på 177° med en slutbredd på 890 mm fram till monterad på Volvos chassiram.....	18
Figur 4.9. Kranfundamentet som är ett kritiskt område av hjälpramen.	19
Figur 4.10. Schematiskt monterad hjälpfram med 770 mm i bredd på Volvos chassiram.....	20
Figur 4.11. Schematiskt monterad hjälpfram med 850 mm i bredd på Scantias chassiram.	21
Figur 4.12. Schematiskt monterad hjälpfram med 900 mm i bredd på Volvos chassiram.....	22
Figur 4.13. Godslyft framför lastbilshytt.....	24
Figur 4.14. Elementarfall för fast inspänd balk samt hjälpramens tvärsnittsprofil.	25
Figur 4.15. Utböjning av modellen som rektangulär solid. Förstärkningsfaktor 15.....	25
Figur 4.16. Modell av hur hjälpramen ungefärligen konstrueras idag.	26
Figur 4.17. Utböjning av verklig modell som hjälpramen ungefärligen konstrueras idag. Förstärkningsfaktor 7. ...	26
Figur 4.18. Nuvarande hjälpfram på Mercedes chassiram med utsatta randvillkor och moment.....	27
Figur 4.19. Deformationsplott med närbild på Mercedes chassiram med nuvarande hjälpfram. Förstärkningsfaktor 30.....	28
Figur 4.20. Deformationsplott med närbild på Mercedes chassiram med 850 mm hjälpfram. Förstärkningsfaktor 30.....	28
Figur 4.21. Huvudspänningsplott med närbild på Mercedes chassiram med nuvarande hjälpfram. Förstärkningsfaktor 30.	29
Figur 4.22. Huvudspänningsplott med närbild på Mercedes chassiram med 850 mm hjälpfram. Förstärkningsfaktor 30.....	29
Figur 4.23. Deformationsplott med närbild på Scantias chassiram med nuvarande hjälpfram. Förstärkningsfaktor 100.....	31
Figur 4.24. Deformationsplott med närbild på Scantias chassiram med 850 mm hjälpfram. Förstärkningsfaktor 100.	31

Figur 4.25. Huvudspänningsplott med närbild på Scantias chassiram med nuvarande hjälpram. Förstärkningsfaktor 100.	32
Figur 4.26. Huvudspänningsplott med närbild på Scantias chassiram med 850 mm hjälpram. Förstärkningsfaktor 100.	32
Figur 4.27. Plott på utböjningen för Mercedes chassiram med 850 mm hjälpramen till vänster och nuvarande hjälpram till höger.	34
Figur 4.28. Förslag 1 med hjälpramen.	37
Figur 4.29. Förslag 1 utan hjälpramen.	37
Figur 4.30. Utformning av förslag 1.	38
Figur 4.31. Förslag 2 med hjälpramen.	39
Figur 4.32. Förslag 2 utan hjälpramen.	39
Figur 4.33. Utformning av förslag 2.	40
Figur 4.34. Förslag 3 med kil och kranplåtar med hjälpramen.	41
Figur 4.35. Förslag 3 med kil och kranplåtar utan hjälpramen.	41
Figur 4.36. Utformning av förslag 3 med kranplåt och kil.	42
Figur 4.37. Förslag 4 med kranbultshylsor och hjälpramen.	43
Figur 4.38. Förslag 4 med kranbultshylsor utan hjälpramen.	43
Figur 4.39. Utformning av förslag 4 med kranbultshylsor.	44
Figur 4.40. Figur som visar komponenter innanför hjälpramen som påverkas av olika hjälpramsbredder.	45
Figur 4.41. Figur som visar komponenterna utanför hjälpramen.	47
Figur A.1. Ritning av chassiram för Mercedes.	53
Figur A.2. Ritning av chassiram för Scania.	54
Figur A.3. Ritning av chassiram för Volvo.	55
Figur B.1. Mercedes chassiram.	56
Figur B.2. Mercedes nuvarande hjälpram med kranfundamentet och dess flänsar.	57
Figur B.3. Nuvarande hjälpram på Mercedes chassiram där lutningen på hjälpramens främre del belyses.	57
Figur B.4. Lyft över hytt med en Fassi F545 kran och motsvarande moment i Catia.	58
Figur B.5. Kranplåtar för Mercedes chassiram.	58
Figur B.6. Randvillkoren "Sliders" (blå färg) som gör att chassiramens balkar rör sig parallellt.	58
Figur B.7. De randvillkor som "låser" fast modellen i rummet.	59
Figur B.8. Nuvarande hjälpram på Mercedes chassiram med utsatta randvillkor och moment.	59
Figur C.1. Figur på huvudspänningar för fritt upplagda Mercedes chassiramen.	60
Figur C.2. Randvillkoren på hjälpramens och chassiramens bakre yta.	61
Figur C.3. Deformationsbilden för den fritt upplagda chassiramen.	61

Figur C.4. Deformationsbilden för den fast inspända chassiramen.	61
Figur D.1. Figur på deformationen hos Mercedes chassiram. 125 mm i elementstorlek genomgående.	63
Figur D.2. Figur på "estimated local error", elementstorlek 70 mm i jämförelse med 30 mm.....	64
Figur F.1. Deformationsplott på Mercedes chassiram med nuvarande hjälpram. Förstärkningsfaktor 30.	66
Figur F.2. Deformationsplott på Mercedes chassiram med 850 mm hjälpram. Förstärkningsfaktor 30.	66
Figur F.3. Huvudspänningsplott på Mercedes chassiram med nuvarande hjälpram. Förstärkningsfaktor 30.	67
Figur F.4. Huvudspänningsplott på Mercedes chassiram med 850 mm hjälpram. Förstärkningsfaktor 30.....	67
Figur G.1. Deformationsplott på Scantias chassiram med nuvarande hjälpram. Förstärkningsfaktor 100.	68
Figur G.2. Deformationsplott på Scantias chassiram med 850 mm hjälpram. Förstärkningsfaktor 100.	68
Figur G.3. Huvudspänningsplott på Scantias chassiram med nuvarande hjälpram. Förstärkningsfaktor 100.	69
Figur G.4. Huvudspänningsplott på Scantias chassiram med 850 mm hjälpram. Förstärkningsfaktor 100.	69

Tabellförteckning

Tabell 4.1. Sammanställning av mått och geometrier för chassiramar från lastbilstillverkarna Mercedes, Scania och Volvo.	11
Tabell 4.2. Viktjämförelse på hjälpramens plåtar mellan 850 och 900 mm bredd.	23
Tabell 4.3. Utböjning av hjälpramen som förenklad-, och verklig modell samt handberäkning.	26
Tabell 4.4. Jämförelse för utböjning och spänningar hos Mercedes chassiram mellan nuvarande hjälpram och 850 mm hjälpram.	30
Tabell 4.5. Jämförelse för utböjning och spänningar hos Scantias chassiram mellan nuvarande hjälpram och 850 mm hjälpram.	33
Tabell 4.6. Sammanställningstabell för jämförelse av utböjning och spänningar för området vid flänsen mellan hjälpram och chassiram för Mercedes och Scania.	33
Tabell 4.7. Variationstabell över nuvarande och standardiserade hjälpramen för komponenter innanför hjälpramen.....	46
Tabell 4.8. Variationstabell över nuvarande- och standardiserade hjälpramen för komponenter utanför hjälpramen.....	48
Tabell C.1. Jämförelsetabell som visar skillnaden för chassiramen som fast inspänd och fritt upplagd.	62
Tabell D.1. Konvergenstabell för jämförelse med olika elementstorlekar.....	63
Tabell D.2. Visar resultatet som erhålls med olika lokala elementstorlekar i konstruktionen.	64
Tabell E.1. Tabell över elementstorlekar på de ingående komponenterna	65

Beteckningar

Chassiram (figur 4.1) - Lastbilens bärande ram som är konstruerad med två längsgående U-profiler med tvärgående balkar emellan. Dessa monteras på sådant sätt att dess liv är placerade utåt sett i från lastbilens längd. Chassiramen har olika bredder, längder och profiltjocklekar beroende på lastbilsfabrikat.

Hjälpram (figur 2.2) - Hjälpramen är den komponent som en lastbilspåbyggnation utgår ifrån och som är grundstommen av exempelvis ett bodflak. Hjälpramen monteras rakt ovanpå lastbilens chassiram. "Nuvarande hjälpram" innefattar ett begrepp i rapporten med en betydelse att det är så hjälpramen konstrueras idag med att följa chassiramens kontur (detta beroende på lastbilsfabrikat eftersom chassiramen ser olika ut).

Kranfot - Kranfoten är den komponent som styckegodskranen utgår ifrån. Kranfoten monteras på kranfundamentet i byggnationen och är den del av styckegodskranen som möjliggör rotation av kranen.

Kranfundament (figur 4.10) - Den del av hjälpramen/påbyggnationen som styckegodskranen monteras på.

Kranplåt (figur 4.2) - En komponent som möjliggör infästning mellan chassiram och kranfundament. Kranplåten skapar styrning i tvärled så inte byggnationen kan röra sig i sidled samt innefattar en förstärkning av chassiramen. Plåtarna monteras på vardera långsidan av chassibalkarna vilket resulterar i totalt två kranplåtar i en byggnation och sträcker sig vanligtvis från början av kranfundamentet och bakåt, längs med chassiramens kontur.

Livet (figur 4.6) - Den del av U-profilen på chassiramen som är vertikal och är där som balken kan ta upp störst belastning.

Lastbilspåbyggnation/påbyggnation (figur 2.1) - En påbyggnation innefattas av komponenter och detaljer som monteras på lastbilen och som inte tillhör lastbilen ursprungligen. Exempel på en påbyggnation är lastväxlare eller en bodbil med ett bodflak och en kran. Det är påbyggnationen som skapar verktyget för vad lastbilen skall användas till, såsom transport av bodar eller fraktning av schaktmassor (lastbil med tippflak).

Styckegodskran/kran - En lyftanordning som kan lyfta olika mycket beroende på kranmodell. Denna monteras oftast bakom hytten på lastbilen.

Tonmeter - Enhet som beskriver hur mycket last i 1000 kg en kran kan lyfta en meter från kranens rotationscentrum.

1 Inledning

Fassi Sverige AB är en komplett påbyggare som specialiserar sig på påbyggnationer med bland annat Fassi kranar. En kran behöver inte alltid vara inblandad i påbyggnationen utan kan även/enbart innefatta bod- och fastflak, tippar, lastväxlare, dumpers med mera. Fassi Sveriges verksamhet innefattar egen konstruktion, tillverkning, montering och service av påbyggnationer direkt mot kunden.

1.1 Bakgrund

Idag finns många olika lastbilsfabrikat (såsom Mercedes, Scania, Volvo, ...) som resulterar i att det finns många olika lastbilsmodeller som ser helt olika ut. När det gäller den del av lastbilen som innefattar chassiramen märks variationen tydligt. Varje tillverkare har sina egna dimensioner och geometrier för sina chassiramar, vilket gör att det inte finns någon gemensam standardisering av dessa.

Variationen av chassiramar gör att för varje projekt måste Fassis konstruktörer konstruera en hjälpram som är unik för varje påbyggnation och lastbil. Hjälpramen är den komponent som monteras ovanpå lastbilens chassiram och som utgör grundstommen för en påbyggnation av exempelvis ett fastflak eller lastväxlare. Idag konstrueras hjälpramen utifrån varje lastbils unika chassiram och sträcker sig i de flesta fallen från slutet av chassiramen fram till lastbilshytten.

I och med att det finns variationer av chassiramar medför detta att det finns en variation av komponenter som är anslutande till hjälpramen. Exempel på komponenter som är i anslutning till hjälpramen är tvärgående invändiga- och utvändiga balkar, stakrader, flakförlängning, båtstöttor, golv och framstam. Det som utgör variationen är den utvändiga bredden på flaket och på Fassi varierar dessa i två bredder, 2550 och 2600 mm (millimeter) beroende på kundens önskemål. I dagsläget varierar alla de anslutande komponenterna med bredden på hjälpramen och på så vis blir variationen stor. Till exempel, om Fassi jobbar med sex olika chassifabrikat, alltså sex olika bredder på hjälpramarna och varje lastbil kan levereras med två olika bredder på bodflaket. Detta skapar tolv olika variationer på de ingående komponenterna till skillnad från två olika variationer om hjälpramen är standardiserad med en bredd.

1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet innefattar att ta fram en standardiserad hjälpram för Fassis påbyggnationer med ett bodflak och en kran för lastbilar över 16 ton. Den största vinsten med att standardisera hjälpramen med mått och geometri är att förenkla, standardisera och effektivisera alla komponenter som är i anslutning till hjälpramen. Detta resulterar för Fassi Sverige som komplett påbyggarföretag att mycket pengar kan sparas genom att hela processen effektiviseras från konstruktion till tillverkning.

Förutom att ett lösningsförslag på standardisering av en hjälpram skall tas fram skall också en variationsberäkning göras för att klargöra vilka reduceringar av anslutande komponenter som erhålls med att standardisera en hjälpram med en specifik bredd och kontur.

1.3 Avgränsningar

De avgränsningar som har fastställts:

- Ej fordonsrelaterad el, hydraulik och pneumatik samt påbyggnadstillbehör/utrustning.
- Enbart byggnationer med ett bodflak och en kran.
- Endast lastbilar väger över 16 ton.
- Endast lastbilar från Mercedes, Scania och Volvo. Det finns andra lastbilsfabrikat (DAF, Iveco och MAN) som Fassi också gör byggnationer på, men chassiramarna för dessa kommer inte att analyseras. Chassiramarna från de övriga lastbilstillverkarna täcks inom intervallet för Mercedes, Scania och Volvo med avseende på geometrier och dimensioner.
- Ej förändra utformningen av hjälpramen.

1.4 Precisering av frågeställning

Följande frågeställningar har fastställts:

- Vilka variationer av chassiramar finns det idag med avseende på geometrier och mått?
- Vilka mått och geometrier skall standardiseras för hjälpramen?
- Skall det finnas några variationer av hjälpramen?
- Vilka problemområden finns med att standardisera en hjälpram för påbyggnationer med ett bodflak en kran som passar lastbilar över 16 ton från olika tillverkare?
- Vilka reduceringar av anslutande komponenter erhålls med att standardisera en hjälpram med specifik bredd och kontur?

2.2 Hjälpframens funktion

Hjälpfram är den komponent som utgör grundstommen för en påbyggnation. Utifrån hjälpfram konstrueras alla anslutande komponenter för att monteras samman till en enhetlig byggnation såsom ett bodflak med en kran.

Hjälpframens funktion är följande [1], [2]:

- Den fördelar belastningen från påbyggnaden jämnt över chassiramen och skyddar därmed chassiramen.
- Den minskar påfrestningar i baköverhänget och skapar böj- samt vridstyvhet.
- Den dämpar ramsvängningar vid transport vilket medför att komforten påverkas.
- Den skapar utrymme för montering av anslutande detaljer till hjälpfram och ger frigång för hjul.

Förutsatt att påbyggnaden tillåter detta så bör även hjälpfram anpassas till att vara vridvek i de områden där chassiramen är vridvek. Detta medför att hjälpframens tvärbalkar och sidbalkar till större delen bör bestå av öppna profiler, som exempelvis U-profiler.

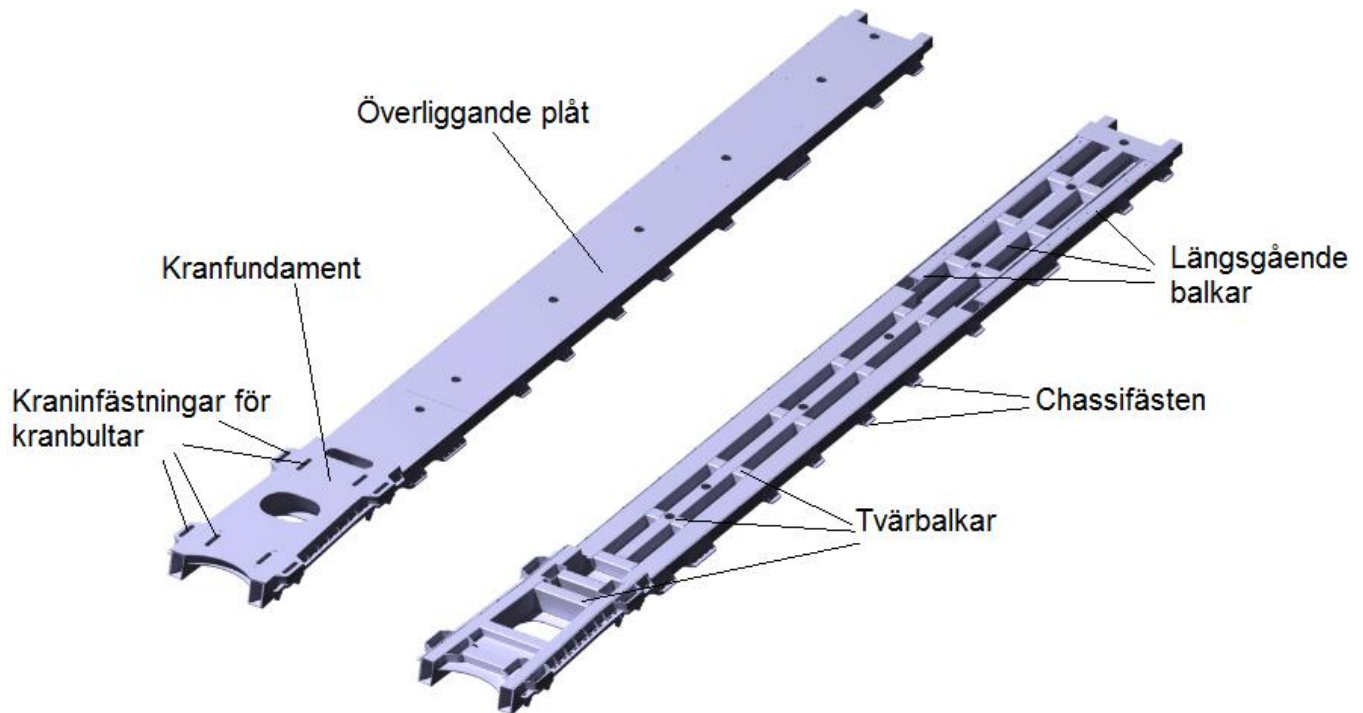
2.3 Hjälpframens utformning

Hjälpfram konstrueras olika beroende på byggnation och vilka egenskaper som önskas. En egenskap innefattar om hjälpfram skall konstrueras vridstyv eller vridvek. Generellt kan en vridvek hjälpfram beskrivas som en konstruktion med två enskilda längsgående U-profiler med tvärbalkar som svetsas mellan profilerna. Det som skapar en vridstyv hjälpfram är till största delen de längsgående plåtarna, en på ovansidan och en på undersidan samt längs med långsidorna, där allt svetsas samman till en enhetlig konstruktion.

Hjälpfram dimensioneras med olika bredder, längder och geometrier beroende på lastbilsfabrikat. Konturen för en hjälpfram varierar mellan en raklång längsgående geometri, från bak på lastbilen ända fram till hytten. En annan utformning är rak kontur med en eller två utvikningar framme vid hytten. Detta resulterar i att hjälpfram är bredare framtill, vid lastbilshytten. Hjälpframens totala vikt är ca 2500 kg för en byggnation med ett bodflak och en kran av större modell.

Hjälpfram, för en bodflakspåbyggnation med en kran, kan delas in i två områden där framstammen avgör indelningen. Området framför framstammen, närmast hytten, benämns kranfundament och området bakom benämns bodflak. Kranfundamentet skapar infästningen av en kran på en byggnation och konstrueras utefter kranmodell och chassiram. Eftersom hjälpfram kan indelas i två områden så undersöks om hela hjälpfram kan standardiseras.

De hjälpfram som Fassi konstruerar är vridstyva och självbärande. I figur 2.2 illustreras ett exempel på hur en vridstyv hjälpfram kan se ut. Hjälpfram följer chassiramens kontur som i detta fallet innefattar en rak kontur med en utvikning framme vid kranfundamentet som gör att ramen är bredare framtill.



Figur 2.2. Hjälpfram för en byggnation med ett bodflak och en kran på en Scania lastbil.

Hjälpramen i figur 2.2 har en konstruktion i form av två längsgående rektangulära profiler i konstruktionsstål på yttersidorna samt en längsgående kvadratisk profil i mitten av konstruktionen, även den i konstruktionsstål. Mellan de tre längsgående profilerna svetsas tvärbalkar med syftet att hålla ihop konstruktionen och ta upp sidokrafter. De tre profilerna inklusive tvärbalkar svetsas sedan samman med plåtar, en på undersidan och ovansidan samt på långsidorna. Detta skapar en hjälpfram som är mycket vrid- och böjstyv, vilket krävs för att motstå de belastningar som uppstår vid byggnation med ett bodflak och en kran.

2.4 Material för hjälpramen

Det material som används för hjälpramens plåtar som svetsas på undersidan och ovansidan samt på långsidorna av konstruktionen är konstruktionsstålet Strenx 700. Tjockleken som används är 12 mm för byggnationer med de största kranarna. 10–8 mm i tjocklek används för byggnationer med mindre kranar. Stålet uppfyller kraven i EN 10 025–6 med en sträckgräns på 650–700 MPa och en brottgräns på 680–930 MPa beroende på tjocklek [3]. Fördelarna med materialet är hög slagtlighet, svetsvänligt, god ytkvalitet och bockbarhet. Generellt används materialet för lastbärande konstruktioner.

Materialet som används för längsgående och tvärgående balkar i hjälpramens konstruktion är varmformade hålprofiler (oftast kvadratiska) (VKR) med stålsorten S355J2H EN10210. Dessa profiler används generellt till lastbärande konstruktioner, ofta i bärande ramverk som till exempel stående pelare [4]. Stålet har en sträckgräns på 355 MPa och en brottgräns på 470–630 MPa [5].

2.5 Restriktioner och riktlinjer för påbyggnationer

Enligt Mercedes [1] och Scania [2], [6] restriktioner och anvisningar skall hjälpramen följa chassiramens kontur, vid undantag skall en adapter användas [2]. Detta för att fördela belastningen jämnt på chassiramens. Enligt restriktioner för byggnationer på Mercedes [1] lastbilar så skall hjälpramen belasta livet på chassiramens U-profil med minst 85 %.

Generella restriktioner är följande [1], [2]:

- Hjälpramen skall monteras och ligga tätt mot chassiramens och följa dess kontur i största möjliga utsträckning.
- Hjälpramen skall vara framdragen så nära framaxeln som det går för att minska belastningen på chassiramens och även begränsa ramsvängningar vid transport.
- Hjälpramen skall ligga stilla på chassiramens för att undvika att byggnationen rör sig i sidled.
- Hjälpramens främre underkant skall avrundas med en minsta radie på 5 mm för att undvika brottanvisning. Detta för att förhindra förslitningsskador på chassiramens övre fläns och för att undvika utmattningsskador.

Övriga specifika riktlinjer för påbyggnationer med en kran bakom hytten [1], [6]:

- I området kring kranen skall hjälpramens längsgående balkar vara av sluten profil.
- Om hjälpramens längsgående balkar skall övergå från sluten profil till U-profil skall denna övergång vara mjuk och gradvis.
- Infästningen av hjälpramen i området kring kranen skall vara stumt.

2.6 Verifiering av påbyggnationer

En byggnation med ett bodflak och en kran klassas som en "maskin" eftersom den innehåller fler än två rörliga komponenter [7], [8]. För de maskiner som släpps ut på marknaden inom Europa finns ett gemensamt direktiv, Maskindirektivet (AFS2008:3). Direktivet anger grundläggande säkerhet- och hälsokrav som skall uppfyllas av tillverkaren. En CE-märkning skall fästas på maskinen för att underteckna att maskindirektivet uppfylls. När maskinen har CE-märkts garanterar tillverkaren att produkten uppfyller alla krav som ställs för maskinen [7], [8] och produkten kan därmed flöda fritt på den europeiska marknaden. Till maskinen skall också en bruksanvisning skickas med på användarens språk.

Fassi verifierar att sina byggnationer håller genom att försäkra sig mot att alla krav, som ställs inom maskindirektivet, uppfylls. Att direktivet uppfylls säkerställs av Fassi själva. En CE-märkning görs på alla Fassis byggnationer och när byggnationen har CE-märkts säkerställer företaget att byggnationen uppfyller grundläggande säkerhet- och hälsokrav som ställs inom maskindirektivet. När en lastbil är färdigbyggd och byggnationen har CE-märkts utförs en registreringsbesiktning hos auktoriserad besiktningsfirma. Efter genomförd registreringsbesiktning görs en kontrollbesiktning.

3 Metod

I metodavsnittet redogörs för arbetsgången och är upplagt med underkapitel som sker i kronologisk ordning.

3.1 Identifiering av chassiramar för olika lastbilsfabrikat

För att standardisera en hjälpram som passar flera olika lastbilsfabrikat så behövs information om vilka variationer det finns av chassiramar. Varje lastbilsfabrikat har sina egna dimensioner och geometrier för sina chassiramar. Identifieringen görs på lastbilar över 16 ton genom att analysera CAD-ritningar i Catia V5 på chassiramar från lastbilstillverkarna Mercedes, Scania och Volvo. Ritningar från dessa har gjorts tillgängliga av Fassi.

3.2 Problemanalys för standardisering av hjälpram

I och med att ändra en befintlig konstruktion som är väl beprövad medför detta en mängd olika problem och avvägningar. Vid förändring av befintlig konstruktion uppkommer problem med hur konstruktionen påverkar belastningsfördelningen och kraftflöden mellan hjälpramen och chassiramen. En problemanalys innefattar att identifiera områden som försvårar eller förhindrar olika moment med avseende på tillverkning, montering och service som gör att en konstruktion, trots uppfyllelse av hållfasthetskrav, inte är genomförbar. Det är viktigt att identifiera problemområden i ett tidigt skede av processen med att standardisera en hjälpram. Ju tidigare problem tas i beaktande, desto större är sannolikheten att konstruktionen uppfyller de krav som ställs när det gäller hållfasthet, tillverkning, montering, service och övriga områden som berörs. Det är dessutom mer kostsamt att ändra konstruktionen i ett slutskede än ett tidigt skede eftersom vissa delsteg i processen måste genomföras på nytt som gör att mer tid går åt till förändring. Problemanalysen tas fram genom att konsultera med befintliga konstruktörer, montörer och personal på Fassi.

3.3 Analys av konstruktionsmodeller

Analys av konstruktionsmodeller är processen som berör framtagning och verifiering av lösningsförslag för hjälpramen. Vilka konstruktionsmodeller som analyseras avgörs för hur hjälpramarna utformas idag med avseende på bredd och geometri för de olika lastbilsfabrikaten.

Vilken hjälpram med bredd och kontur som är mest lämpad för samtliga lastbilsfabrikat verifieras genom att modellera förenklade modeller i Catia V5. Dessa monteras på lastbilarnas chassiramar för att redogöra vilka problem som uppstår med olika bredder och geometrier.

Uti från monteringstestet väljs en hjälpram med en specificerad bredd och kontur till nästa steg för att analysera deformationer och huvudspänningar som uppstår i området där hjälpramen möter chassiramen. FEM-analysen genomförs i Catia V5 GAS/GPS-verktyg genom att montera nuvarande hjälpramar på chassiramarna tillsammans med en last. Samma procedur görs för den utvalda konstruktionsmodellen från monteringstestet. Detta görs för att klargöra vilka skillnader som uppstår med huvudspänningar och deformationer för nuvarande hjälpram och konstruktionsmodellen. En förenkling av hjälpramen används vid genomförande av FEM-analysen och denna förenkling redogörs det även för.

3.4 Val av konstruktionsmodell och variationsberäkning

När samtliga konstruktionsmodeller har analyserats väljs en slutgiltig konstruktionsmodell för hjälpramen. Det är för denna modell som en återkoppling av problemanalysen genomförs på. Alla de olika aspekterna som upptäcktes i problemanalysen i första läget skall nu analyseras med avseende på den valda konstruktionsmodellen för hjälpramen och de olika chassiramarna.

Den största vinsten med standardiseringen är att reducera antalet variationer för de ingående komponenterna hos en bodflakspåbyggnation och detta för att få en mer effektiv och mer miljövänlig tillverkning. En variationstabell tas fram för att tydliggöra eventuella besparingar. Variationsberäkningen genomförs genom att konsultera med befintliga konstruktörer och personal på Fassi.

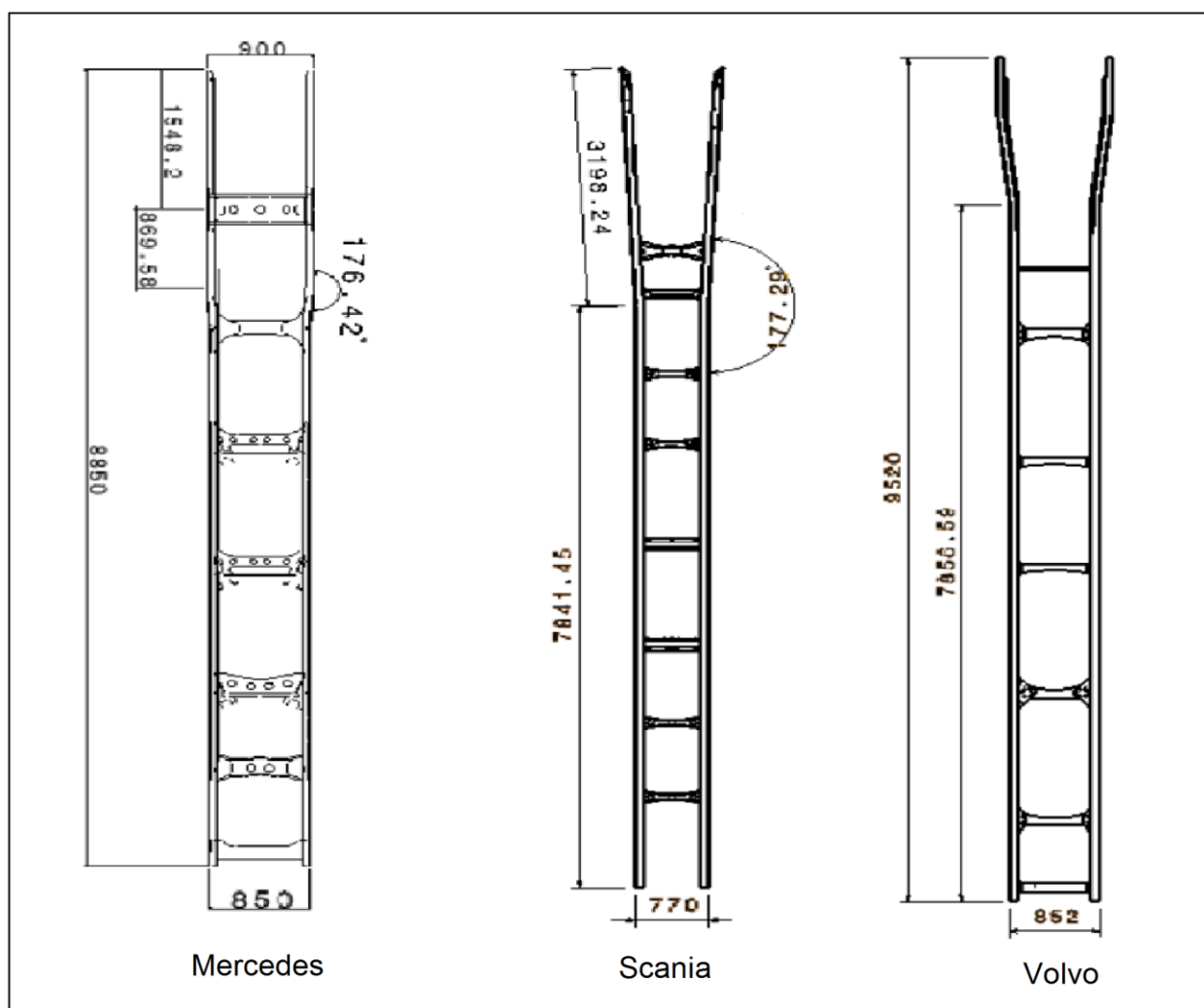
4 Resultat

I avsnittet resultat redovisas identifieringen av variationer för chassiramar för olika lastbilsfabrikat, problemområden för standardisering av en hjälpram samt en variationsberäkning för att klargöra vilka reduceringar av anslutande komponenter som erhålls med att standardisera en hjälpram.

4.1 Identifiering av chassiramar för olika lastbilsfabrikat

Utförliga ritningar på chassiramarna kan ses i bilaga A. I figur 4.1 (ej skalenlig) ses en sammanställningsritning på chassiramar för olika lastbilsfabrikat.

Mercedes chassiram har en bredd på 850 mm med en rak profil sett bakifrån. Framtill vinklar sig ramen på två ställen med 176 graders vinkel vilket gör att ramen fortsätter med en bredd på 900 mm till hyttinfästningen. Bredden för Scantias chassiram är 770 mm sett bakifrån och bredden framtill är 890 mm. Detta beror på att ramen vinklar sig med 177 graders vinkel som gör att ramen är bredare framtill. Volvos chassiram har en rak kontur på 852 mm över där byggnationen monteras.



Figur 4.1. Sammanställningsritning av chassiramar för Mercedes, Scania och Volvo.

I tabell 4.1 ses en sammanställning av mått och geometrier av chassiramar för olika lastbilsfabrikat.

Chassidata för olika lastbilsfabrikat					
Lastbilsfabrikat	Ramtjocklek	Bredd bak	Bredd fram	Profil där byggnation monteras	Vinkel
Mercedes	Enkel	850 mm	900 mm	Rak med två vinklar	176,4°
Scania	Dubbla, totalt 16,5 mm	770 mm	890 mm	Rak med en vinkel	177, 3°
Volvo	Dubbla, totalt 12 mm	852 mm	852 mm	Rak	-

Tabell 4.1. Sammanställning av mått och geometrier för chassiramar från Mercedes, Scania och Volvo.

Chassiramarna för DAF, MAN och Iveco har en bredd mellan 900mm och 770 mm vilket innebär att de ligger inom intervallet 900–770 mm som är måtten för Mercedes respektive Scania, den bredaste och den smalaste chassiramen. Därav listas inga mått upp för dessa lastbilsfabrikat.

4.2 Problemanalys för standardisering av hjälpram

Nedan presenteras delrubriker för problem och avvägningar som påverkas av hur hjälpramen dimensioneras och konstrueras. Problemanalysen innefattar även vilka begränsningar och påverkningar som erhålls vid användning av en hjälpram som är bredare eller smalare än chassiramen.

Följande problemområden har identifierats:

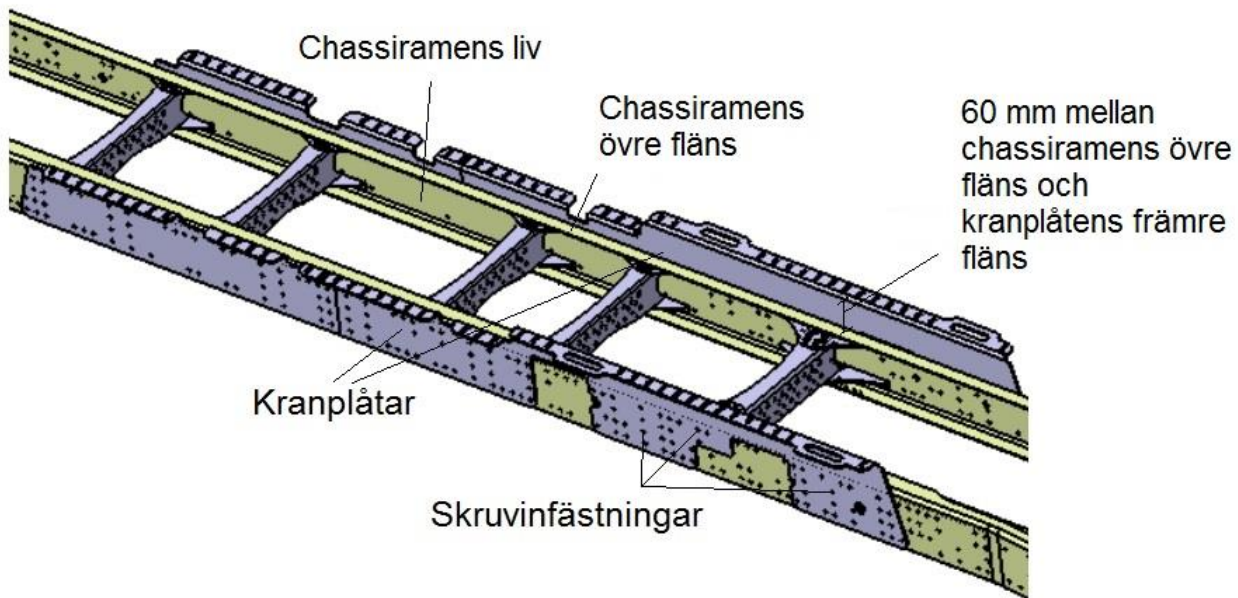
- Styrning av hjälpram i tvärled
- Infästning mellan hjälpram och chassiram
- Servicevänlighet
- Extrautrustning till en påbyggnation
- Kranfundament
- Kraftflöde och belastningar mellan hjälpram och chassiram

4.2.1 Styrning av hjälpram i tvärled

Det är viktigt att erhålla styrning av hjälpramen i tvärled så att inte byggnationen kan röra sig vid transport och vid användning av kranen. Att inte ha en styrning av hjälpramen innebär på lång sikt att utmattning kan komma att ske i skruvförband som utgör infästningen mellan hjälpram och chassiram eftersom hela konstruktionen kan röra sig. Eftersom Fassi levererar byggnationer med kranar med specifikationer upp till 130 tonmeter (F1650RA) [9] är infästningen avgörande för en långlivad och hållbar konstruktion.

Idag sker styrningen av hjälpramen med så kallade kranplåtar. Dessa monteras med skruvförband på chassiramens längsgående kontur som kan ses i figur 4.2. Kranplåtens främre fläns konstrueras 60 mm

högre än chassiramens övre fläns. Detta görs för att underlätta åtdragningen av skruvförbanden mellan kranplåten och kranfundamentet och för att ge styrning i sidled. Det är denna infästning inklusive chassifästen som utgör infästningen mellan chassiramen och hjälpramen.



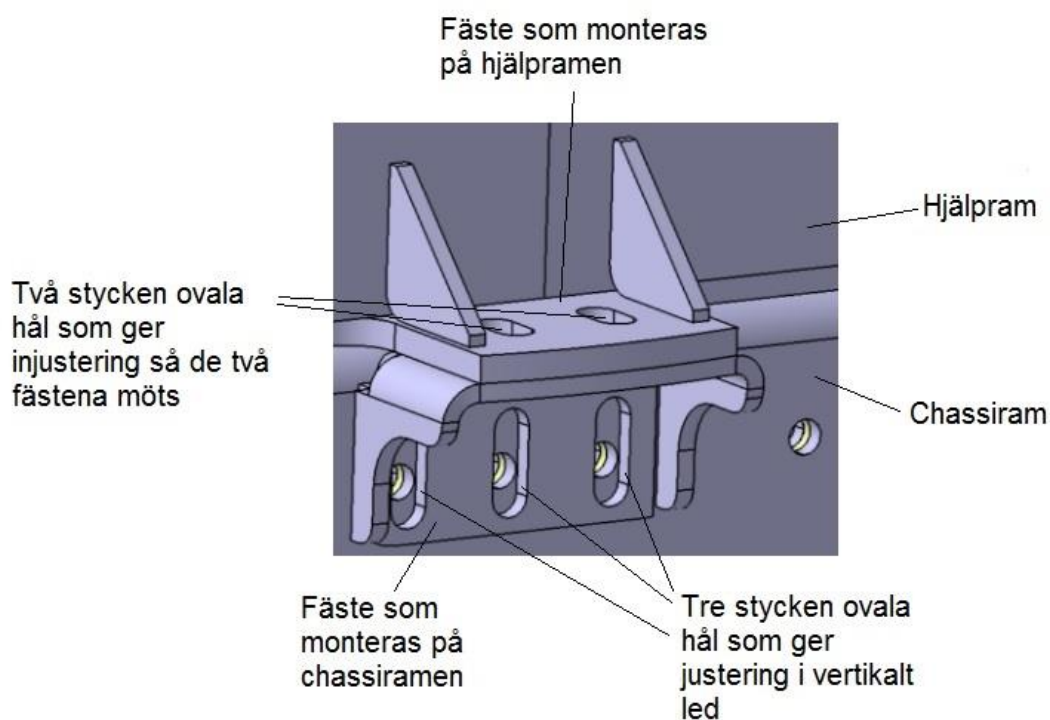
Figur 4.2. Kranplåtar på Volvos chassiram.

4.2.2 Analys för styrning av hjälpram i tvärlädd

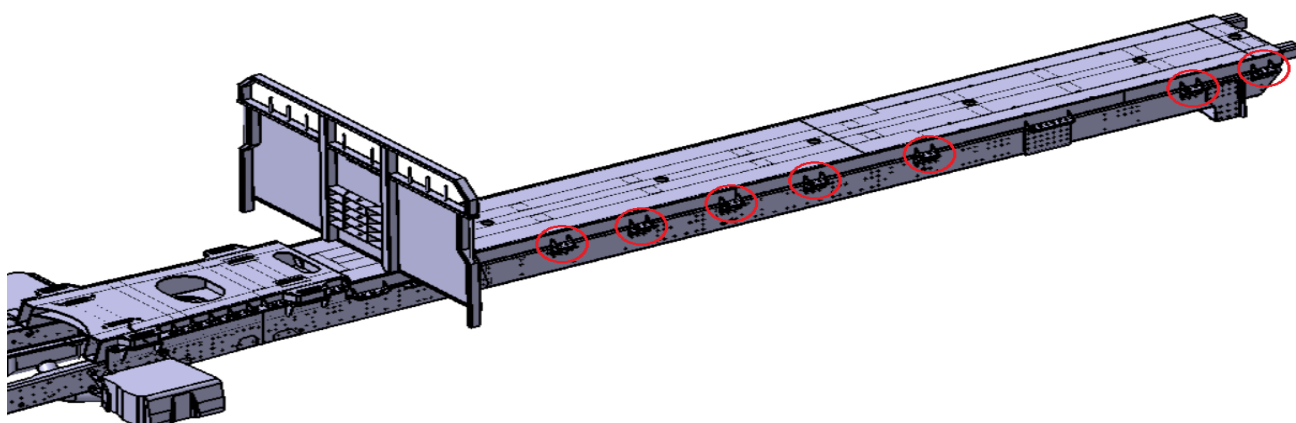
Beroende på vilken bredd som den standardiserade hjälpramen kommer att ha så kommer detta orsaka olika problem när det gäller samverkan med kranplåtarna. Detta kommer resultera i att kranplåtarna måste modifieras eller anläggas med olika adaptrar. Det kan även resultera i att helt nya lösningar måste tas fram för att erhålla styrning av hjälpramen i sidled.

4.2.3 Infästning mellan hjälpram och chassiram

Infästningen mellan chassiramen och hjälpramen för den bakre delen av hjälpramen sker idag med universala chassifästen som ses i figur 4.3. Infästningen består av två fästen där det ena skruvas med skruvförband i chassiramen (underst i figur 4.3), och ett motsvarande fäste (överst i figur 4.3) skruvas eller svetsas fast i hjälpramen så att dessa två möts. Fästena konstruerats med två ovala hål som är vinkelräta mot varandra. Detta skapar variation och robusthet i byggnationerna och som gör att fästena kan användas till samtliga byggnationer och lastbilsfabrikat. I figur 4.3 ses de tre ovala hålen som skapar möjlighet för justering i vertikallädd för fästet som monteras på chassiramen. Antalet chassifästen styrs av chassitillverkarens restriktioner och anvisningar och figur 4.4 visar ett exempel på detta.



Figur 4.3. Infästning mellan hjälpram och chassiram.



Figur 4.4. Antalet chassifästen för infästning av hjälpramen på chassiramen.

4.2.4 Analys för infästning mellan hjälpram och chassiram

För att fortsätta använda befintliga infästningar i form av universella chassifästen så kommer dessa behöva omkonstrueras.

4.2.5 Servicevänlighet

En påbyggnation med dess hjälpram konstrueras på ett sådant sätt att reparationer och service av lastbilen inte omöjliggörs som till exempel demontering av växellådan. En påbyggnation på en lastbil försämrar servicevänligheten för en lastbil eftersom lastbilens komponenter på insidan av chassiramen täcks över.

4.2.6 Analys av servicevänlighet

Oavsett bredden på hjälpramen jämfört med chassiramen så kommer chassiramens invändiga detaljer täckas lika mycket. Om hjälpramen är bredare jämfört med chassiramen påverkas de utvändiga komponenterna. Vanligtvis är byggnationer konstruerade med utvändiga balkar från hjälpramen som gör att det inte uppstår någon skillnad om hjälpramen är bredare än chassiramen. Detta eftersom dessa ändå täcks av utvändiga balkar. För Scania krävs extra utrymme i hjälpramens främre del för demontering av växellådan. Detta problem löses idag genom att hjälpramen konstrueras med en upphöjning av kranfundamentet gentemot chassiramens övre fläns.

4.2.7 Extrautrustning till en påbyggnation

Båstöttor, stakrader, flakförlängning, hjulfickor, kölficka och framstam är extrautrustning till en byggnation. Placering och utformning av sådan extrautrustning väljs av kunden utifrån vissa restriktioner. Stakrader, flakförlängning och framstam kan ses i den övergripande figuren, figur 2.1, av en påbyggnation på sidan 4.

Båstöttorna används när en båt skall transporteras på en lastbil med ett bodflak. Funktionen innefattas av en teleskopsarm som trycks upp mot båtens skrov med hjälp av en hydraulisk kolv. Teleskopfunktionen manövreras manuellt och beroende på båtens utseende anpassas armens längd. Vanligtvis byggs båstöttor in längst bak samt mitten av bodflakets golv.

Stakrader är en annan typ av extrautrustning till en påbyggnation. På bodflaket konstrueras stakrader som gör att flakets golv kan delas in i sektioner genom att placera stakar i stakraderna. Stakrader används för att minimera surning av godset som fraktas. Till exempel om lastbilschauffören fraktar rörlängder så används stakar för att undvika att godset rullar fritt på flaket. Stakar är rör tillverkade i aluminium.

Flakförlängning är en hydraulisk styrd tvärgående balk längs bak på byggnationen, se figur 2.1. Denna skjuts ut bakåt mellan 1500 mm och 2000 mm beroende på kundens önskemål. Flakförlängning används för att förlänga byggnationen när till exempel en bod utan hjul, som är längre än flaket, skall transporteras. På ovansidan av flaket kan containerlås byggas in med en placering som gör att dessa passar med flakförlängningen när förlängningen är fullt utdragen, till exempel när en container skall fraktas. På så vis förskjuts godset och dess tyngd bakåt på lastbilen. På baksidan av förlängningen finns bakljus, bromsljus och blinkersljus inbyggt för att synliggöra lastbilen när förlängningen används.

På ovansidan och utanför hjälpramen kan hjulfickor byggas in. Hjulfickorna används vid transport av redskapsbodar med hjul. Hjulen på boden placeras i fickorna och är främst till för att minska totalhöjden på transporten samt låsa fast boden på flaket. Även om hjulfickorna används måste lasten säkras. Hjulfickor placeras mitt emot varandra, en på vardera sida om hjälpramen. Hjulfickor är en nedsänkning i golvet där djupet på fickan är minst lika djup som höjden på kantlinan, men som kan dimensioneras djupare. Längden på nedsänkningen är 778 mm i toppen och 582 mm i botten för en hjulficka som bestäms av kantlinans höjd. Detta är ett exempel eftersom bredden på dessa beror på bredden på hjälpramen och om en flakförlängning appliceras i byggnationen (eftersom cylindrarna till förlängningen tar upp utrymme mellan hjulfickan och hjälpramen).

Mitt emellan hjälpramens- och chassiramens längsgående balk kan en kölficka konstrueras. Denna är lika djup som kantlinan är hög och som ofta används tillsammans med båtstöttor. Kölficka används till transporter av båtar där båtens köl placeras i fickan. Detta för att minska totalhöjden på transporten.

Framstam är en annan typ av extrautrustning till en byggnation som avgränsar bodflaket och kranen. Denna är till för att skydda kranen eller hytten vid eventuella svängningar som uppstår av ett godslyft eller om en last som sliter sig från flaket skyddar framstammen från detta. Ett annat användningsområde är upphängning av redskap som exempelvis kättingar och spännband. Framstammen utgår från bredden på hjälpramen och är lika bred som hela byggnationens bredd där dess utseende beror på kundens val.

4.2.8 Analys av extrautrustning till en påbyggnation

All extrautrustning beror på hur hjälpramen är dimensionerad. De olika utrustningarna påverkas olika beroende på om en bred eller smal hjälpram används.

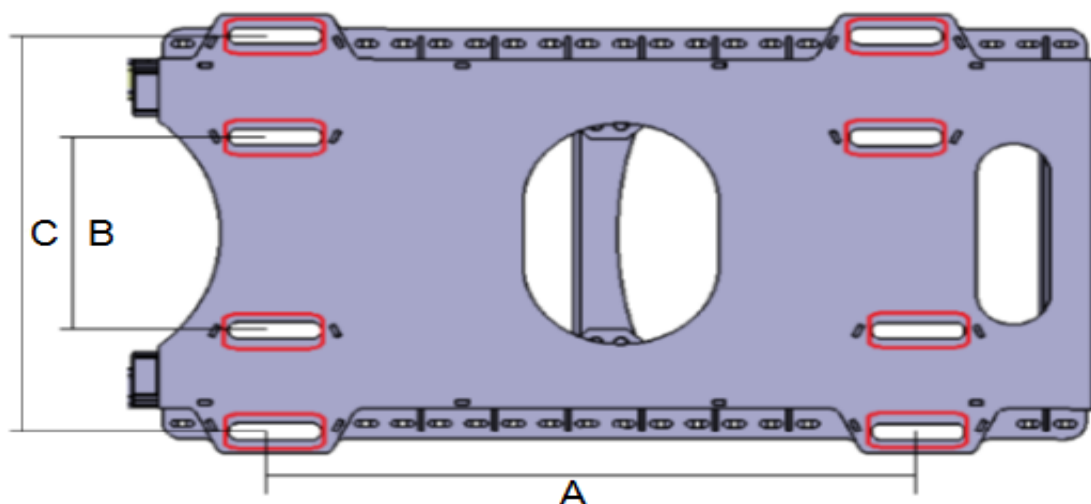
Som exempel:

- Om en båt med en väldigt djup köl transporteras, vill båttransportören att båtstöttorna skall vara så långa som möjligt. För att erhålla längsta möjliga båtstöttor så skall en så smal hjälpram som möjligt användas.
- För att erhålla olika alternativ och variationer för indelning av flaket i sektioner så söks en så stor mängd av stakrader som möjligt. I hjälpramen kan inte stakrader byggas in på grund av att det påverkar hållfastheten för hjälpramen. Om antalet stakrader skall maximeras så skall en så smal hjälpram som möjligt användas.
- Hjulfickorna beror på bredden på hjälpramen och som önskas så breda som möjligt för att möjliggöra variation av transportmöjligheter av bodar med hjul.
- Både flakförlängningen och framstammen påverkas inte av bredden på hjälpramen då dessa konstrueras med hjälpramen som utgångspunkt.

4.2.9 Kranfundament

Kranfundament är den del av en påbyggnad som utgör infästningen för kranen. Vilken del som är kranfundamentet och dess placering i en påbyggnation kan ses i figur 2.1 på sidan 4. I figur 4.5 ses kranfundamentet för en byggnation på en lastbil från Volvo med åtta stycken (röda ringar i figur) ovala hål för infästning av en kran.

Kranfundamentet konstrueras utefter dimensioner som beror på kranstorlek. Kranbultarna på kranen måste sammanfalla med infästningshålerna för kranfundamentet för att kunna monteras samman med åtta stycken skruvförband. Olika kranar har olika dimensioner mellan kranbultarna vilket resulterar i att kranfundamentets infästningshål dimensioneras med avseende på kranbultarnas avstånd mellan varandra. Detta kan ses i figur 4.5 där bokstaven A symboliserar olika kranars avstånd mellan kranbultarna. Bokstäverna B och C är mått som bestäms av chassiramens bredd. Måtten B och C dimensioneras så att yttersta kranbultarna placeras på utsidan av chassiramen. De övriga placeras på insidan. Kranen kan vid montering justeras i horisontalled, sett i figuren nedan, på grund av ovala hål i kranfundamentet. Justering i vertikalled, sett i figuren, möjliggörs med ovala hål på kranfoten.



Figur 4.5. Figur över kranfundamentets infästningspunkter för kranbultar.

4.2.10 Analys av kranfundament

Eftersom kranfundamentet är den del av hjälpramen som beror på vilken kran som ska monteras på lastbilen, så är denna komponent svår att standardisera. Detta eftersom det finns olika modeller och storlekar på kranar, som beror på kundens val, som resulterar i att denna kommer behöva modifieras beroende på byggnation. Dock finns det “familjer” av kranar där avstånden är densamma för måtten A, B och C i figuren som gör att ett visst antal kranar inom “familjen” kan användas på ett och samma kranfundament.

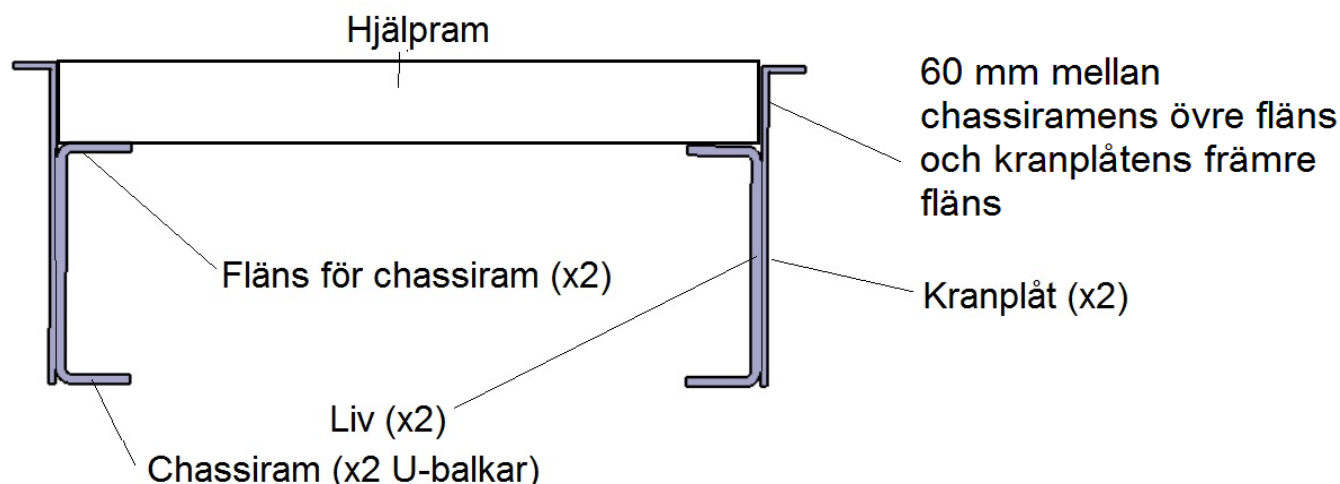
4.2.11 Kraftflöde och belastningar mellan hjälpram och chassiram

Ett stort problemområde är överföring av krafter från byggnationen, inklusive kran och bodflak, till lastbilens chassiram. Eftersom det uppstår stora krafter i form av böj- och vridmoment när kranen används så är det viktigt att byggnationen uppfyller de krav som ställs med avseende på hållfasthet. När kranen används måste samtliga fyra stödben på lastbilen fällas ned och ha kontakt med marken. Detta gör att hela lastbilen hissas upp och hänger fritt i luften (kontakt sker mellan lastbilens hjul och marken) vilket innebär att stödbenen och hjälpramen tar upp ett vrid- och böjmoment som uppstår på grund av vad kranen lyfter och dess hävarm. Hävarmen är det avstånd mätt från godset som kranen lyfter relativt krancentrumet.

4.2.12 Analys av kraftflöde och belastningar mellan hjälpram och chassiram

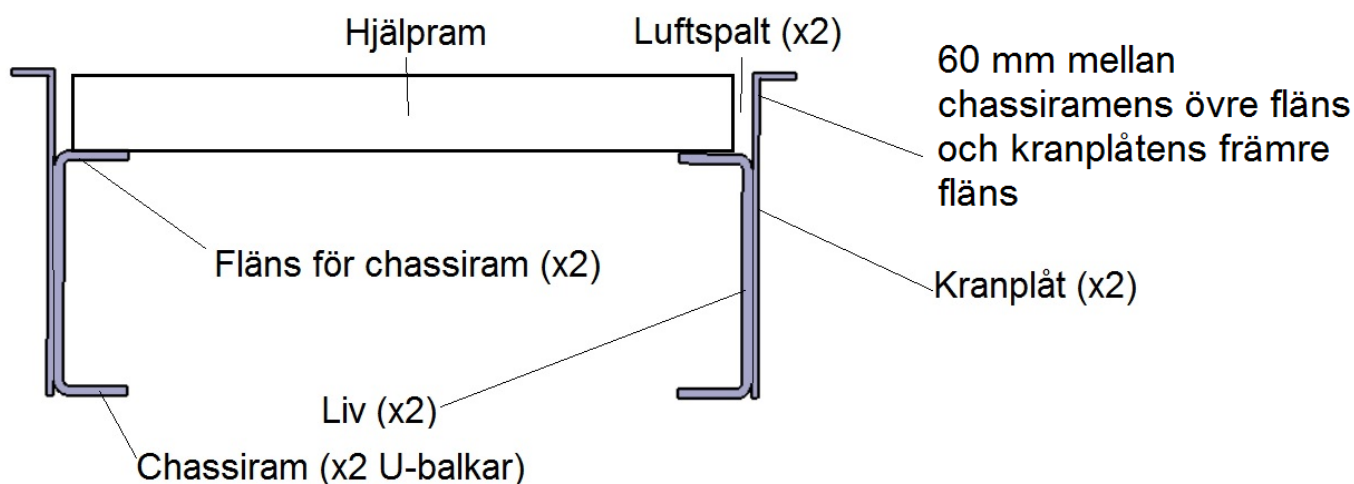
Eftersom en bredd skall standardiseras för hjälpramen och lastbilarnas chassiramar har olika bredder och konturer, se tabell 4.1, så kommer kritiska effekter uppstå för hur kraftflödet ser ut när det gäller överföring av krafter från byggnationen till chassiramen. Samtliga chassiramar, oberoende av lastbilsfabrikat, konstrueras med längsgående U-profiler med en skillnad i profiltjocklek. Livet på U-balken är den del som är starkast av ramen.

Figur 4.6 visar hur hjälpramen, ritad som en rektangel, följer chassiramens längsgående kontur och belastar balkens liv maximalt. Det är så hjälpramen belastar chassiramen idag.



Figur 4.6. Hjälpramen följer chassiramens kontur.

Om hjälpramen är smalare än chassiramen, det vill säga att hjälpramen inte följer chassiramens kontur, så kommer det uppstå en luftspalt mellan kranplåten och hjälpramen, se figur 4.7 nedan. Detta innebär att chassiramens fläns kommer att belastas. Om detta fall uppstår så måste en analys genomföras för att redogöra vilka spänningar och deformationer som sker i konstruktionen. Mercedes har den tunnaste chassiramen vilket innebär att vid detta fall är det denna chassiram som kan anses vara mest kritisk.

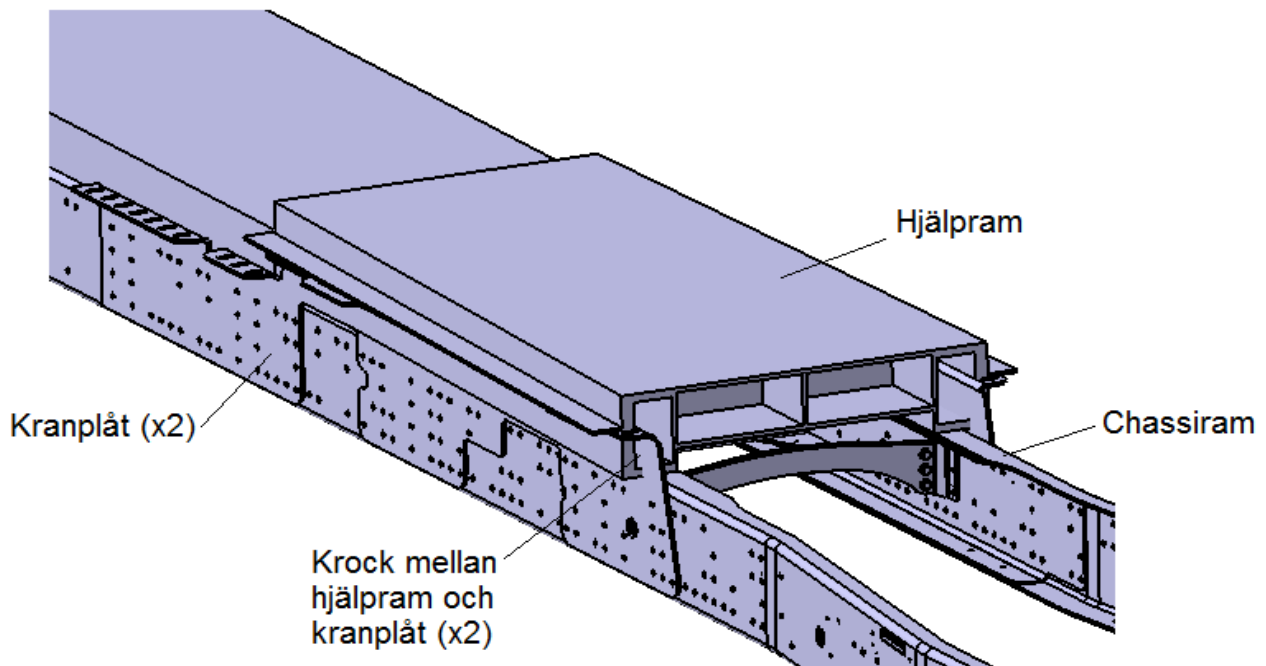


Figur 4.7. Hjälpramen är smalare än chassiramen där kranplåtarna monteras på chassiramen.

Om hjälpramen är bredare än chassiramen i området där kranplåtarna monteras så uppstår krock mellan kranplåten och hjälpramen. Detta medför vid ett sådant problem att kranplåtarna måste omkonstrueras eller ersättas med en helt annan lösning för att ge styrning av byggnationen i sidled.

4.3 Val av konstruktionsmodeller för vidare analys

Det finns olika alternativ för hur den standardiserade hjälpramen kan utformas med avseende på bredd och geometri. När det gäller dess geometri så är alternativen att hjälpramen utformas med en kontur som liknar någon av lastbilstillverkarna Mercedes, Scantias eller Volvos chassiram. Om hjälpramen konstrueras, likt Scantias chassiram, så att den är rak baktill men sedan vinklar sig så att den blir bredare framtill, skapas problem vid byggnation på en lastbil från Volvo eftersom dess chassiram är helt rak. Detta innebär att hjälpramen blir bredare i området där kranen monteras vilket resulterar i att kranplåtarna, som ger styrning av ramen i tvärled, inte kan monteras på chassiramen eftersom det uppstår en krock mellan hjälpramen och chassiramen. Krocken mellan hjälpramen och chassiramen kan ses i figur 4.8 nedan.



Figur 4.8. Hjälpram med en bredd på 850 mm sett bakifrån och en vinkel på 177° med en slutbredd på 890 mm monterad på Volvos chassiram.

Om hjälpramen istället dimensioneras med en kontur som liknar Mercedes chassiram, så uppstår samma problem med krock mellan kranplåtarna och hjälpramen. Detta innebär att hjälpramen med en geometri med vinklar utesluts för vidare analys då det skapar försvårad montering av hjälpramen på en chassiram från Volvo. Följande resultat betyder att hjälpramen kommer att standardiseras med en rak längsgående geometri. Det som skall dimensioneras och verifieras vidare är dess bredd.

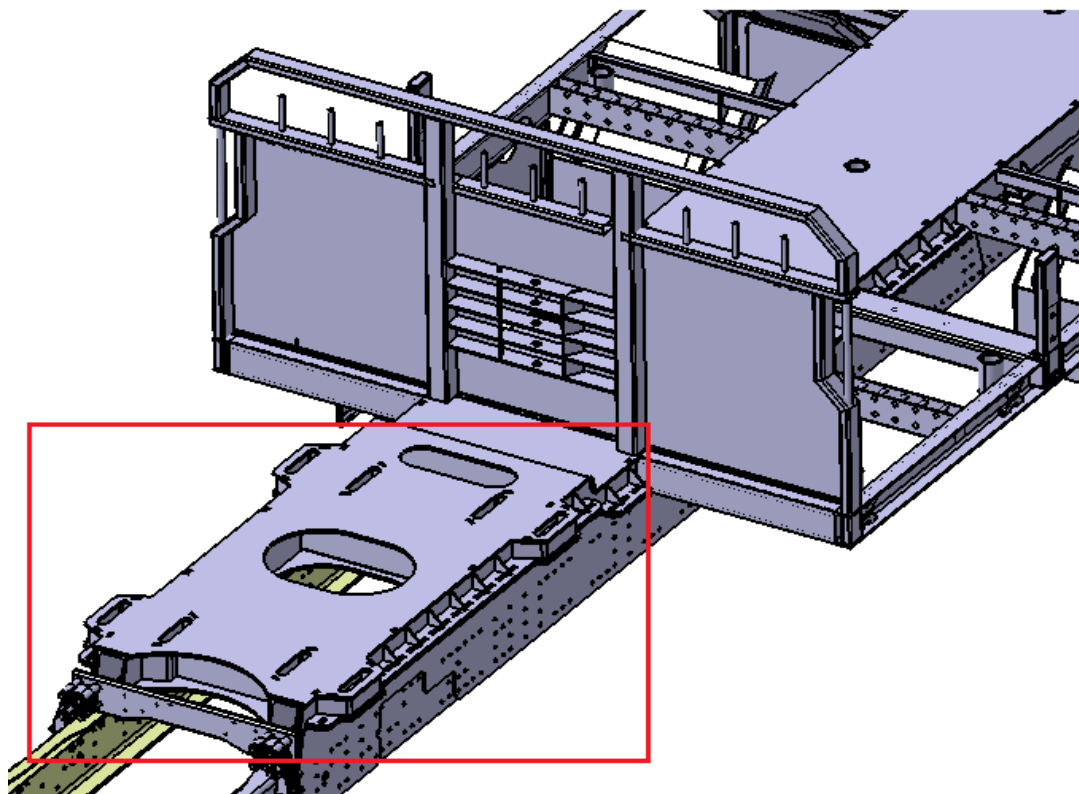
Det som återstår är vilka bredder av hjälpramen som skall undersökas. Det minsta måttet av chassiramarna är 770 mm (Scania) vilket väljs som ett alternativ för måttet på den standardiserade ramen. Det bredaste måttet av chassiramarna är 900 mm (Mercedes) som därmed undersöks och till sist väljs bredden 850 mm i och med att Mercedes och Volvo delar ungefärligen detta mått.

De konstruktionsmodeller som analyseras är följande:

- Konstruktionsmodell 1: Rak geometri med bredd 770 mm.
- Konstruktionsmodell 2: Rak geometri med bredd 850 mm.
- Konstruktionsmodell 3: Rak geometri med bredd 900 mm.

4.4 Analys av konstruktionsmodeller med avseende på montering

För att verifiera vilken konstruktionsmodell, av dem tre som tagits fram i avsnittet tidigare, som är bäst lämpad så utförs en analys med att montera de olika konstruktionsmodellerna på Mercedes, Scania och Volvos chassirammar. Den del av hjälpramen som är kritisk är området där kranen monteras, det vill säga kranfundamentet. Det är detta område som utgör variationen av chassiramarna med olika bredder (förutom bredden baktill) vilket innebär att störst fokus läggs på att analysera detta område. Det kritiska området kan ses i figur 4.9 där den röda rutan symboliserar den särskilt utsatta delen av hjälpramen.



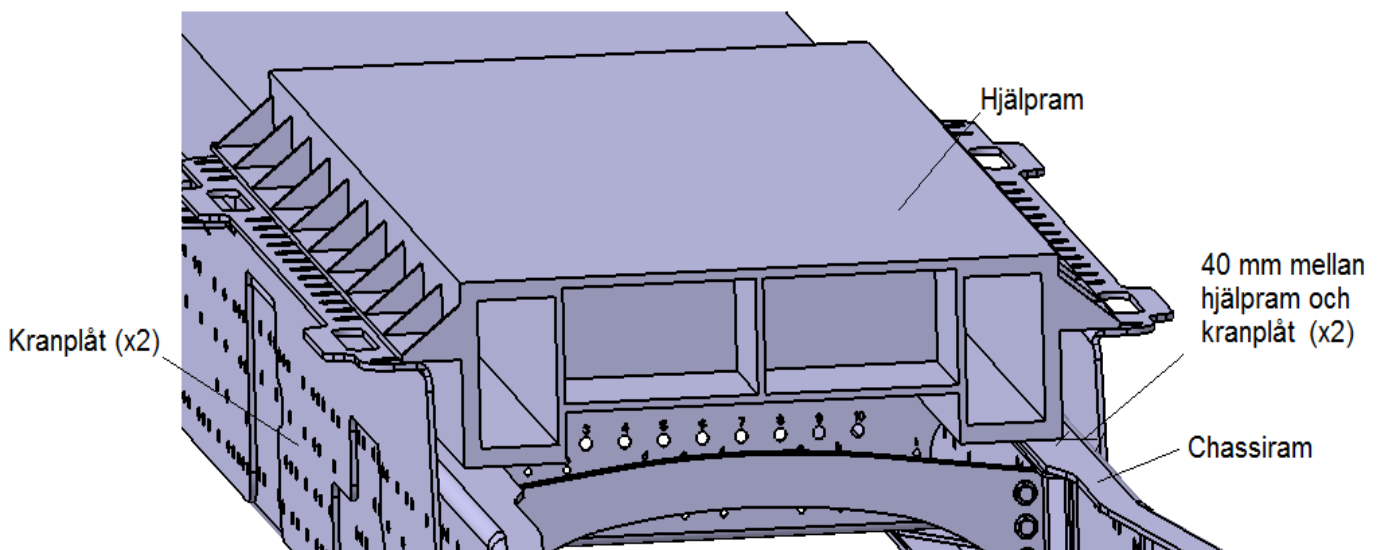
Figur 4.9. Kranfundamentet som är ett kritiskt område av hjälpramen.

4.4.1 Konstruktionsmodell 1: Rak geometri med bredd 770 mm

Om en hjälpram med 770 mm i bredd monteras på en chassiram med 850 mm i bredd (Mercedes och Volvo) resulterar detta i att hjälpramen vilar på chassiramens flänsar längs med hela chassiramen. Detta innebär att restriktionen för byggnationer på Mercedes [1] lastbilar, att hjälpramen skall belasta livet på chassiramens U-profil med minst 85 %, inte uppnås.

I figur 4.10 visas en hjälpram monterad på Volvos chassiram. Hjälpramen är förskjuten 41 mm från chassiramens liv. Detta innebär att när hjälpramen belastas överförs lasten från hjälpramen till chassiramen via chassiramens flänsar. Om flänsarna är veka relativt livet på chassiramen medför detta en risk för utböjning av flänsarna. Samma resonemang uppstår när hjälpramen monteras på Mercedes chassiram.

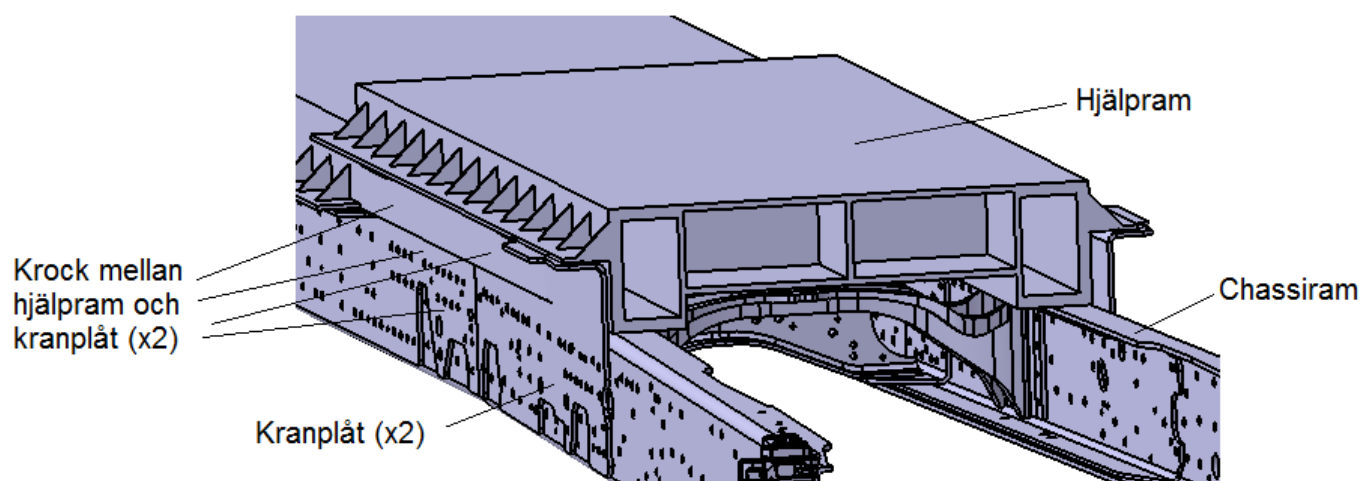
Detta är extra känsligt för en chassiram från Mercedes som bara har en enkel rambalk till skillnad från Scania och Volvo som har dubbla. Om flänsarna deformeras medför detta stor risk att byggnationen havererar. Utifrån detta teoretiska resonemang väljs 770 mm bredden bort på grund av risken för utböjningen av chassiramens flänsar. Området som flänsarna belastas, som är över hela chassiramens längd, medför att riktlinjerna för byggnationer på en Mercedes lastbil inte uppfylls [1]. Detta uppnås inte om hjälpramen är smalare än dess chassiram (852 mm) som i detta fallet med en hjälpram på 770 mm.



Figur 4.10. Schematiskt monterad hjälpram med 770 mm i bredd på Volvos chassiram.

4.4.2 Konstruktionsmodell 2: Rak geometri med bredd 850 mm

Om en hjälpram med 850 mm monteras på en chassiram med 770 mm i bredd (Scania) så kommer hjälpramen att vila över livet på chassiramen. När hjälpramen belastas överförs lasten från hjälpramen till chassiramen via livet. Modellen med 850 mm i bredd ger i detta fall en mer hållfast konstruktion i belastningssynpunkt än en hjälpram med 770 mm i bredd. Det är dessutom därför 770 mm i bredd direkt utesluts enligt tidigare. 850 mm hjälpram som monteras på Scania's chassiram innebär att en krock sker mellan kranplåtarna och hjälpramen. Denna krock kan ses i figur 4.11 nedan.

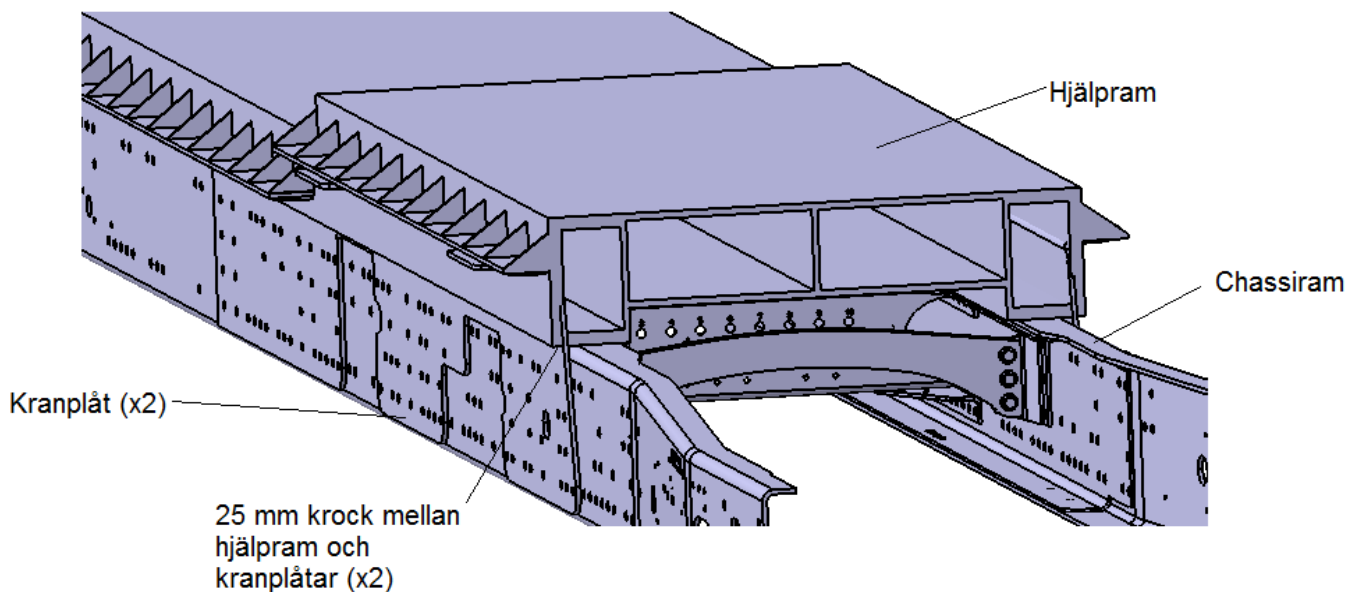


Figur 4.11. Schematiskt monterad hjälpram med 850 mm i bredd på Scania's chassiram.

Att använda en hjälpram med 850 mm i bredd på Volvos chassiram är inga problem eftersom det är så hjälpramen konstrueras idag. Att använda en 850 mm hjälpram på en Scania och Mercedes innebär att hållfasthetsberäkningar måste göras för det kritiska området där kranen monteras. Detta på grund av att chassiramen är bredare framtill (890–900 mm) där kranen monteras som gör att hjälpramen blir smalare än chassiramen. Resultatet innebär att hjälpramen förskjuts mellan 20–25 mm som gör att flänsarna belastas inom ett visst område. Detta analyseras närmare på i avsnittet med FEM-modellering för att undersöka flänsarnas utböjningar och hur spänningsfördelningen ser ut för konstruktionen.

4.4.3 Konstruktionsmodell 3: Rak geometri med bredd 900 mm

Om en 900 mm bred hjälpram används på en 852 mm chassiram (Volvo) innebär detta att hjälpramen får ett överhäng på 25 mm relativt chassiramen på vardera sida, som kan ses i figur 4.12 nedan. Detta medför att det kommer uppstå en krock mellan kranplåtarna och hjälpramen. Kranplåtarna och kranfundamentet blir då tvingat att konstrueras på sådant sätt att skruvförbandet mellan dessa hamnar i samma nivå som chassiramens ovankant. Att skruvförbanden hamnar i samma nivå som chassiramens ovankant medför försvårad montering då lastbilens ljuddämpare med anslutningar, adblue-tank, bränsletank och batterilåda redan är monterade i denna nivå på chassiramens ytersida. Idag konstrueras kranplåten med en 60 mm fläns för att möta infästningen med hjälpramens kranfundament för att undvika detta problem.



Figur 4.12. Schematiskt monterad hjälpram med 900 mm i bredd på Volvos chassiram.

För Scania's chassiram fås ett överhäng på 65 mm baktill och där fram, närmast hytten, skapas en krock mellan hjälpramen och kranplåtarna eftersom där är ramen 890 mm bred. För Volvo fås ett överhäng på 25 mm sett bakifrån och en krock sker mellan kranplåtarna och hjälpramen där fram. För Mercedes uppstår en krock mellan kranplåten och hjälpramen till en viss del, i det område som ramen vinklar sig, eftersom chassiramen har en slutbredd på 900 mm.

Att montera en 900 mm bred hjälpram på en chassiram från Scania medför en risk att de två bakre hjulparen tar i hjälpramen. Denna risk uppstår när lastbilen framförs på ojämnt vägunderlag där de två bakre hjulparen pendlar oberoende av varandra. Risken för att hjulen tar i hjälpramen ökar ytterligare om till exempel snökedjor används.

Dessutom fås en viktökning av konstruktionen om hjälpramen dimensioneras bredare än den bredaste chassiramen som är 850 mm. Viktökning är något som skall undvikas eftersom om lastbilen erhåller en lägre nettovikt fås en ökad lastförmåga och en lägre bränsleförbrukning vilket är positivt ur miljösynpunkt.

4.5 Sammanfattning av vald konstruktionsmodell för vidare analys

Att använda 850 mm eller 900 mm i bredd för hjälpramen innebär inte någon skillnad i hållfasthet hos chassiramen då båda hjälpramarna vilar över livet på chassiramarna sett baktill. Det som avgör valet är viktskillnad, monteringsutrymme och lastöverföring mellan hjälpramen och chassiramen.

Att använda en hjälpram på 900 mm jämfört med 850 mm innebär en viktökning och detta i en bransch där vikten på lastbilen avgör hur mycket lastbilen får lasta. I tabell 4.2 jämförs vikten på de under- och ovanliggande plåtarna hos hjälpramen för en byggnation som kräver 12 mm tjock plåt och är 9 meter lång. Att använda en 900 mm bred ram innebär en viktökning på 78 kg enbart för plåtarna och denna viktökning exkluderar viktökning på de ingående balkarna i hjälpramen.

Viktskillnad av plåtar				
Hjälpramsbredd	Plåtens volym	Plåtens densitet	Plåtarnas vikt	Viktskillnad
850 mm	0,184 m ³	7800 kg/m ³	1435,2 kg	-
900 mm	0,194 m ³	7800 kg/m ³	1513,2 kg	+ 78 kg

Tabell 4.2. Viktjämförelse på hjälpramens plåtar mellan 850 och 900 mm bredd.

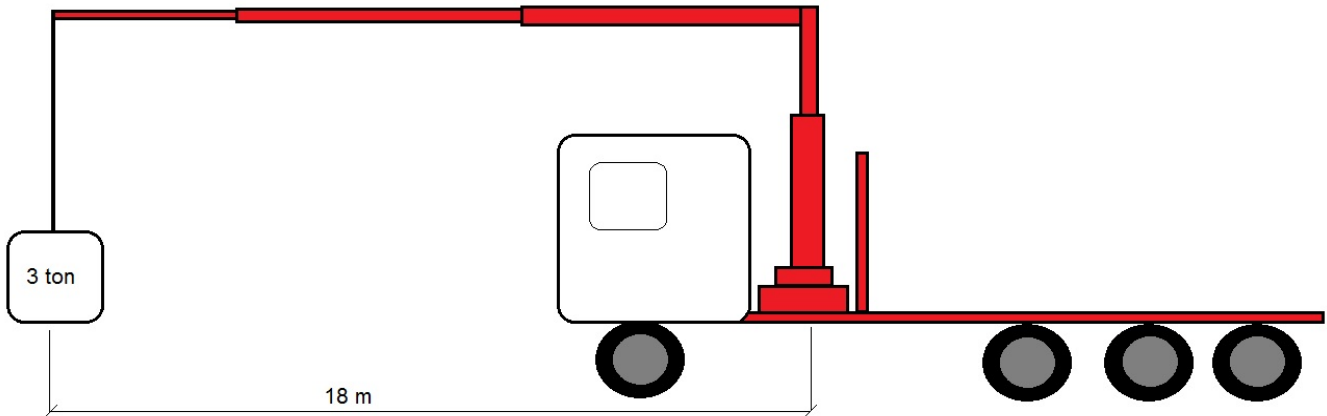
Om kranplåtarna helt bortses ifrån är 900 mm mer lämpad än 850 mm eftersom samtliga modellers chassiramars liv belastas maximalt över hela dess längd. Detta skapar dock problem för hur byggnationen skall ges styrning i sidled. Om kranplåtar tas med i diskussionen uppstår krockar mellan hjälpramen och chassiramen för en byggnation på Volvo eftersom den är helt rak med 850 mm bredd över hela längden.

Enligt monteringstester och analyser väljs bredden på hjälpramen till 850 mm som är Volvos nuvarande hjälpram. Detta är främst på grund av viktökningen och monteringssvårigheterna som 900 mm bredden medför. Detta är också till fördel för båtstöttorna och stakraderna eftersom en smal hjälpram som möjligt skapar fler möjligheter att applicera stakrader i en påbyggnation. Enligt avsnittet tidigare kan inte en 900 mm hjälpram användas på en chassiram ifrån Scania eftersom det fås ett för stort överhäng sett ifrån chassiramen som medför en risk att de bakre hjulparen tar i hjälpramen vid körning på ojämnt vägunderlag.

Nästa steg är att analysera och jämföra hjälpramen med 850 mm i bredd med varje unik hjälpram som konstrueras efter varje lastbil. Dessa monteras på varje tillverkares chassiram. Detta görs för att klargöra jämförelsen av hur Fassi gör idag med att hjälpramen följer chassiramens kontur och en hjälpram som är standardiserad med en specificerad bredd och kontur.

4.6 Verifiering och FEM-analys av vald konstruktionsmodell

För att verifiera att inte märkbart högre huvudspänningar och utböjningar på flänsarna hos chassibalken uppkommer analyseras detta i Catias FEM-programvara GPS/GAS. Belastningsfallet som analyseras är ett godslyft på 3 ton och med ett avstånd på 18 m mellan godset och krancentrumet som visas i figur 4.13. Detta belastningsfall anses som mest kritiskt.



Figur 4.13. Godslyft framför lastbilshytt.

FEM-analyserna utgår från att jämföra huvudspänningar och utböjningar i området där hjälpramen möter chassiramen för nuvarande hjälpram och en hjälpram med rak kontur med en bredd på 850 mm. Detta är endast en jämförelse mellan de två olika hjälpramarna vilket innebär att resultat som övergår materialets sträckgräns och brottgräns inte tas i beaktande. Trots att ett värde övergår materialets sträckgräns är inte det ett trovärdigt och rättvist resultat eftersom modellerna är kraftigt reducerade och förenklade. Det är enbart jämförelsen mellan de två modellerna som är intressanta.

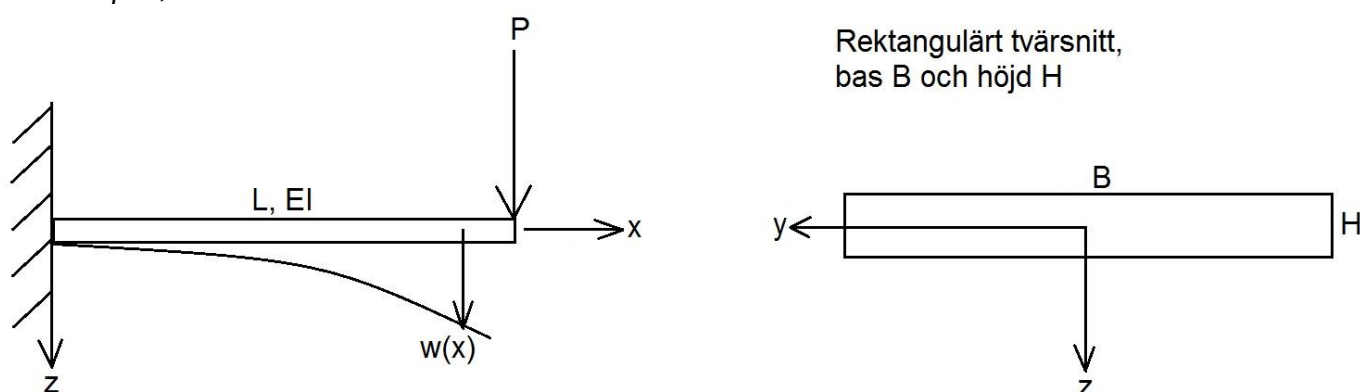
4.6.1 Verifiering av förenklade konstruktionsmodeller

För att verifiera hur bra de förenklade konstruktionsmodellerna är som används i kommande FEM-analyser samt hur pålitligt ett FEM-program är görs en jämförelse mellan en handberäkning [10] för hjälpramen som ett elementarfall som fast inspänd balk och motsvarande modell i Catias FEM-program. Resultatet i form av maximal utböjning, som uppkommer längst ut på balken, jämförs mellan de två metoderna för att klargöra skillnaden mellan modellerna som förenklad och mer komplex.

Hjälpramen förenklas som en homogen balk enligt tvärsnittsprofilen i figur 4.14. Längden för hjälpramen sätts till 4 m med en bredd på 850 mm och höjd 140 mm. Kraften P sätts till 50 000 N som motsvarar en utbredd linjelast vilket representerar tyngdlasten från en kran på 5 ton. Eftersom materialet varierar i hjälpramen och att det enbart är en jämförelse mellan handberäkning och avläsning i Catias FEM-program väljs materialet stål med E-modul på 200 GPa och en sträckgräns på 250 MPa.

L = Hjälprensens längd, 4000 mm
 B = Hjälprensens bredd, 850 mm
 H = Hjälprensens höjd, 140 mm
 P = Kraften, 50 000 N

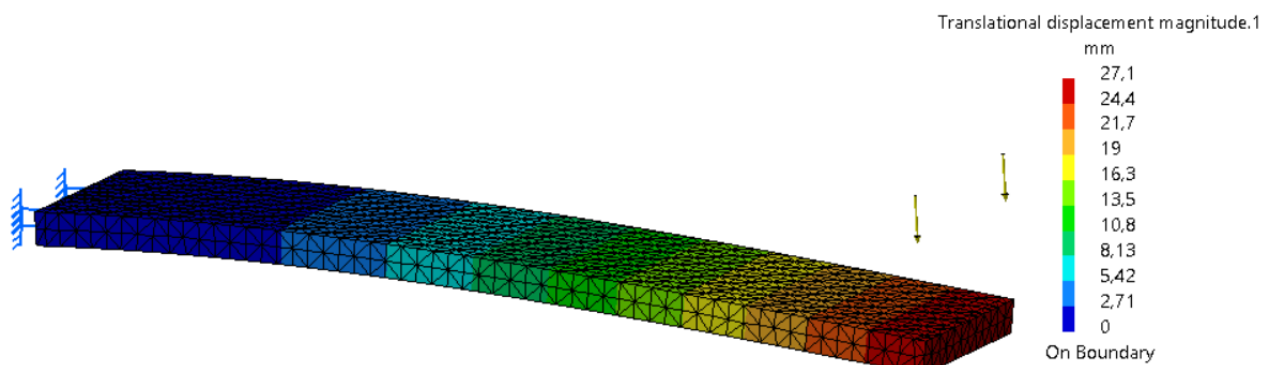
$w(L)$ = Maximal utböjning
 I = Yttre rögets moment
 E = Elasticitetsmodul, 200 GPa



Figur 4.14. Elementarfall för fast inspänd balk samt hjälprensens tvärsnittprofil.

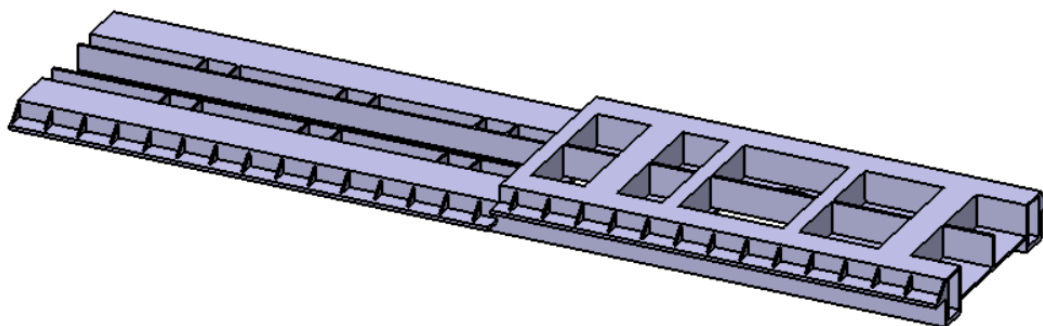
Med $w(L) = \frac{PL^3}{3EI}$ och $I = \frac{BH^3}{12}$ fås följande: $w(L) = \frac{PL^3 \cdot 12}{3EIBH^3} = \frac{50000 \cdot 4^3 \cdot 12}{3 \cdot 200 \cdot 10^9 \cdot 0,850 \cdot (0,140)^3} = 27,4 \cdot 10^{-3} m$, det vill säga 27,4 mm i maximal utböjning.

I figur 4.15 nedan visas utböjningen av FEM-modellen med densamma dimensioner som i handberäkningen. Som kan ses stämmer den maximala utböjningen 27,1 mm väl överens med handberäkningens resultat på 27,4 mm. Elementstorleken är 80 mm (sag 8 mm) för hela modellen. Vid förändring av elementstorlek erhålls ingen skillnad i resultat.



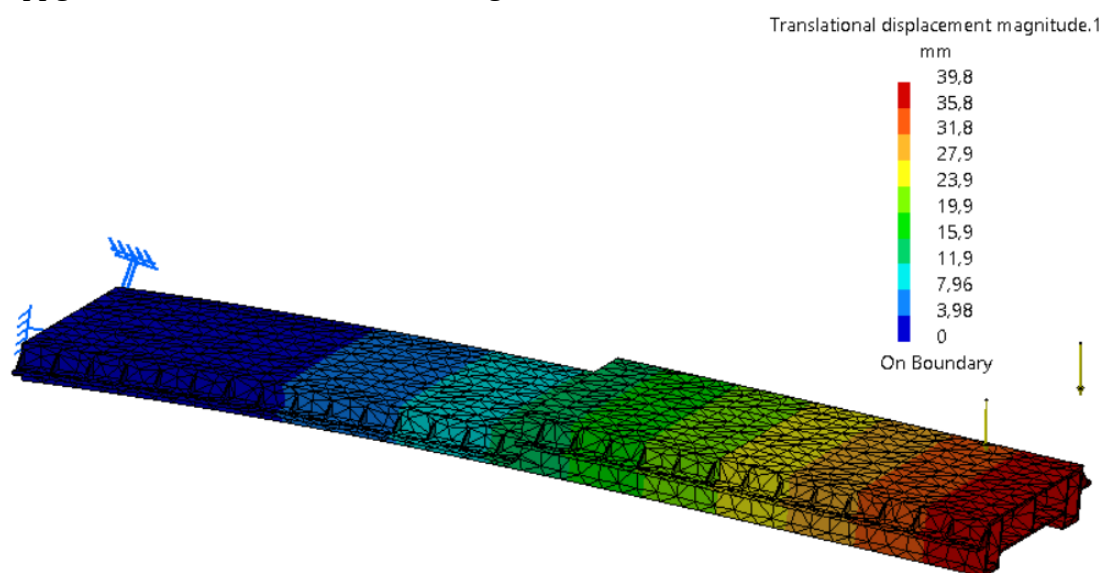
Figur 4.15. Utböjning av modellen som rektangulär solid. Förstärkningsfaktor 15.

Resultatet för den maximala utböjningen av den förenklade modellen med rektangulärt tvärsnitt jämförs med en konstruktion som är mer komplex och lik hur en hjälprens konstrueras idag (med en viss reducering av detaljer). Denna modell kan ses i figur 4.16 utan överliggande plåt för att synliggöra dess invändiga struktur. Modellen reduceras till samma längd som ovan, 4 m.



Figur 4.16. Modell av hur hjälpramen ungefärligen konstrueras idag.

Elementstorleken är 80 mm (sag 8 mm) för hela modellen. Resultatet förändras inte om en mindre eller större elementstorlek används. Resultatet för maximala utböjningen som sker längst ut på hjälpramen uppgår till 39,8 mm vilket kan ses i figur 4.17.



Figur 4.17. Utböjning av verklig modell som hjälpramen ungefärligen konstrueras idag. Förstärkningsfaktor 7.

I tabell 4.3 sammanställs resultaten av utböjningen för hjälpramen som förenklad- och verklig modell samt handberäkning. Enligt resultatet för den verkliga modellen och den förenklade modellen ökar utböjningen med 46 %. Den förenklade modellen kommer att användas i kommande FEM-analyser för att jämföra nuvarande hjälpram med 850 mm hjälpram, båda som solider med ett rektangulärt tvärsnitt. Detta ger en rättvis bedömning eftersom konstruktionen används för båda modellerna vid jämförelsen.

Jämförelsetabell av beräkningar			
	Förenklad modell	Verklig modell	Handberäkning
Maximal utböjning	27,1 mm	39,8 mm	27,4 mm

Tabell 4.3. Utböjning av hjälpramen som förenklad-, och verklig modell samt handberäkning.

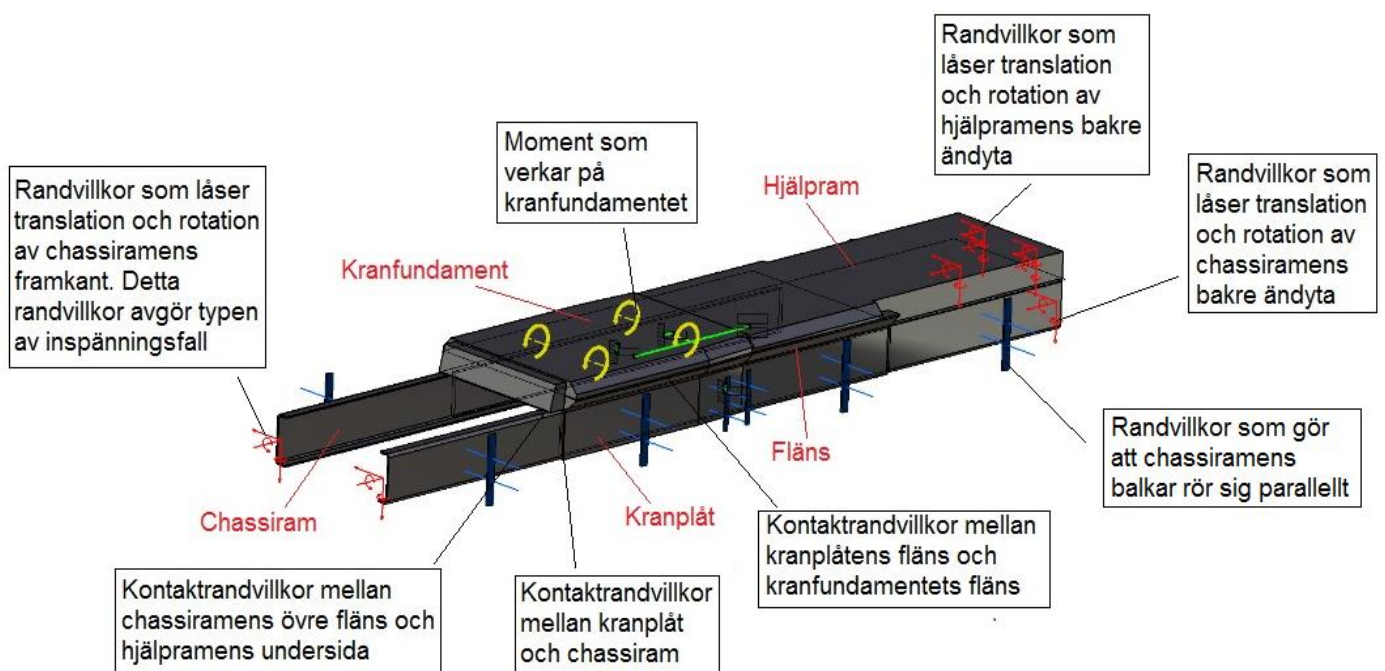
Den förenklade hjälpramen kan inte användas direkt i FEM-analysen utan måste modifieras ytterligare och detta presenteras i bilaga B.

4.6.2 Förenkling av FEM-modeller, belastningsfall och elementstorlek

Vid utförande av FEM-analyser används förenklade CAD-modeller där modellerna innefattar följande: chassiram, hjälpram med dess kranfundament och kranplåtar. En delvis redogörelse av förenklingen för hjälpramen presenteras i avsnitt 4.6.1 som sedan fortsätter i bilaga B tillsammans med förenklingen av chassiramen och kranplåtarna.

I FEM-analyserna har inte stödben tagits hänsyn till vilket i verkligheten tar upp en stor del av momentet som uppstår vid godslyft. Detta har uteslutits på grund av det fås en allt för avancerad och komplex konstruktion att analysera. I sådana fall behövs ytterligare CAD-modeller och fler randvillkor appliceras i konstruktionen vilket innebär ökad beräkningstid och försvårat arbete att likna belastningsfallet i programmet med verkligheten.

Vid utförande av FEM-analyser ansätts ett antal randvillkor och en last på modellerna. Dessa appliceras på ett sådant sätt att det liknar det verkliga lastfallet. Applicering av randvillkor och last beskrivs i bilaga B. I figur 4.18 visas modellen för Mercedes chassiram med dess nuvarande hjälpram med utsatta randvillkor och last. Processen med val av elementstorlek redogörs i bilaga D med en sammanställning i bilaga E. Vilken typ av inspänningsfall som FEM-analyserna behandlar är konstruktionen som fritt upplagd med en motivering som presenteras i bilaga C.

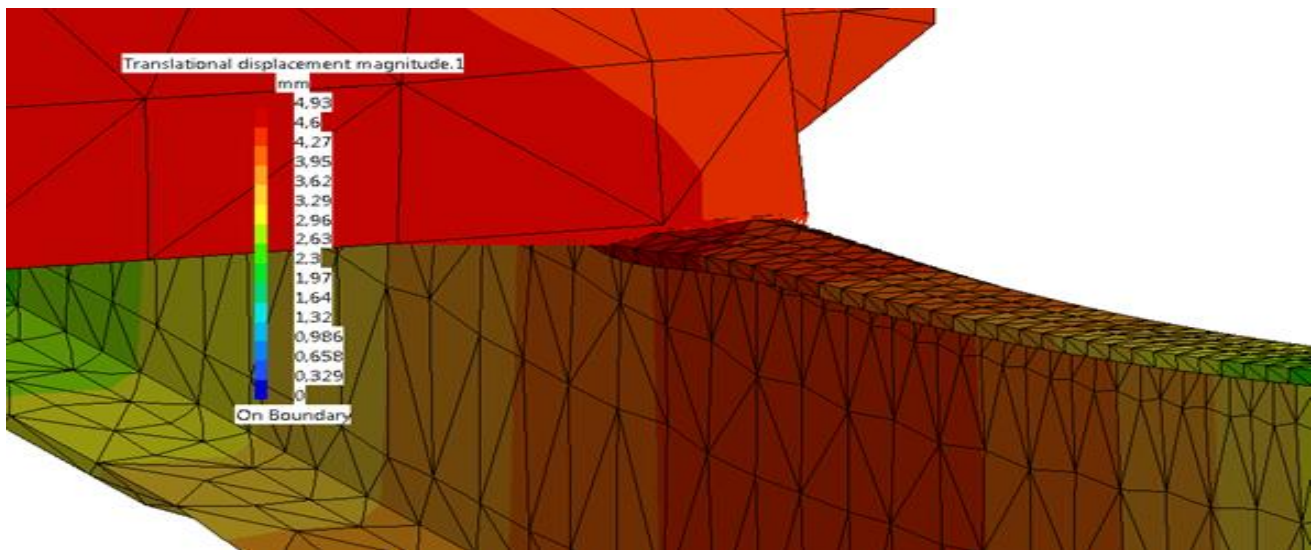


Figur 4.18. Nuvarande hjälpram på Mercedes chassiram med utsatta randvillkor och moment.

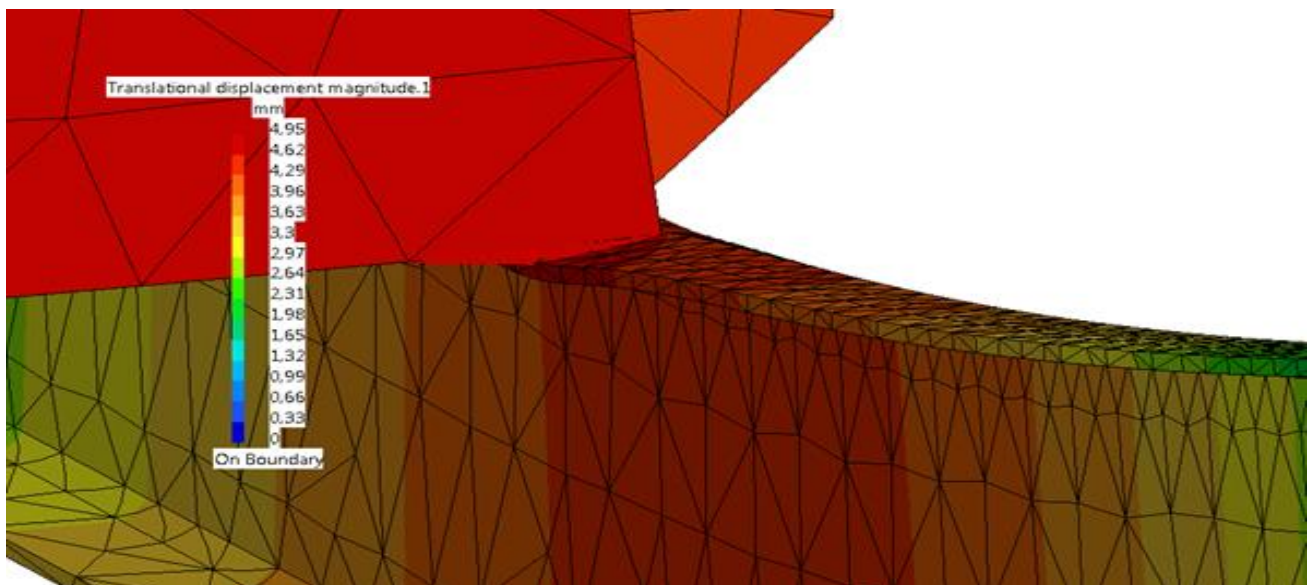
4.6.3 Analys av FEM-modeller på Mercedes chassiram

I följande avsnitt presenteras jämförelsen mellan nuvarande hjälpram och 850 mm hjälpram på Mercedes chassiram. Bilder på deformationen och huvudspänningar samt en jämförelsetabell redovisas nedan. I figuren 4.18 tidigare visas Mercedes chassiram med nuvarande hjälpram samt utplacerade randvillkor och last. Övergripande bilder finns i bilaga F för hur huvudspänningarna och deformationerna ser ut för hela konstruktionen.

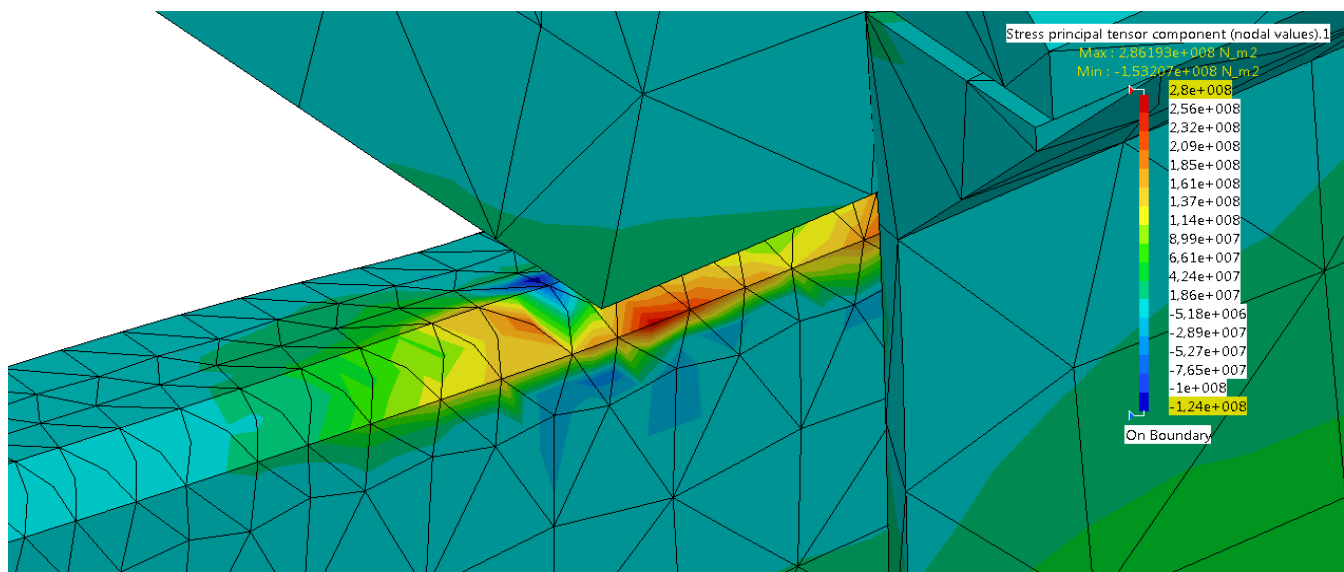
Det intressanta området som skall jämföras är framme vid chassiramens fläns där hjälpramen möter chassiramen. Det är detta område som jämförelsetabellen, tabell 4.4, jämför. Figurerna 4.19 och 4.20 visar detta område för deformationsbilderna med nuvarande hjälpram respektive 850 mm hjälpramen på Mercedes chassiram. Plottar på huvudspänningsbilden över detta område visas i figurerna 4.21 och 4.22.



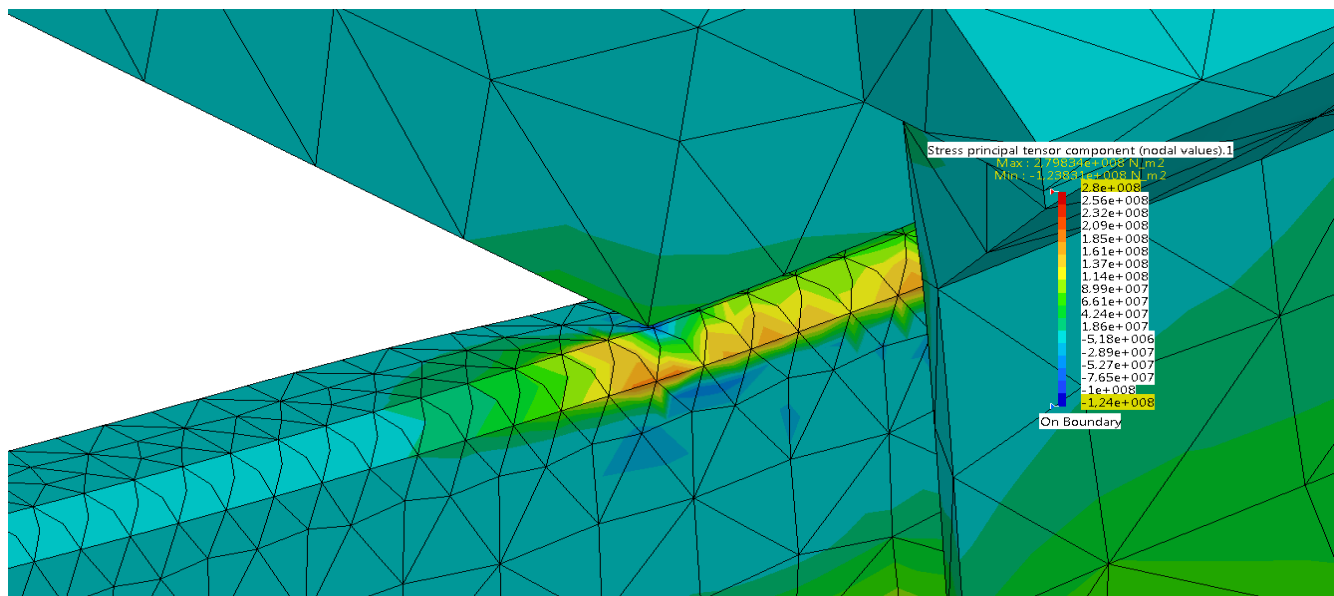
Figur 4.19. Deformationsplott med närbild på Mercedes chassiram med nuvarande hjälpram. Förstärkningsfaktor 30.



Figur 4.20. Deformationsplott med närbild på Mercedes chassiram med 850 mm hjälpram. Förstärkningsfaktor 30.



Figur 4.21. Huvudspänningsplott med närbild på Mercedes chassiram med nuvarande hjälpram. Förstärkningsfaktor 30.



Figur 4.22. Huvudspänningsplott med närbild på Mercedes chassiram med 850 mm hjälpram. Förstärkningsfaktor 30.

Enligt tabell 4.4 nedan uppgår flänsens utböjning för Mercedes till 5,08 mm för nuvarande hjälpram och 5,00 mm för den standardiserade hjälpramen. Detta är en skillnad på -1,57 %. Dragspänningarna i flänsen då nuvarande hjälpram används är högre, 275 MPa, jämfört med 850 mm hjälpramen, 204 MPa, vilket ger en skillnad på -25,82 %. För tryckspänningarna i flänsen för nuvarande hjälpram ger också en högre spänning, 153 MPa, jämfört med 850 mm hjälpramen, 87 MPa, vilket ger en procentuell skillnad på -43,14 %.

Mercedes			
	Nuvarande hjälpram	850 mm hjälpram	Procentuell skillnad
Maximal utböjning av flänsen	5,08 mm	5,00 mm	-1.57 %
Huvudspänningsspann vid flänsen	275 MPa drag & 153 MPa tryck	204 MPa drag & 87 MPa tryck	-25,82 % drag & -43,14 % tryck

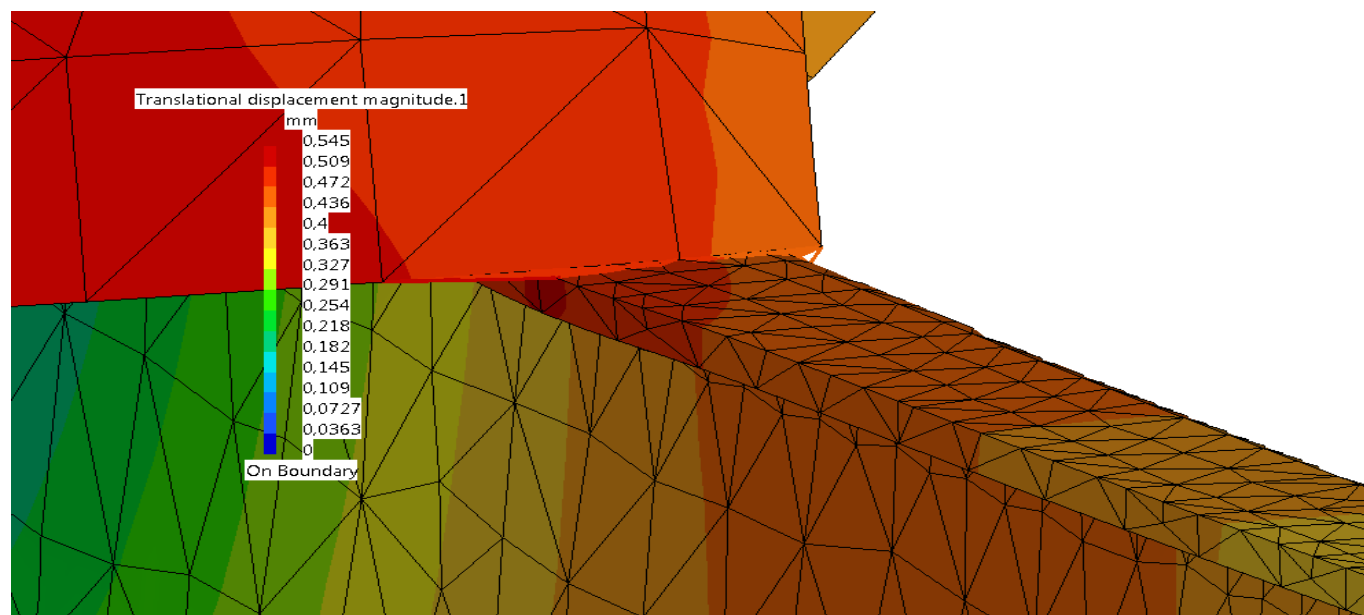
Tabell 4.4. Jämförelse för utböjning och spänningar hos Mercedes chassiram mellan nuvarande hjälpram och 850 mm hjälpram.

Skillnaden i utböjningen av flänsen med de olika hjälpramarna är obetydlig men ändå en liten minskning är noterbart i det avseende att det är positivt. Skillnaden i dragspänning minskar till en fjärdedel för 850 mm hjälpramen vilket visar en förbättring hos flänsen vilket är positivt. Så också för tryckspänningen där den nästan halveras då 850 mm hjälpramen används.

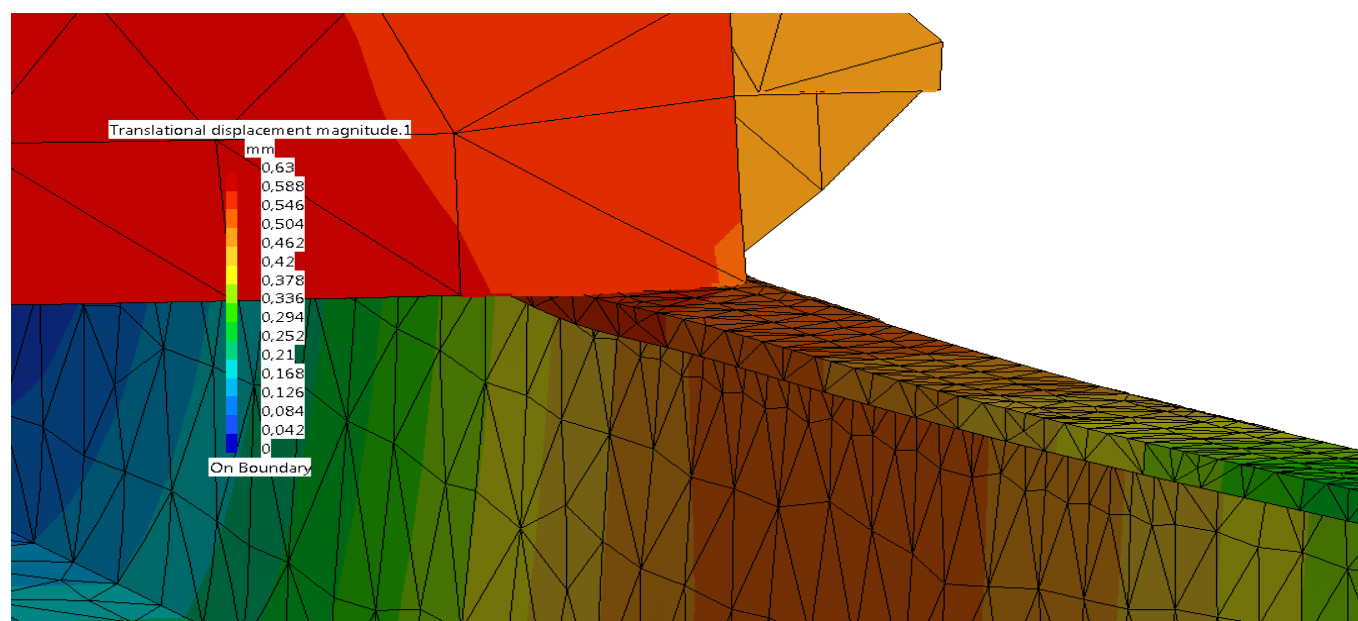
4.6.4 Analys av FEM-modeller på Scania's chassiram

Nedan presenteras jämförelsen mellan nuvarande hjälpram och 850 mm hjälpram på Scania's chassiram. Bilder på deformationen och spänningar samt en jämförelsetabell redovisas nedan. Övergripande bilder finns i bilaga G för hur huvudsanningarna och deformationerna ser ut för hela konstruktionen.

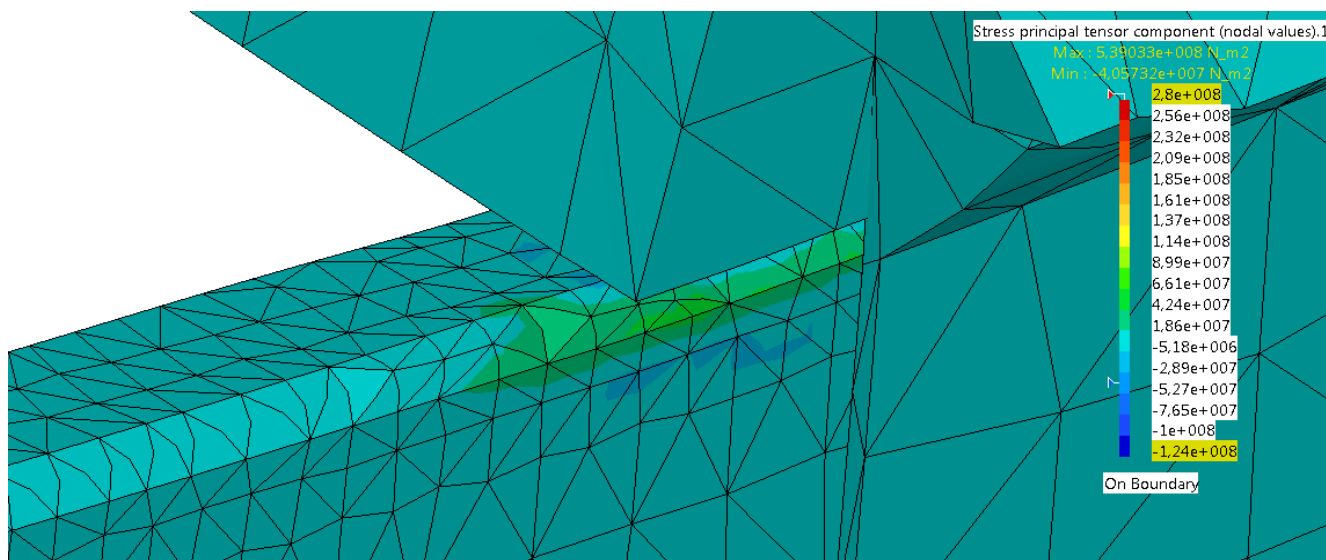
Figureerna 4.23 och 4.24 visar plottar över deformationsbilden för det intressanta området där hjälpramen möter chassiramen med nuvarande hjälpram respektive 850 mm hjälpramen. Plottar på huvudspänningsbilden över detta område visas i figurena 4.25 och 4.26. Resultaten som presenteras i jämförelsetabell 4.5 refereras från detta område.



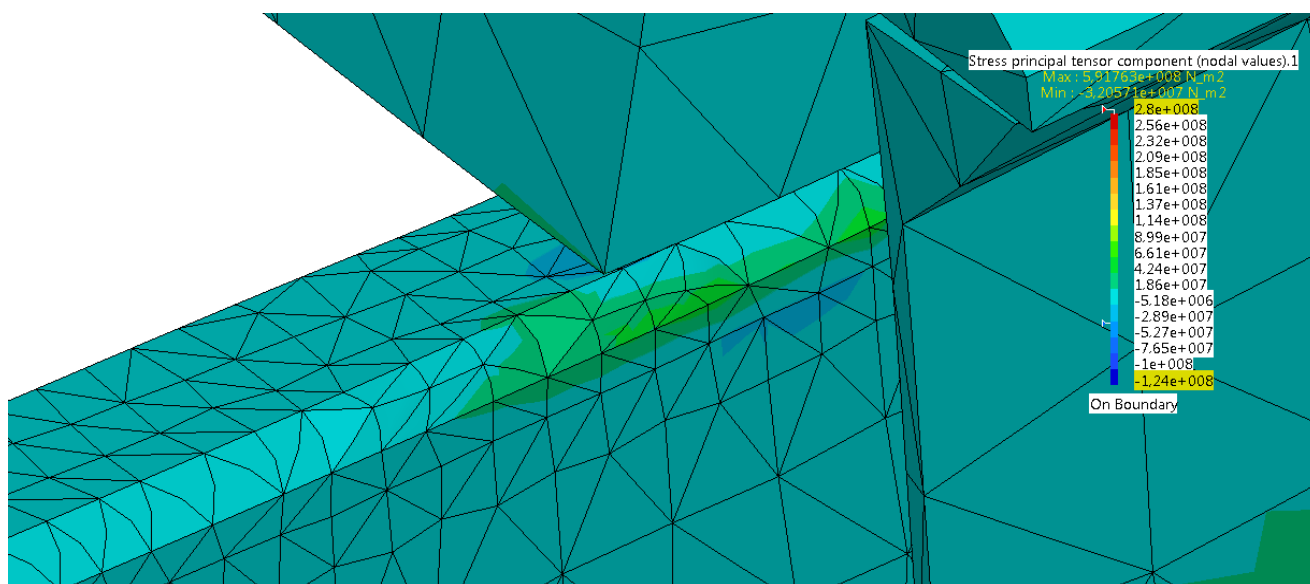
Figur 4.23. Deformationsplott med närbild på Scania's chassiram med nuvarande hjälpram. Förstärkningsfaktor 100.



Figur 4.24. Deformationsplott med närbild på Scania's chassiram med 850 mm hjälpram. Förstärkningsfaktor 100.



Figur 4.25. Huvudspänningsplott med närbild på Scanias chassiram med nuvarande hjälpram. Förstärkningsfaktor 100.



Figur 4.26. Huvudspänningsplott med närbild på Scanias chassiram med 850 mm hjälpram. Förstärkningsfaktor 100.

Skillnaden i utböjningen av flänsen är 0,06 mm mellan nuvarande hjälpram och 850 mm hjälpram med en procentuell skillnad på +1,12 % och som är ett resultat som inte kan anses som stort. Dragspänningen i området vid flänsen är lägre med 56 MPa för 850 mm hjälpramen gentemot nuvarande hjälpram som uppgår till 58 MPa med en procentuell skillnad på -3,40 %. Tryckspänningen på 10 MPa för 850 mm hjälpram är högre till skillnad från nuvarande hjälpram som uppgår till 9 MPa. Detta motsvarar ett resultat på +11,11 %. Med avseende på resultaten för utböjningen och huvudspänningar i området framme vid flänsen fås inga större skillnader mellan de olika hjälpramarna.

Scania			
	Nuvarande hjälpram	850 mm hjälpram	Procentuell skillnad
Maximal utböjning av fläsen	0,51 mm	0,57 mm	+1,12 %
Huvudspänningsspänn vid fläsen	58 MPa drag & 9 MPa tryck	56 MPa drag & 10 MPa tryck	-3,4 % drag & +11,11 % tryck

Tabell 4.5. Jämförelse för utböjning och spänningar hos Scantias chassiram mellan nuvarande hjälpram och 850 mm hjälpram.

4.6.5 Analys av FEM-modeller på Volvos chassiram

Enligt ovan har analyser genomförts för Mercedes och Scania för att klargöra skillnaden med att använda en nuvarande hjälpram med en 850 mm hjälpram. Dessa två modeller analyseras enbart eftersom både Mercedes och Scantias nuvarande hjälpramar skiljer sig från att vara helt raka. Resultatet som fås vid en FEM-analys mellan nuvarande hjälpram och en 850 mm hjälpram för Volvo är inte relevant eftersom dess nuvarande hjälpram är 850 mm med rak kontur, alltså samma konstruktion.

4.7 Sammanställning av resultat för FEM-analyser

Resultaten från FEM-analyserna mellan nuvarande hjälpram och 850 mm hjälpram för Mercedes och Scania presenteras i sammanställningstabell 4.6 nedan. Tabellen redogör för hur stor procentuell skillnad som fås i utböjning och huvudspänningsspännet, både tryck- och dragspänningar, i området där hjälpramen möter chassiramen. Det är jämförelsen mellan hjälpramarna som är intressant.

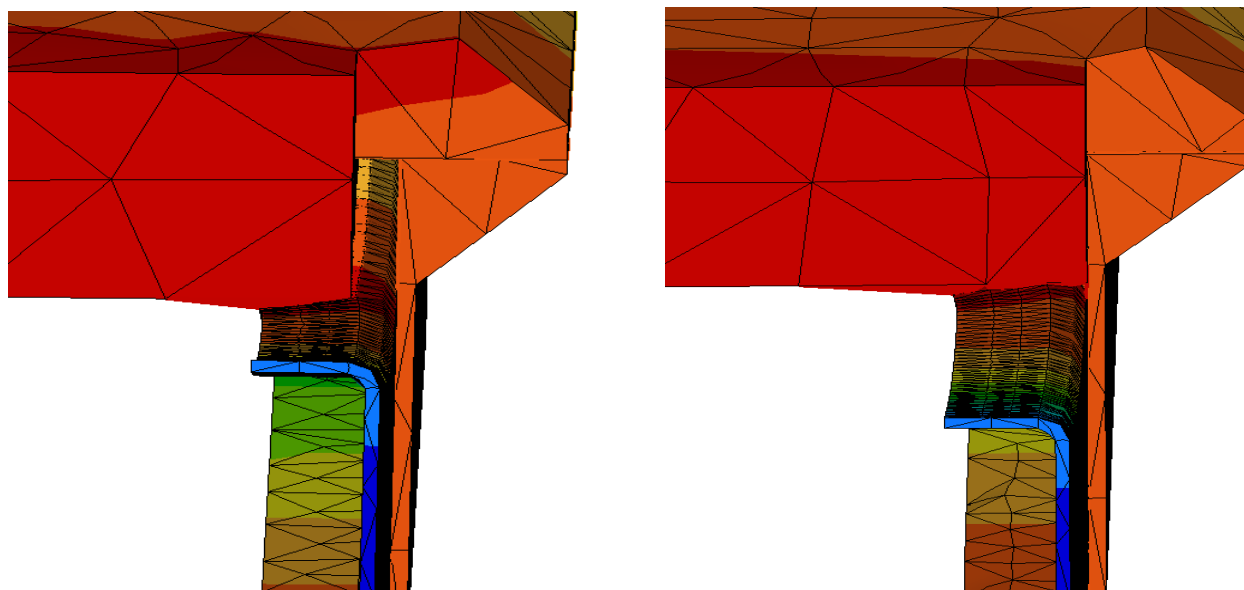
Sammanställningstabell av FEM-resultat				
	Lastbilsfabrikat	Nuvarande hjälpram	850 mm hjälpram	Procentuell skillnad
Maximal utböjning av fläsen	Mercedes	5,08 mm	5,00 mm	-1,57 %
	Scania	0,51 mm	0,57 mm	+1,12 %
Huvudspännings-spänn vid fläsen	Mercedes	275 MPa drag & 153 MPa tryck	204 MPa drag & 87 MPa tryck	-25,82 % drag & -43,14 % tryck
	Scania	58 MPa drag & 9 MPa tryck	56 MPa drag & 10 MPa tryck	-3,4 % drag & +11,11 % tryck

Tabell 4.6. Sammanställningstabell för jämförelse av utböjning och spänningar för området vid fläsen mellan hjälpram och chassiram för Mercedes och Scania.

Resultaten från FEM-analyserna innebär att det inte uppstår några större skillnader i utböjning av fläsen för både Mercedes och Scania. Det är desto större skillnader vad det gäller huvudspänningsspännet hos Mercedes när en 850 mm hjälpramen används där en minskning av både

drag- och tryckspänning sker. Skillnaden för huvudspänningsspannet hos Scania är mindre jämfört med Mercedes. Skillnaden beror troligtvis på att Mercedes har en tunnare chassiram jämfört med Scania. Att Mercedes chassiram har en tunnare chassiram resulterar dessutom i att spänningarna blir betydligt högre jämfört med Scania. Detta betyder att Mercedes chassiram är den mest kritiska för applicering av en 850 mm hjälpram.

De reducerade spänningarna för Mercedes chassiram beror på att utböjningen av själva hjälpramen är densamma för båda fallen men med en belastning som är innanför livet på chassiramen då 850 mm hjälpramen används. Detta resulterar i att spänningarna i flänsen för chassiramen minskar och att utböjningen på flänsen också minskar. Alltså måste kranplåtarna i detta fall ta upp det mesta av lasten. Detta är illustrerat i figur 4.27 nedan.



Figur 4.27. Plott på utböjningen för Mercedes chassiram med 850 mm hjälpramen till vänster och nuvarande hjälpram till höger.

Huvudspänningarna för Scantias chassiram är ungefärligen oförändrade och detta beror troligtvis att Scantias chassiram är tjockare än Mercedes chassiram. Detta resulterar i att Scantias chassiram kan ta upp större belastningar utan större förändringar av spänningar.

4.8 Återkoppling till problemanalys för vald konstruktionsmodell

Det uppstår problem och krockar vid montering av 850 mm hjälpramen på lastbilar från Mercedes och Scania. För lastbilar från Volvo uppstår inga problem eftersom det är på det viset hjälpramen konstrueras idag. Det är problemen för Mercedes och Scania som kommer att tas upp här med avseende på områdena från problemanalysen.

4.8.1 Infästning mellan hjälpram och chassiram och styrning av hjälpram i tvärled för Mercedes och Scania

I följande avsnitt redogörs lösningar för infästning mellan hjälpram och chassiram som inkluderar styrning av konstruktionen i sidled. Detta görs för Mercedes och Scania. De olika lösningsförslagen utvärderas och analyseras inte vidare eftersom tid eller kunskap inte finns.

För lastbilar från **Mercedes** uppstår problem med styrning av byggnationens främre del i tvärled i och med att hjälpramen är smalare än chassiramen. Infästningen mellan kranfundamentet och kranplåtarna blir också problematiskt.

Två lösningsförslag som tagits fram är:

1. Kil/adapter mellan kranplåt och kranfundament.
2. Använda nuvarande kranfundament.

Nedan presenteras de två lösningsförslagen med hur de utformas.

Förslag 1: I och med att hjälpramen är 850 mm bred och Mercedes chassiram går från 850 mm till 900 mm för dess främre del placeras här en kil/adapter mellan kranplåten och kranfundamentet. Detta för att få en styrning i tvärled för hjälpramen. För skruvförbandet mellan kranfundamentet och kranplåtarna måste här kranfundamentet förskjutas utåt för att möta upp kranplåtarna.

Detta är en bra lösning som inte påverkar tillverkningen av hjälpramen och kranfundamentet. Kilens utformning, längd och fastsättning är inte fastställd. Om kilen svetsas fast i hjälpramen, ligger tätt mot chassiramen och fyller hela tomrummet mellan hjälpramen och kranplåten kan hjälpramen ses som den i nuvarande utförande, fast med en viktökning som kilen medför.

Förslag 2: Det nuvarande kranfundamentet kan också användas. I och med att Mercedes chassiramar är vekast (tunnast profiltjocklek för chassibalkarna) anses hjälpramarna för dessa lastbilar mest kritiska och därför bör nuvarande kranfundament användas. Alltså bodflakspåbyggnationerna som byggs för dessa lastbilar konstrueras som de görs idag.

För lastbilar från **Scania** uppstår problem med styrning av byggnationens främre del i tvärled i och med att hjälpramen varierar mellan att vara bredare än chassiramen och tvärt om. Övergången mellan bredare till smalare sker någonstans bakom första raden av kranbultar. För just styrning av hjälpramen är den främre biten av hjälpramen som är smalare än chassiramen tillräckligt lång för att skapa en styrning i sidled. Detta om en kil placeras i hålrummet mellan nuvarande kranplåtar och hjälpramen.

Infästningen mellan byggnationens bakre del och chassiram utgörs i form av chassifästen och här har redan en lösning tagits fram av Fassi. Idag finns färdiga chassifästen för byggnationer med lastväxlare på en chassiram från Scania där lastväxlarens hjälpram är 850 mm i bredd med rak kontur. Detta innebär att färdiga chassifästen som tagits fram till byggnationer med lastväxlare kan användas till bodflakspåbyggnationer med den standardiserade hjälpramen.

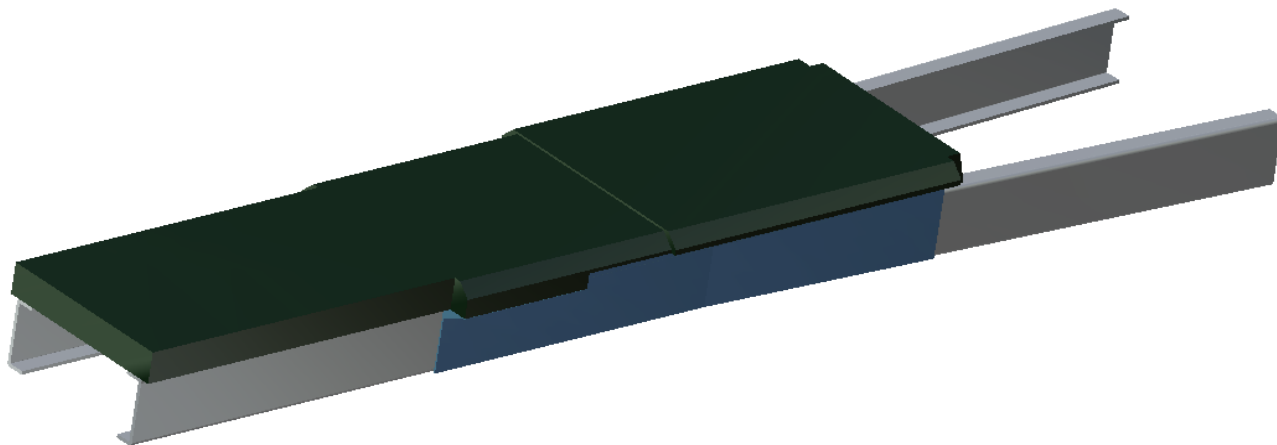
En hjälpram med 850 mm i bredd på en chassiram från Scania skapar en krock mellan nuvarande kranplåtar och hjälpramen över en större längd.

Nedan följer fem förslag som löser problemen med styrningen och infästningen:

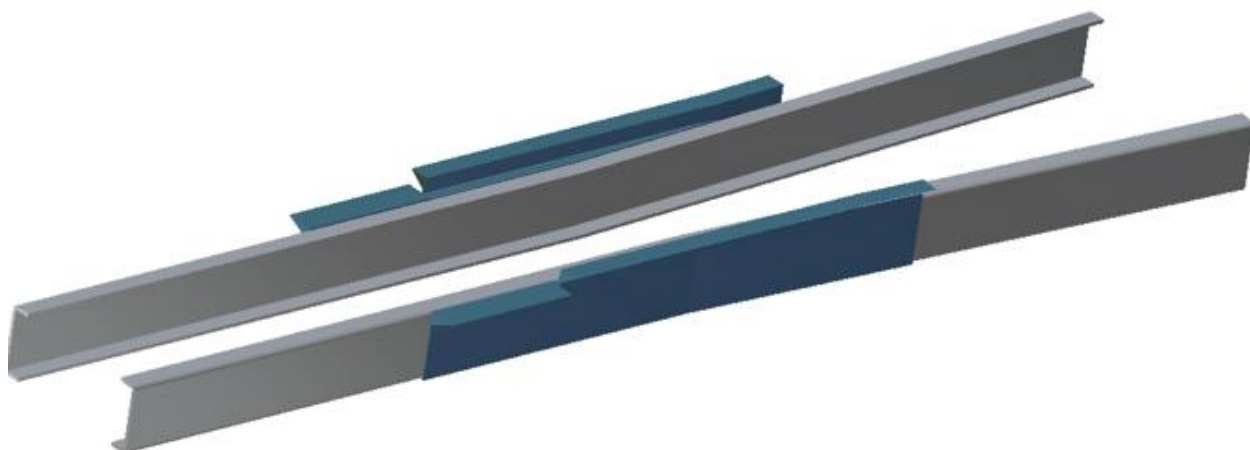
1. Kranplåtarna bockas utefter chassiramen och hjälpramen med infästningen till kranfundamentet i samma nivå som nuvarande kranplåtar.
2. Kranplåtarna bockas utefter chassiramen och hjälpramen med infästningen till kranfundamentet delvis i samma nivå som dagens och delvis i nivå med chassiramen.
3. Placera en kil mellan kranplåtarna och chassiramen.
4. Ersätta kranplåtarna med kranbultshylsor.
5. Använda nuvarande kranfundament.

Nedan presenteras de fem lösningsförslagen med hur de utformas.

Förslag 1: Kranplåtarna bockas utefter chassiramen och hjälpramen med infästningen till kranfundamentet i samma nivå som nuvarande kranplåtar. I figur 4.28 ses sammansättningen med kranplåtar på chassiramen samt hjälpramen monterad på chassiramen. I figur 4.29 ses sammansättning utan hjälpramen.



Figur 4.28. Förslag 1 med hjälpramen.

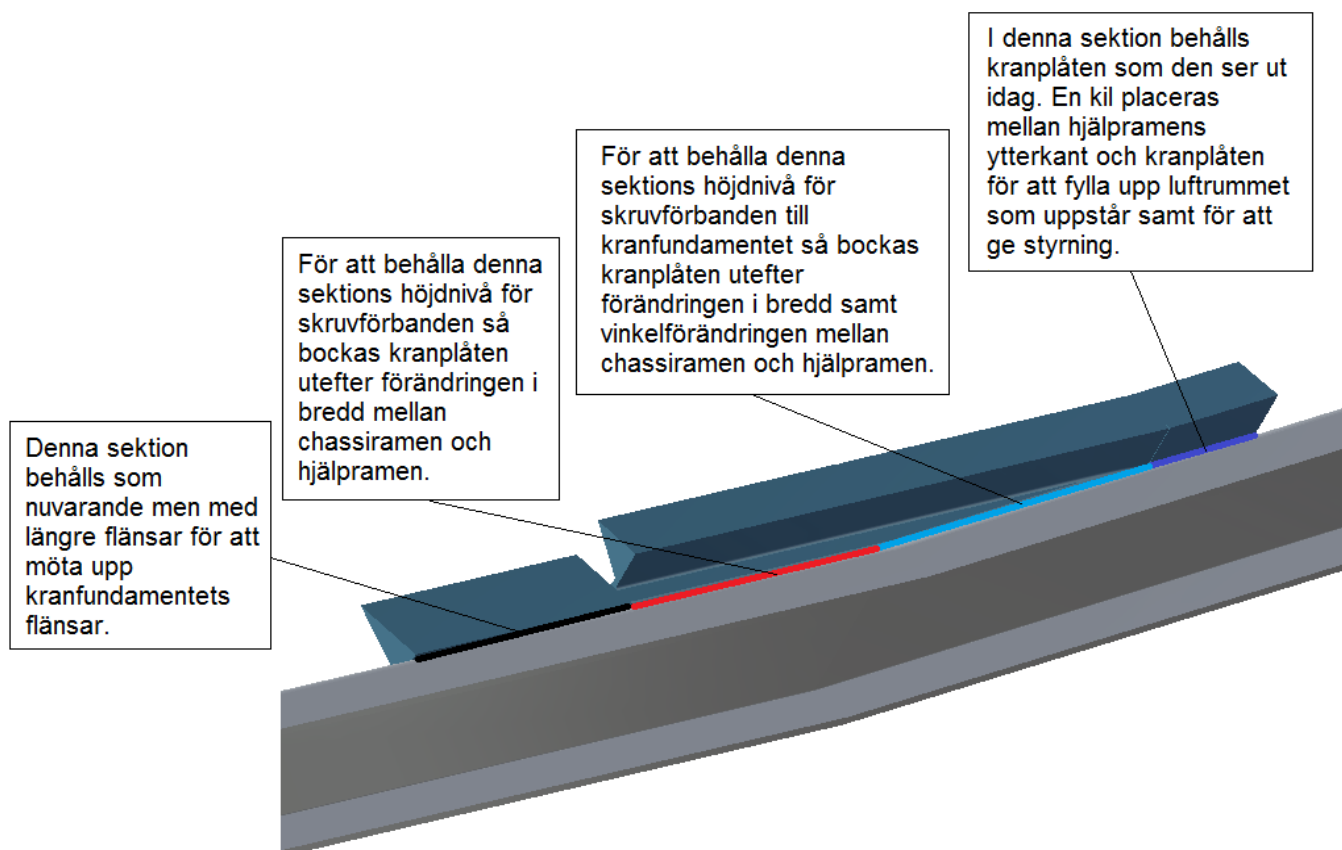


Figur 4.29. Förslag 1 utan hjälpramen.

I figur 4.30 redogörs för hur kranplåten utformas samt sektionsindelningar som delar upp kranplåten.

Sektionsindelningar:

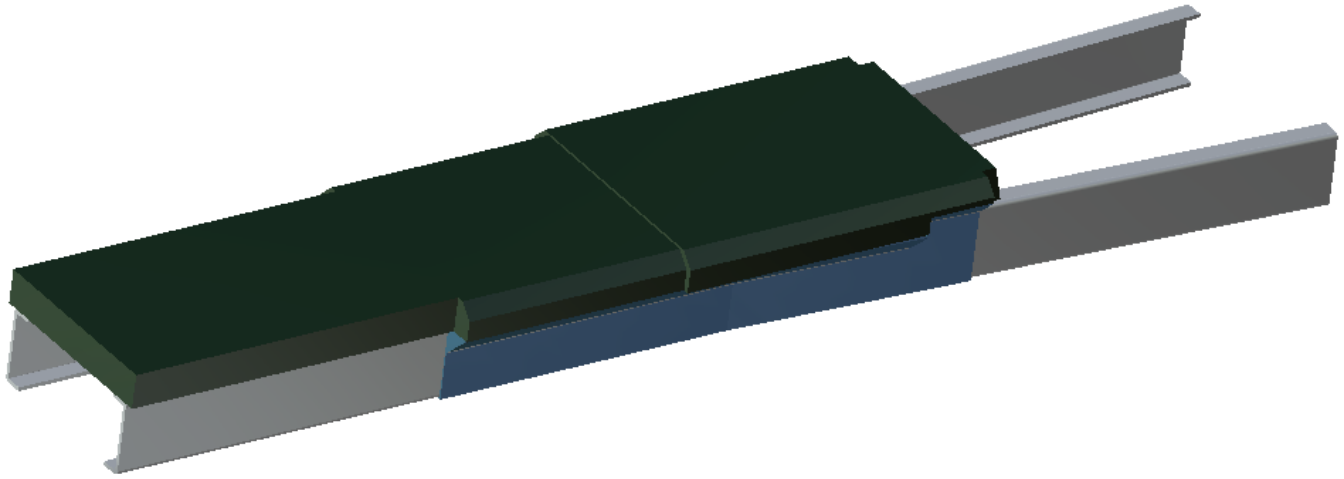
- Från där kranplåten börjar till indelningen från att hjälpramen är bredare till att bli smalare än chassiramen.
- Bakom delningen mellan att hjälpramen är bredare till att bli smalare än chassiramen till vinkeln på chassiramen.
- Bakom vinkeln på chassiramen till där kranplåtens förhöjning för infästningen till kranfundamentet börjar.
- Bakom där kranplåtens förhöjning för infästningen till kranfundamentet till där kranplåten slutar.



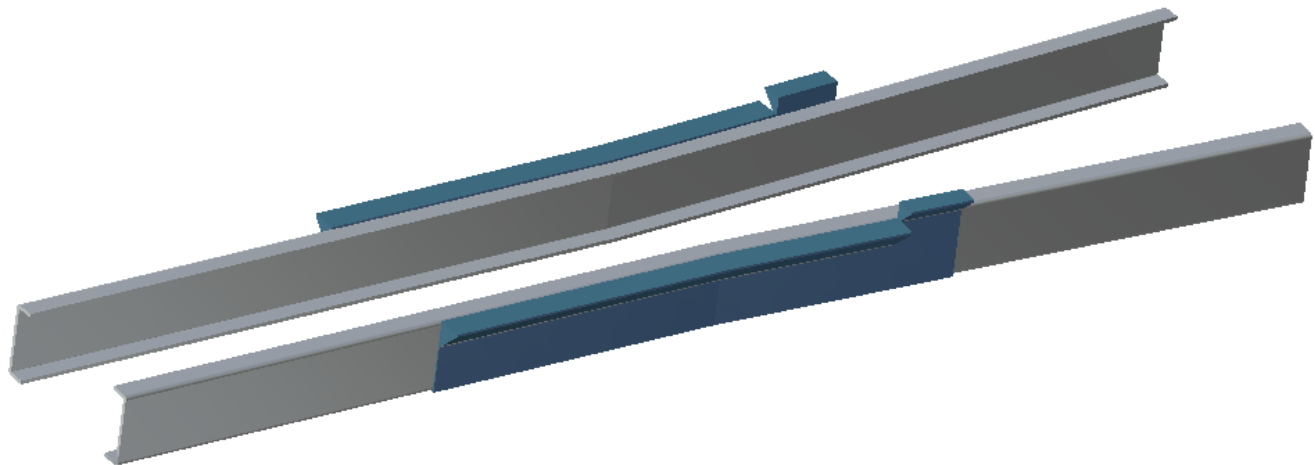
Figur 4.30. Utformning av förslag 1.

Tillverkningen av en sådan kranplåt blir mer komplicerad mot dagens tillverkning. Hållfastheten i infästningen kommer inte att påverkas nämnvärt då hjälpramen kommer att vila på den horisontella flänsen och därmed överföra krafter från hjälpramen till chassiramen genom denna fläns.

Förslag 2: Kranplåtarna bockas utefter chassiramen och hjälpramen med infästningen till kranfundamentet delvis i samma nivå som dagens och delvis i nivå med chassiramen. I figur 4.31 ses sammansättningen med kranplåtar på chassiramen samt hjälpramen monterad på chassiramen. I figur 4.32 ses sammansättning utan hjälpramen.



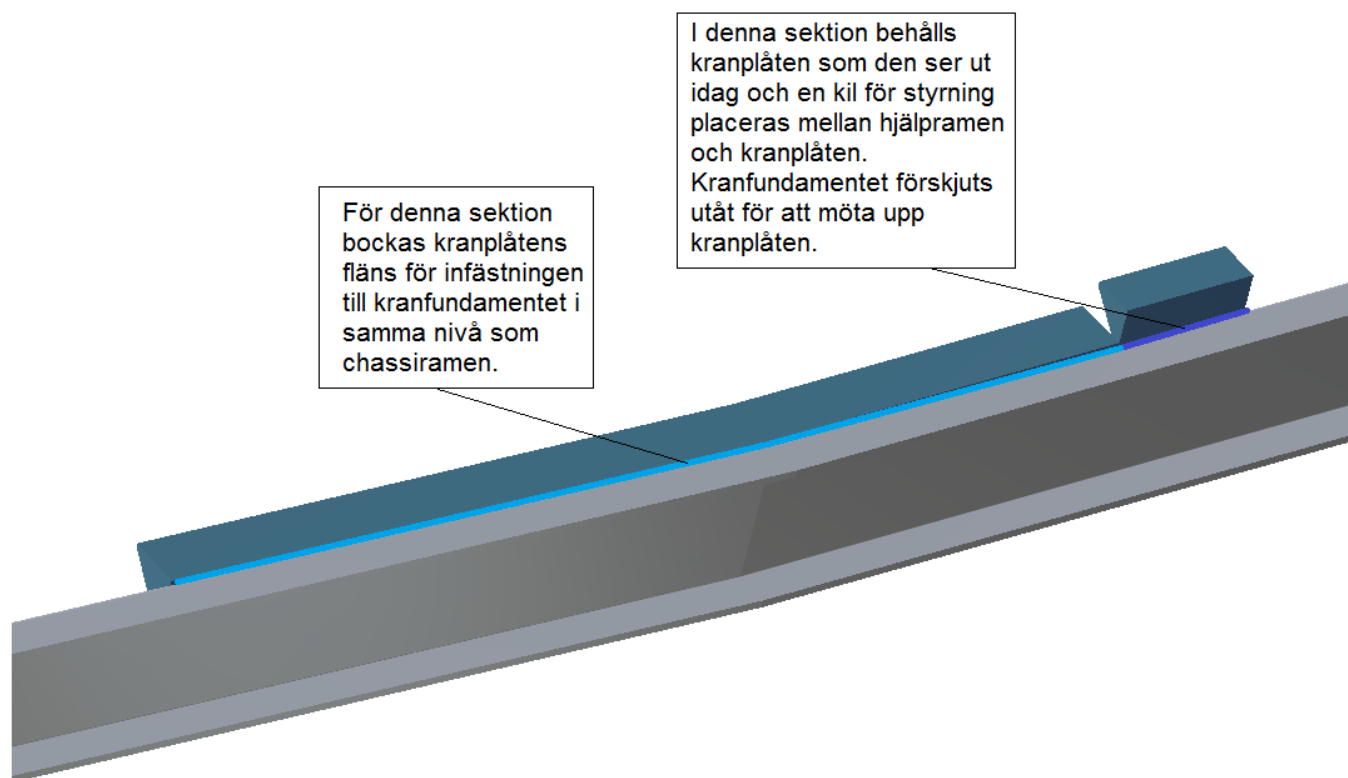
Figur 4.31. Förslag 2 med hjälpramen.



Figur 4.32. Förslag 2 utan hjälpramen.

I figur 4.33 redogörs för hur kranplåten utformas samt sektionsindelningar som delar upp kranplåten.

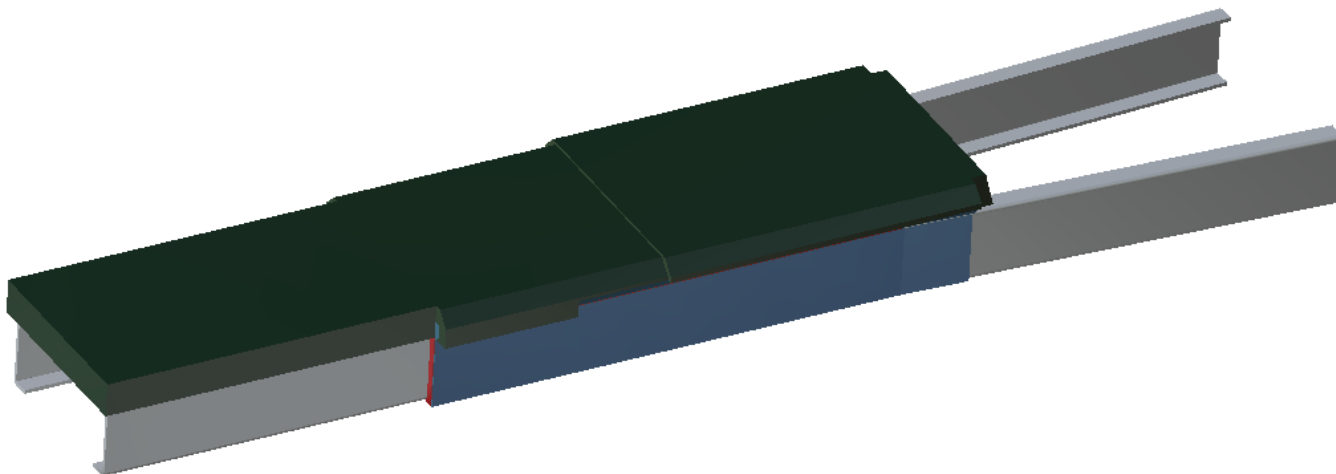
- Från där kranplåten börjar till framför brytet mellan att hjälpramen är bredare till att bli smalare än chassiramen.
- Bakom delningen mellan att hjälpramen är bredare till att bli smalare än chassiramen till vinkeln på chassiramen.



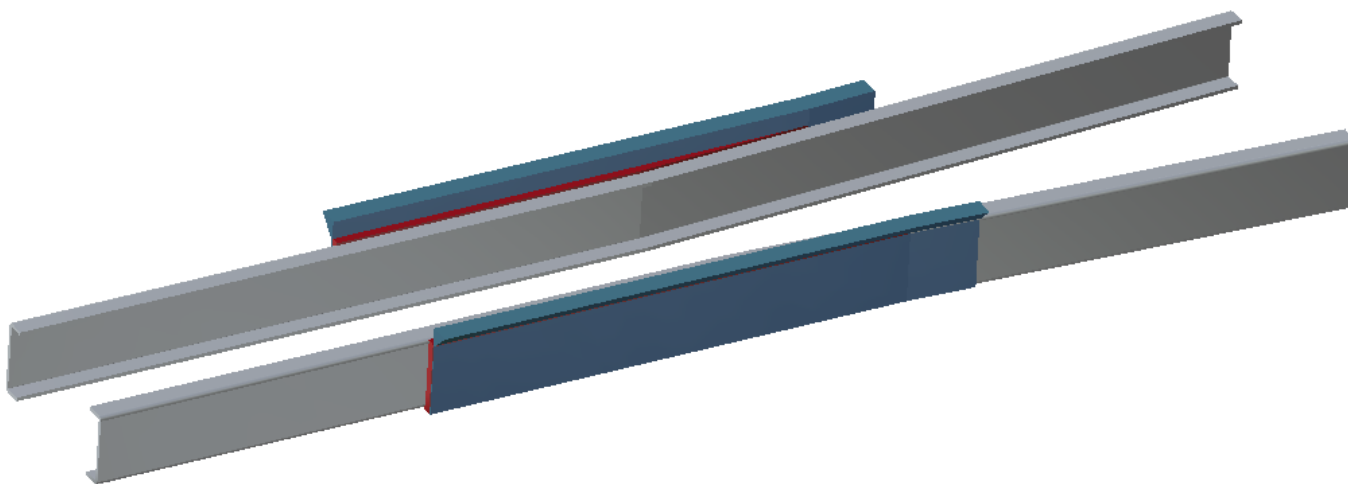
Figur 4.33. Utformning av förslag 2.

Tillverkningen av en sådan kranplåt skiljer sig inte mycket från dagens kranplåtar. Det är monteringsutrymmet som försämras avsevärt kring skruvförbanden för kranbultarna mellan kranfundamentet och kranplåtarna.

Förslag 3: Placera en kil mellan kranplåtarna och chassiramen. Detta för att utesluta extra böckning av kranplåtarna samt möjliggöra en förhöjd infästning mellan kranplåtarna och kranfundamentet. I figur 4.34 ses sammansättningen med kranplåtar och kil på chassiramen samt hjälpramen monterad på chassiramen. I figur 4.35 ses sammansättning utan hjälpramen. Den röda detaljen i figuren symboliserar kilen som placeras mellan kranplåtarna och chassiramen.

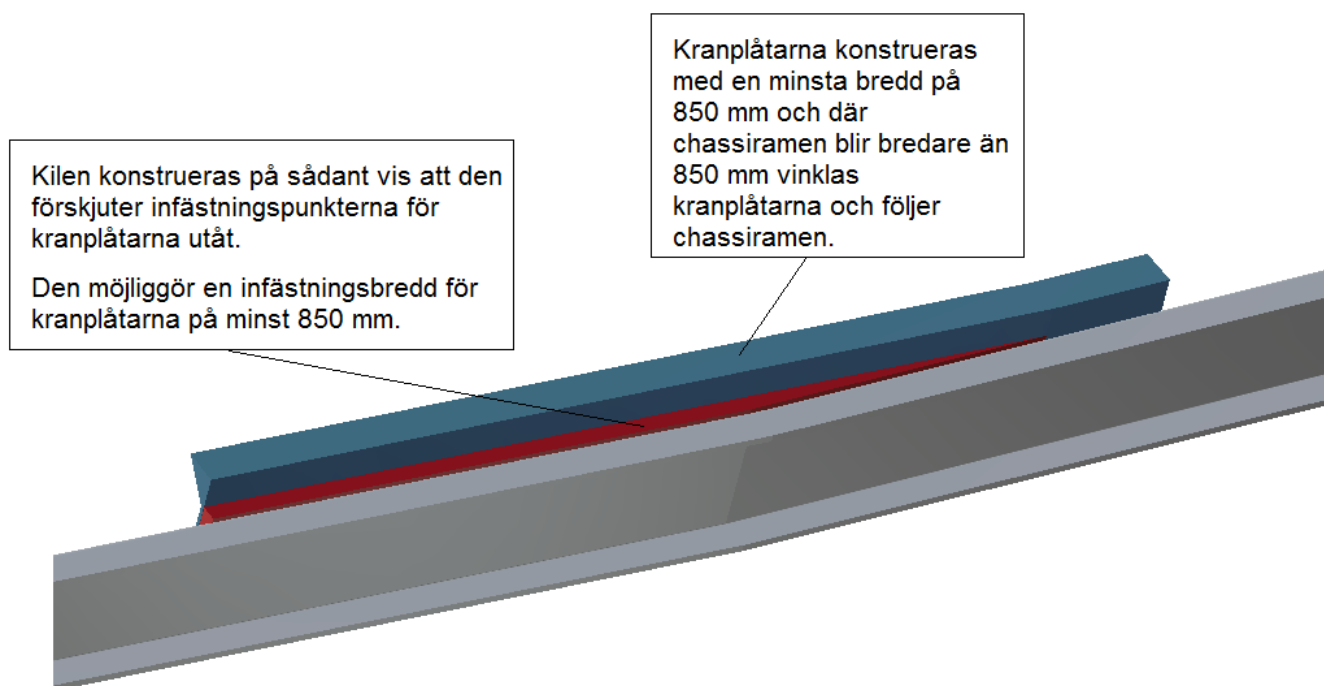


Figur 4.34. Förslag 3 med kil och kranplåtar med hjälpramen.



Figur 4.35. Förslag 3 med kil och kranplåtar utan hjälpramen.

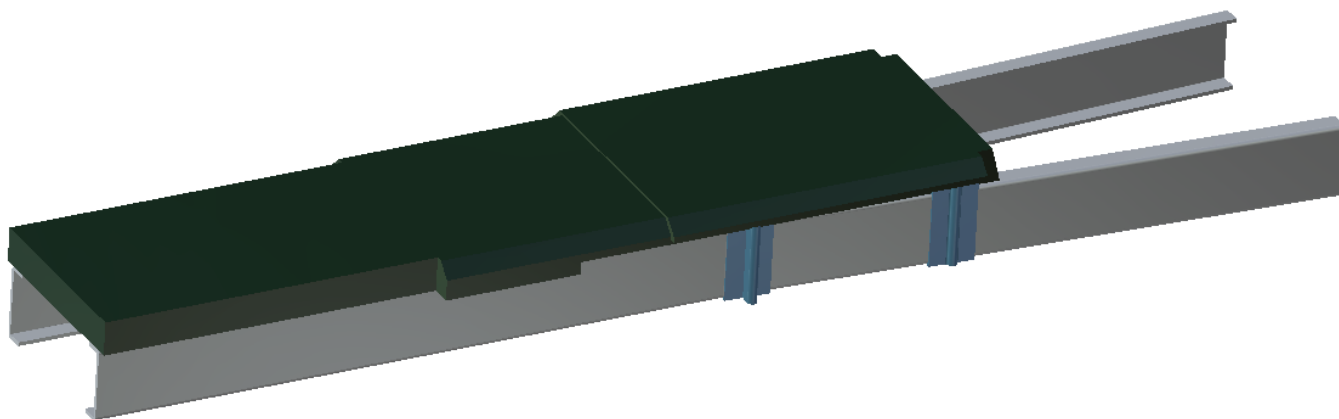
I figur 4.36 redogörs för hur kranplåten och kilen utformas.



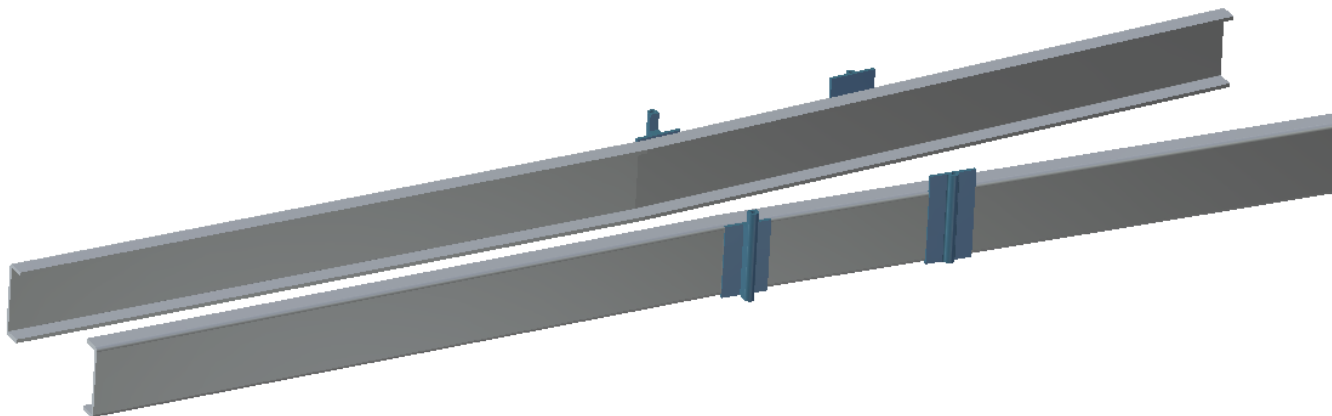
Figur 4.36. Utformning av förslag 3 med kranplåt och kil.

Tillverkningen av kilen och kranplåtarna kommer troligtvis inte bli komplicerade. En nackdel är viktökningen som kilen medför.

Förslag 4: Ersätta kranplåtarna med kranbultshylsor. I figur 4.37 ses sammansättningen med kranbultshylsor samt hjälpramen monterad på chassiramen. I figur 4.38 ses sammansättning utan hjälpramen. De blåa detaljerna i figurerna symboliserar kranbultshylsorna som monteras på chassiramen.



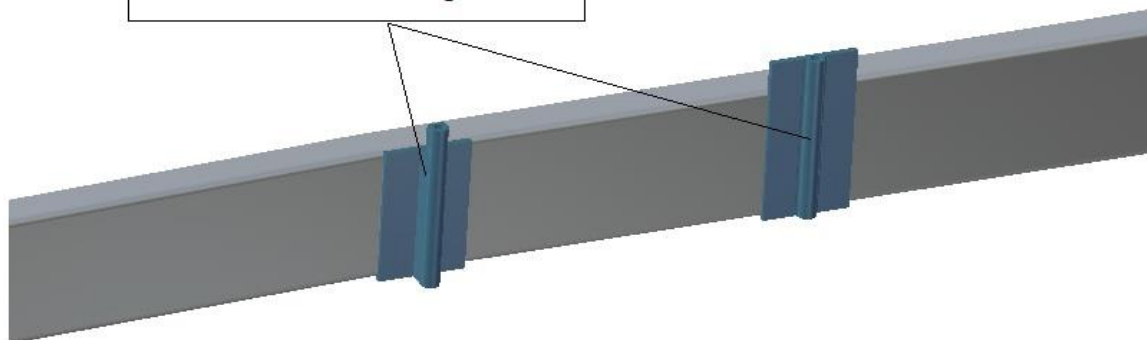
Figur 4.37. Förslag 4 med kranbultshylsor och hjälpramen.



Figur 4.38. Förslag 4 med kranbultshylsor utan hjälpramen.

I figur 4.39 redogörs för hur kranbultshylsorna utformas och monteras på chassiramen.

Mitt under kranfotens infästning för kranbultarna placeras dessa kranbultshylsor. Det är plattor med hylsor på som skruvas fast i chassiramen som sedan kranbultarna skruvas igenom.



Figur 4.39. Utformning av förslag 4 med kranbultshylsor.

Detta är fullt genomförbart men i och med eliminering av kranplåtarna förloras hållfastheten som kranplåtarna medför.

Förslag 5: Använda nuvarande kranfundament som svetsas samman med hjälpramen. Denna metod används idag vid påbyggnationer för lastväxlare med en kran på lastbilar från Scania. Lastväxlarramen är en inköpt produkt som monteras i en jigg tillsammans med ett kranfundament anpassat för Scania där dessa två svetsas samman.

4.8.2 Servicevänlighet för Mercedes och Scania

För både Mercedes och Scania har redan servicevänligheten för en hjälpram med 850 mm i bredd undersökts då lastväxlarpåbyggnationer med 850 mm i bredd används på dessa två lastbilar.

Kranfundamentets främre del måste konstrueras, som den även görs idag, med extra utrymme för växellådans monteringskruvar.

4.8.3 Extrautrustning till en påbyggnation för Mercedes och Scania

Då inget av extrautrustningen beror på chassiramens bredd utan endast av hjälpramens bredd spelar det ingen roll vilket lastbilsfabrikat som används.

4.8.4 Kranfundament för Mercedes och Scania

Då bredden på hjälpramen väljs till 850 mm och bredderna på chassiramarna varierar måste kranfundamentet konstrueras på ett sådant sätt att de yttre infästningshålen för kranbultarna går utanför chassiramen och hjälpramen samt möta upp hålen i kranplåtarna. De inre infästningshålen för kranbultarna måste gå innanför chassiramen då dessa är skruvade i hjälpramen.

4.8.5 Kraftflöde och belastningar mellan hjälpram och chassiram för Mercedes och Scania

På chassiramens främre del (kranfundamentet), där kranen monteras, kommer hjälpramens och chassiramens mått att skilja sig för både Mercedes och Scania. Avsnitt 4.7 redogör för hur dessa olika belastningsfall varierar i utböjning och huvudspänningsspann av flänsen.

4.9 Variationsberäkning för nuvarande och standardiserade hjälpramen

Den största vinsten, där mest tid och pengar kan sparas med att standardisera hjälpramen, är reducering av antalet variationer av komponenter som är i anslutning till hjälpramen. Om variationen på komponenter reduceras, effektiviseras tillverkningen av byggnationen och antalet lagerplatser kan minskas.

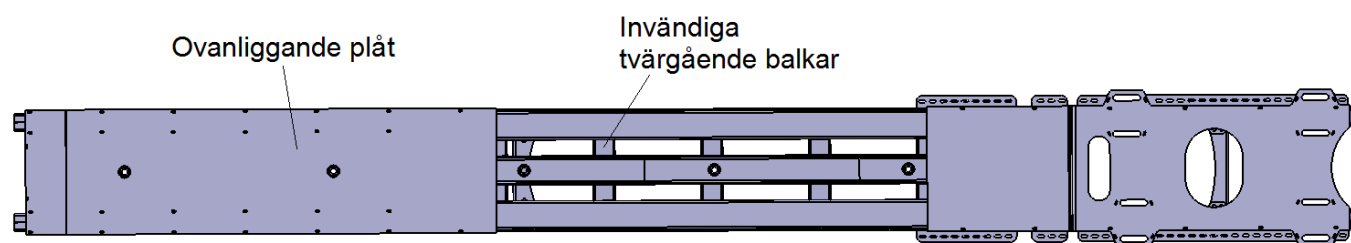
De ingående komponenterna som är i anslutning till hjälpramen och som förändras med bredden på hjälpramen är tvärgående invändiga balkar, kölficka, ovan- och underliggande plåtar, monteringsram för båtstöttor, tvärgående stakrader, utvändiga tvärgående balkar, hjulficka, flakförlängning, framstam och flakgolv. Det är endast de tvärgående komponenterna som kommer att kunna standardiseras då längden på byggnationen alltid kommer att variera beroende på lastbil och önskemål från kunden.

Variationsberäkningen av anslutande komponenter delas upp i två tabeller. Tabell 4.7 visar reduceringen av antalet variationer av komponenter som är innanför hjälpramen och som enbart beror på hjälpramsbredden. Tabell 4.8 visar reduceringen av antalet variationer som är utanför hjälpramen och som både beror på hjälpramsbredden samt flakbredden som varierar i två bredder, 2550 och 2600 mm.

Förklaring av tabell 4.7 och 4.8:

- Komponenter - De ingående komponenterna hos hjälpramen som förändras med förändring av hjälpramsbredden.
- Antal olika byggnationsbredder - Beroende på kunden kan byggnationens utvändiga bredd variera i två bredder, 2550 mm eller 2600 mm.
- Antal olika hjälpramsbredder - Variationen av hjälpramsbredder (beror på antalet lastbilsfabrikat) som finns idag och bredden för en hjälpram.
- Variationer - Den slutgiltiga variationen på de ingående komponenterna hos hjälpramen.

I figur 4.40 visas komponenterna som är innanför hjälpramen med en vy sedd ovanifrån. Figuren visualiserar komponenternas utseende och benämning. I figuren ses inte kölficka eller underliggande plåtar.



Figur 4.40. Figur som visar komponenter innanför hjälpramen som påverkas av olika hjälpramsbredder.

Ett exempel på hur tabell 4.7 skall tolkas för invändiga tvärgående balkar:

Idag: 6 st dimensioner av hjälpramsbredder vilket innefattar att det finns 6 st variationer av invändiga tvärgående balkar.

Standardiserad: 1 st hjälpramsbredd innebär en variation av densamma komponent.

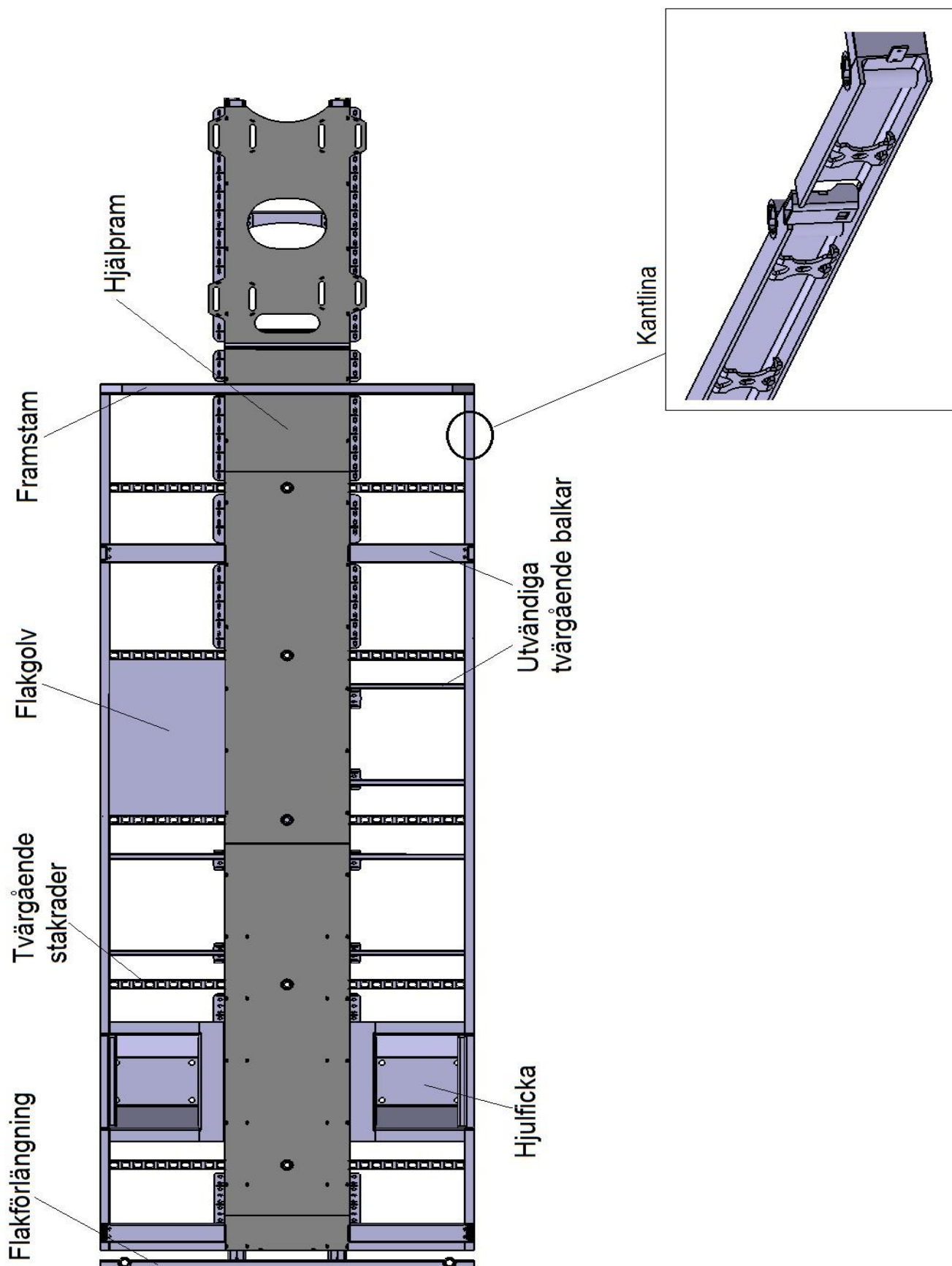
Resultat: Variationen reduceras till 1/6.

Komponenter innanför hjälpramen				
Komponenter		Invändiga tvärgående balkar	Kölficka	Hjälpramens ovan- och underliggande plåtar
Antal olika hjälpramsbredder	Idag	6 st		
	Standardiserad	1 st		
Variationer av komponenter	Idag	6 st	6 st	6 st
	Standardiserad	1 st	1 st	1 st

Tabell 4.7. Variationstabell över nuvarande och standardiserade hjälpramen för komponenter innanför hjälpramen.

I figur 4.41 visas en övergripande bild (vy sedd ovanifrån) av en påbyggnation med komponenter som är utanför hjälpramen. Figuren visualiserar komponenternas utseende och benämning. I figuren ses inte monteringsram för båtstöttor.

Kantlinan, som beror på den yttre längsgående balken, kan utformas på två sätt: antingen är U-balkens plana sida vänd inåt mot hjälpramen som den är i figur eller vänd utåt.



Figur 4.41. Figur som visar komponenterna utanför hjälpramen.

Ett exempel på hur tabell 4.8 skall tolkas för tvärgående stakrader (som beror på kantlinan):

Idag: 2 st alternativ för hur kantlinan kan utformas med 2 st byggnationsbredder och 6 st hjälpramsbredder. Detta resulterar i $2 \cdot 2 \cdot 6 = 24$ st variationer av tvärgående stakrader.

Standardiserad: 2 st alternativ för hur kantlinan kan utformas med 2 st byggnationsbredder och 1 st hjälpramsbredd. Detta resulterar i $2 \cdot 2 \cdot 1 = 4$ st variationer av densamma komponent.

Resultat: Variationen reduceras till 1/6.

Komponenterna flakförlängning, framstam och flakgolv påverkas inte av kantlinan som därmed inte tas hänsyn till i variationsberäkningen.

Komponenter utanför hjälpramen								
Komponenter		Monteringsram för båtstötter	Tvärgående stakrader	Utvändiga tvärgående balkar	Hjulficka	Flakförlängning	Framstam	Flakgolv
Antal olika kantlinor		2 st				Beror inte på kantlinan		
Antal olika flakbredder		2 st						
Antal olika hjälpramsbredder	Idag	6 st						
	Standardiserad	1 st						
Variationer av komponenter	Idag	24 st	24 st	24 st	24 st	12 st	12 st	12 st
	Standardiserad	4 st	4 st	4 st	4 st	2 st	2 st	2 st

Tabell 4.8. Variationstabell över nuvarande- och standardiserade hjälpramen för komponenter utanför hjälpramen.

Som kan ses i både tabell 4.7 och tabell 4.8 minskas variationerna till en sjättedel och detta blir en avsevärd förbättring. I och med detta effektiviseras konstruktörernas jobb av en påbyggnation då komponenter kan återanvändas i större utsträckning.

5 Slutsats

Syftet med examensarbetet var att ta fram en standardisering av en hjälpram till påbyggnationer med ett bodflak och en kran för lastbilar över 16 ton. Dagens utformning av hjälpramen är genomarbetad vilket innebär att syftet med detta arbete inte var att dimensionera och förändra utformningen av hjälpramen. Arbetet innefattade att fastställa en bredd och kontur för hjälpramen, validera om en standardisering är möjlig och vilka problem detta medför för de olika lastbilsfabrikaten. Genom att ta fram en specificerad bredd för hjälpramen medför detta att anslutande komponenter automatiskt blir standardiserade.

Idag finns många olika lastbilsfabrikat (Mercedes, Scania, Volvo, ...) som resulterar i att det finns många olika variationer av chassiramar. Det som skiljer sig är dess bredder och konturer gentemot varandra. På grund av olika utseenden av chassiramar medför detta en mängd olika problemområden med att ta fram en gemensam hjälpram. Detta innefattar hur hjälpramen skall styras i tvärled, infästning mellan hjälpram och chassiram, servicevänlighet, extrautrustning till en lastbilspåbyggnation, kranfundament samt kraftflöden av belastningar mellan hjälpram och chassiram. Under arbetets gång presenterade Fassi att idag används en standardiserad hjälpram för påbyggnationer med lastväxlare. Detta resulterade i att problemområden såsom servicevänligheten för samtliga lastbilsfabrikat kunde valideras.

Det största problemet idag hos Fassi är att varje kund har sina önskemål och krav på sin beställning av byggnation. Faktorer som spelar roll är lastbilens chassiram, vilken kranmodell som kunden beställer, byggnationens längd och bredd, utformning av kantlina samt vilken typ av extrautrustning och dess placering i byggnationen. Detta medför att konstruktörerna hela tiden skräddarsyr varje byggnation efter kundens krav och behov vilket innebär att hjälpramens konstruktion varierar mellan varje beställning.

Ett alternativ för Fassi är att i framtiden ta fram färdiga konceptförslag där indelningen huvudsakligen beror på kranstorlek och olika typer av extrautrustning och därmed bygga upp familjer av olika konceptförslag. Eftersom hjälpramens konstruktion beror mycket på kranstorlek kommer hjälpramen finnas i olika utformningar med bredden 850 mm och rak kontur. Den största skillnaden är utformningen av kranfundamentet och hjälpramens invändiga konstruktion samt val av dimensioner av ingående komponenter som exempelvis balkar och plåtar.

För det bakre partiet, bakom framstammen, kan hjälpramen standardiseras till en bredd på 850 mm med en rak kontur för samtliga lastbilsfabrikat. Dock finns osäkerhet om det främre partiet, kranfundamentet, går att standardisera till en bredd för alla lastbilsfabrikat. Detta på grund av att det är just detta område som utsätts för de största och mest kritiska spänningarna. Då dessa belastningar är väldigt komplicerade och mångsidiga skulle en fullständig FEM-analys vara väldigt kostsam och svår. I dagens läge konstrueras allt utifrån tidigare erfarenheter och kunskap, det vill säga FEM-analys används inte idag och detta för att det är för små marginaler och liten produktion hos Fassi.

Som tidigare nämnts i syftet är det just reducering av antalet variationer av komponenter som är i anslutning till hjälpramen som är den största vinsten med standardiseringen. Resultatet av denna reducering uppgår till en minskning av 5/6 för antalet variationer av samma komponent.

6 Vidare arbete

Ett område som kan arbetas vidare med är utvärdering av lösningsförslagen som det redogjordes för i kapitel 4.8.1 som innefattade infästning mellan hjälpram och chassiram och styrning av hjälpramen i tvärled. Det behövs vidare arbete för vilket lösningsförslag som är mest lämpat att applicera i praktiken och som kan utvecklas och analyseras vidare.

Under examensarbetets gång har resonemang förts kring att minska vikten på påbyggnationen. Detta är ett brett område där mycket tid kan spenderas för vidare arbete.

Det har framkommit att för till exempel hjälpramens yttre plåtar finns möjligheten att minska tjockleken för att reducera den totala vikten. För att behålla nuvarande hållfasthet bör kvaliteten på materialet ökas. En ökad materialkvalité innebär ett sannolikt sprödare material som försvårar bearbetning och tillverkning av plåtarna. Att minska plåttjockleken kan undersökas på samtliga detaljer som påbyggnationen består av. Dock medför en plåt med högre kvalité en ökad kostnad och då är frågan om vinsten i vikt vägs upp av en högre tillverkningskostnad. Här är det många aspekter som måste tas i beaktande och vägas in.

Ett annat område som skulle kunna studeras är att undersöka hållfastheten för befintlig konstruktion. Detta innefattar om nuvarande konstruktion med avseende på hållfasthet är nödvändig. Då ställs frågan om hjälpramens inre struktur kan förändras för att minska den totala vikten?

Ett annat exempel är kranplåtarnas utformning och konstruktion. Dagens kranplåtar kräver mycket tid och arbete för att monteras där alla utanpåliggande komponenter på chassiramen måste demonteras. Kan konstruktionen av kranplåtarna göras om för att minska dess vikt och tiden som krävs vid montering reduceras? Dagens kranplåtar tillför mycket styvhet för konstruktionen, behövs den tillförda hållfastheten eller kan detta reduceras för att bespara vikt?

Alla dessa förslag ovan handlar om viktbesparing som är betydande för kunden. Att erhålla en lastbil med lägre nettovikt innebär ökning i lastförmåga av gods och en lägre bränsleförbrukning. Att kunna lasta mer på lastbilen och samtidigt erhålla en lägre bränsleförbrukning är positivt ur miljösynpunkt.

Referenser

- [1] Mercedes-Benz, "Body/equipment mounting directives", *Actros ny/ Antos/ Arocs, Teknisk beskrivning - Påbyggnadsriktlinjer för lastbilar*. 15 december 2016 [Online]. S. 285. Tillgänglig via: https://bb-portal.mercedes-benz.com/portal/trucks.html?&L=en#/katalog_ar2_68?f%5Ba%5D%5BKLASSE%5D=107&title=typeselection&f%5Bc%5D%5BKATALOG_NAME%5D=ar2_68&f%5Ba%5D%5BKATALOG_NAME%5D=ar2_68&f%5Bd%5D%5BSPRACHE%5D=sv [Hämtad: 3 april, 2017]
- [2] Scania CV AB, Scania Truck Bodybuilder. "Påbyggnadsinfästningar och hjälpramar", *Hjälpramens utformning*, Utgåva 2. 2 september 2016 [online]. S. 1–8. Tillgänglig via: https://truckbodybuilder.scania.com/wps/portal/Home/instructions!/ut/p/a1/hY_BCoJAEIafpYNXd0pbo9sS4q4aEhXpXkjhWw1zRU1fv028BGVzm-H7-OdHHMWIV2lfyLQrVJWW753jK_MCm9IIQg87FhCXghu5zD9QSwOJBuDHEJj1l3jyZ4A_-RfER2TnEWo7oc48-ytgzj4K2PEEwPAEzLzoIy5LlY11E1Jl1kYi3oibaERjPht9zruubrcGGDAMgymVkqUwW2HANyNXbYfiDxDVj3MM93XZh2TxAjrwDdE!/dl5/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/ [Hämtad: 2 februari, 2017]
- [3] SSAB AB, "Hålprofiler", *Strenx 700 MC- Höghållfast konstruktionsstål på 700 MPa*. [Online] Tillgänglig via: <http://www.ssab.se/produkter/varumarken/strenx/products/strenx-700-mc> [Hämtad: 29 mars, 2017]
- [4] BE Group, "Information hålprofiler", *VKR Varmformade hålprofiler S355j2H*. [Online] Tillgänglig via: http://www.begroup.com/sv/BE-Group-sverige/Produkter/Stal_ror/Produktinformation/Produktinformation-halprofiler-VKRKKR/ [Hämtad: 5 april, 2017]
- [5] SSAB AB, "Hålprofiler", *S355j2H EN 10210-Hollow section for general applications*. [Online] Tillgänglig via: <http://www.ssab.se/produkter/stalkategorier/halprofiler/produkter/s355j2h-en-10210> [Hämtad: 5 april, 2017]
- [6] Scania CV AB, Scania Truck Bodybuilder. "Påbyggnadsinfästningar och hjälpramar", *Val av hjälpram och infästning*, Utgåva 2. 2 september 2016 [online]. S. 2–20. Tillgänglig via: https://truckbodybuilder.scania.com/wps/portal/Home/instructions!/ut/p/a1/hY_BCoJAEIafpYNXd0pbo9sS4q4aEhXpXkjhWw1zRU1fv028BGVzm-H7-OdHHMWIV2lfyLQrVJWW753jK_MCm9IIQg87FhCXghu5zD9QSwOJBuDHEJj1l3jyZ4A_-RfER2TnEWo7oc48-ytgzj4K2PEEwPAEzLzoIy5LlY11E1Jl1kYi3oibaERjPht9zruubrcGGDAMgymVkqUwW2HANyNXbYfiDxDVj3MM93XZh2TxAjrwDdE!/dl5/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/ [Hämtad: 2 februari, 2017]
- [7] Swedish Standards Institute, "Maskinsäkerhet", *Maskindirektivet*. [Online] Tillgänglig via: <http://www.sis.se/tema/maskinsakerhet/Maskindirektivet/> [Hämtad: 28 april, 2017]

- [8] Arbetsmiljöverket, ”Maskiner och arbetsutrustning”, *Maskiner*. [Online] Tillgänglig via: <https://www.av.se/produktion-industri-och-logistik/maskiner-och-arbetsutrustning/maskiner/?hl=Maskindirektivet> [Hämtad: 28 april, 2017]

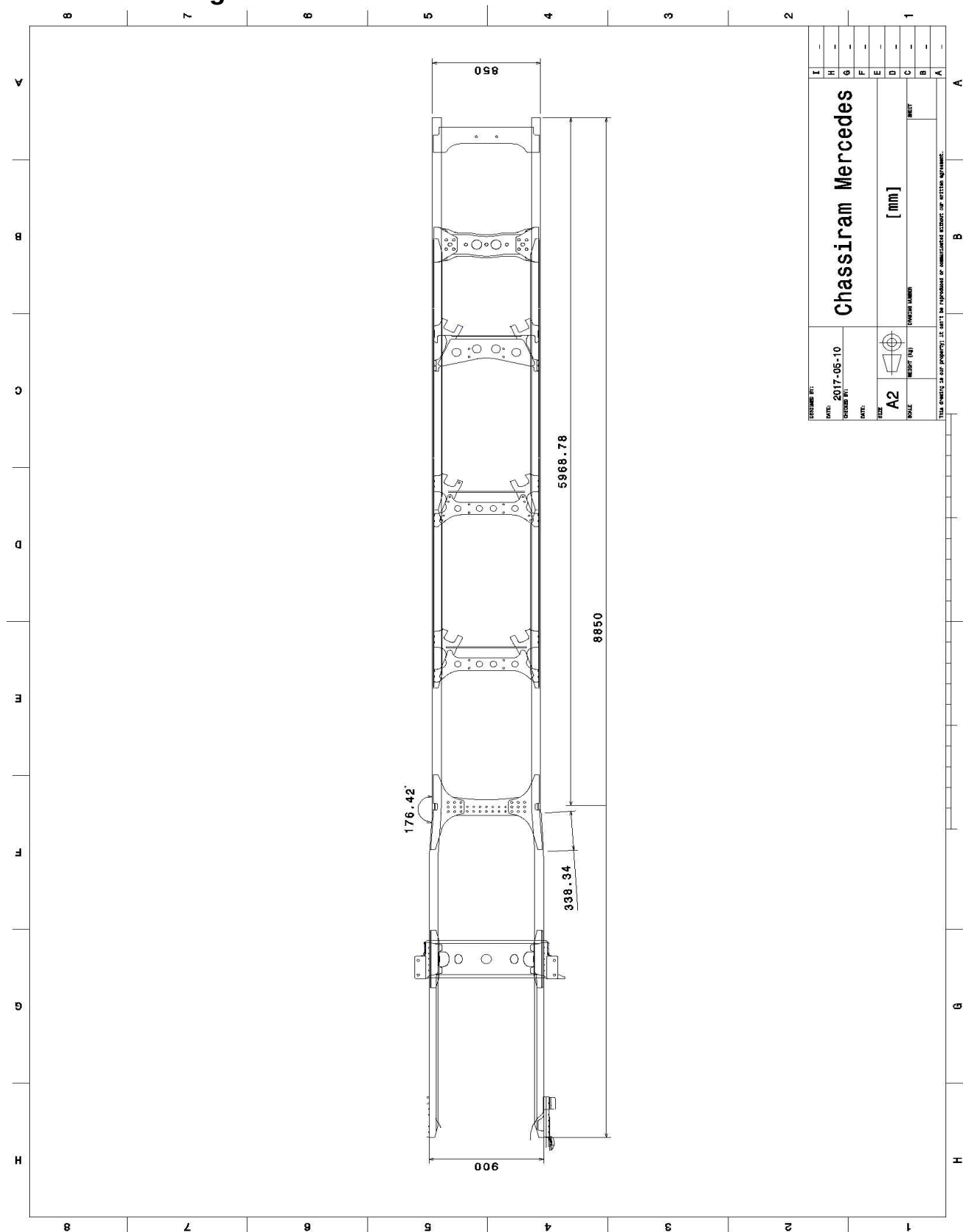
- [9] Fassi, ”Heavy-duty cranes”, *F1650RA xhe-dynamic Fassi crane*. [Online] Tillgänglig via: <https://www.fassi.com/fassi-loader-crane/heavy-duty/f1650ra-xhe-dynamic.html> [Hämtad: 28 april, 2017]

- [10] Dahlberg, T. *Formelsamling i hållfasthetslära, Supplement till: Teknisk hållfasthetslära*, 3:e upplagan. Lund: Studentlitteratur, 2001.

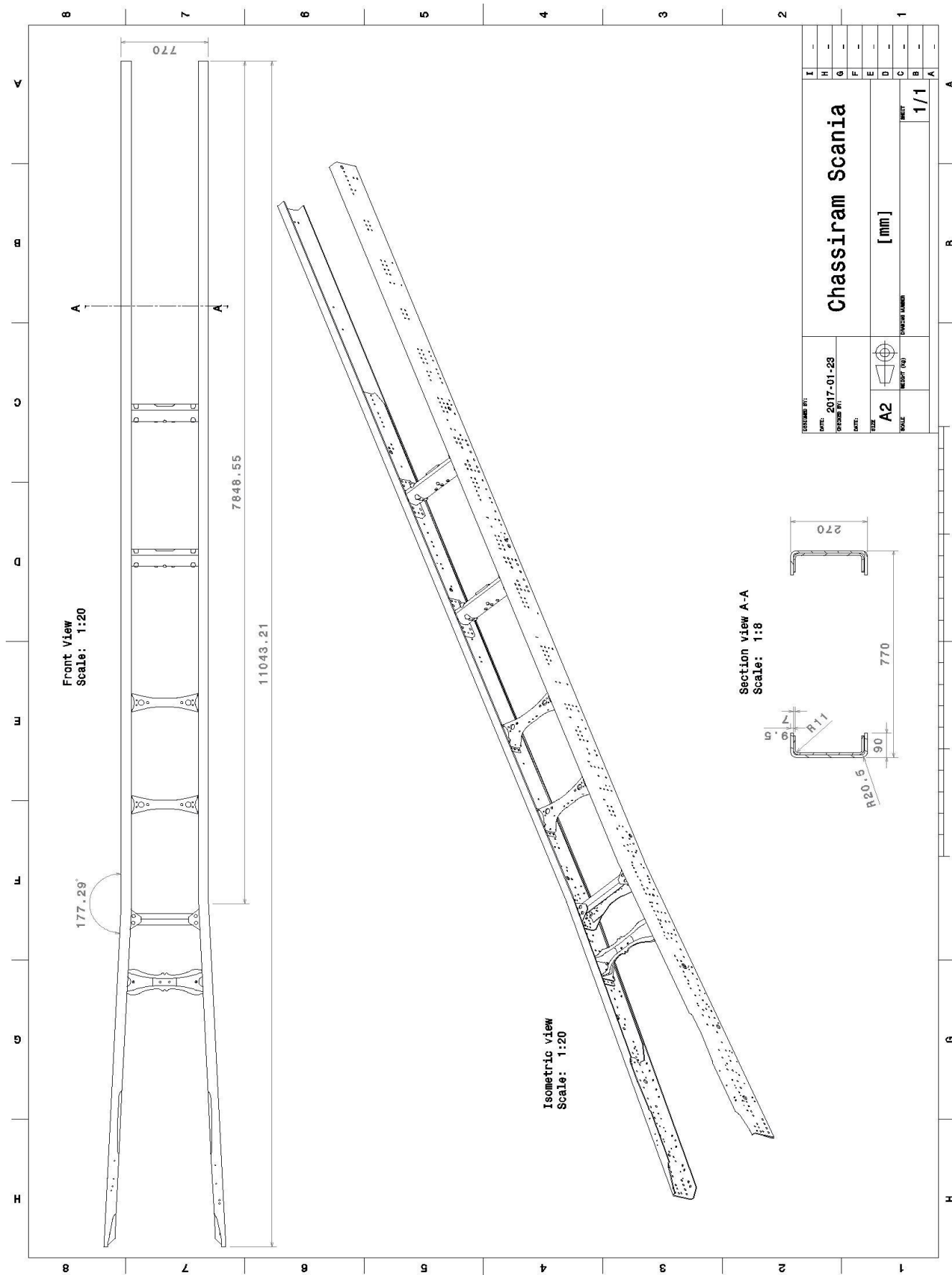
- [11] Persson, G., ”Kursmaterial i FEM-modellering”, *Uppgift 4-Fäste*. 2014 [Online]. S. 80–109. Tillgänglig via: <https://pingpong.chalmers.se/courseId/7203/courseDocsAndFiles.do?nodeTreeToggleFolder=3247968> [Hämtad: 28 mars, 2017]

Bilagor

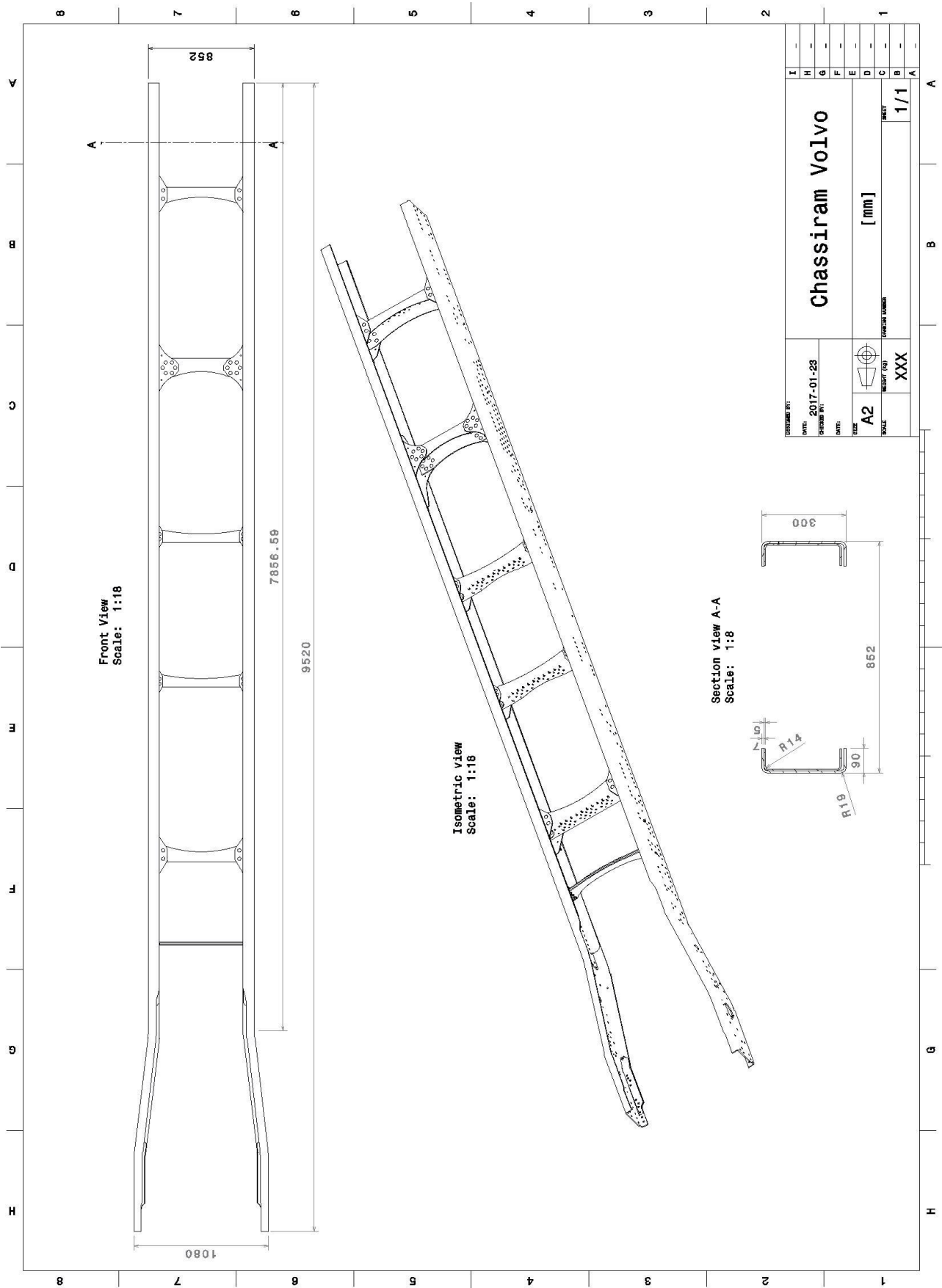
A - Chassiritningar



Figur A.1. Ritning av chassiram för Mercedes.



Figur A.2. Ritning av chassiram för Scania.

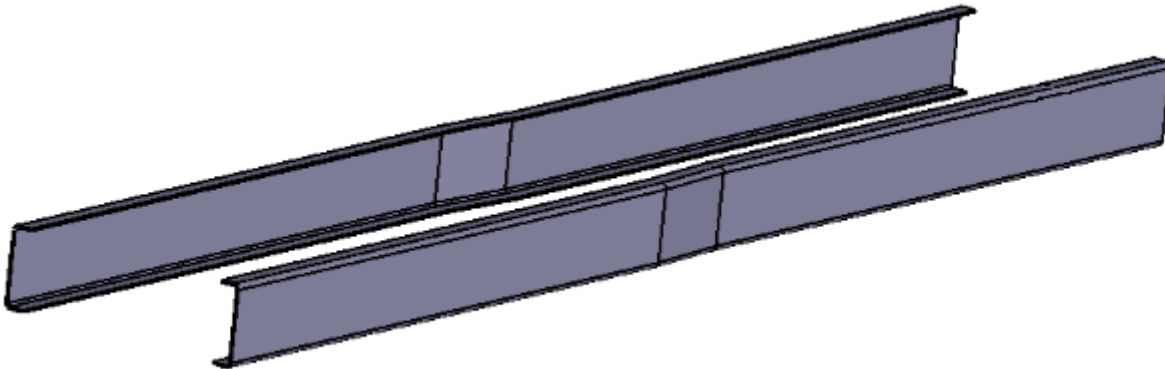


Figur A.3. Ritning av chassiram för Volvo.

B - Förenkling av CAD-modeller, belastningsfall och randvillkor

Vid utförande av FEM-analyser används förenklade CAD-modeller. Detta görs på grund av att konstruktionen som helhet är mycket komplex att analysera. Med reduceringar av detaljer för modellerna erhålls kortare beräkningstid och enklare applicering av randvillkor.

Chassiramarna konstrueras med två längsgående U-balkar med öppning mot varandra. U-balkarnas profiltjocklekar, avstånd mellan varandra samt chassiramarnas längsgående konturer skiljer sig mellan varje lastbilsfabrikat. I figur B.1 ses en förenkling av Mercedes chassiram.



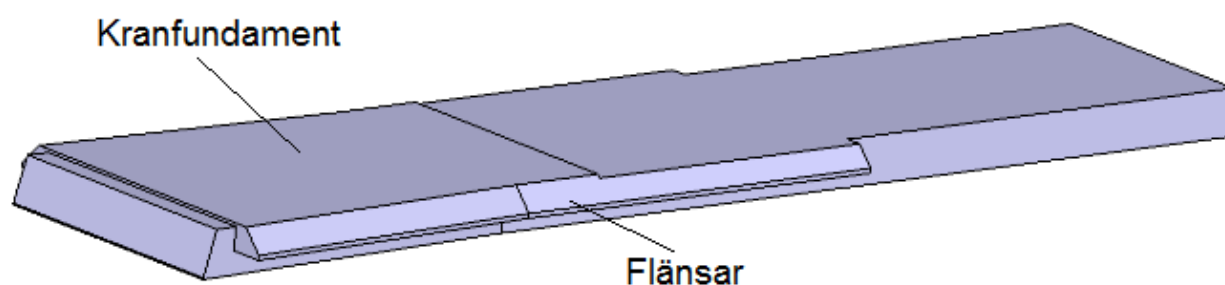
Figur B.1. Mercedes chassiram.

Chassiinfästningarna, som beskrivs i avsnitt 4.2.3, med skruvförband utesluts då dessa komponenter medför längre beräkningstider. Eftersom chassiinfästningarna med skruvförband utesluts från båda modellerna ger detta en rättvis jämförelse.

Även detaljer som skruvhål i chassiramen, kranplåtarna, kranfundamentet och i hjälpramen utesluts. Skruvhål utesluts på grund av att de inte bidrar till ökning av spänningar och deformationer i de områden som är intressanta och för att spara tid vid modellerandet.

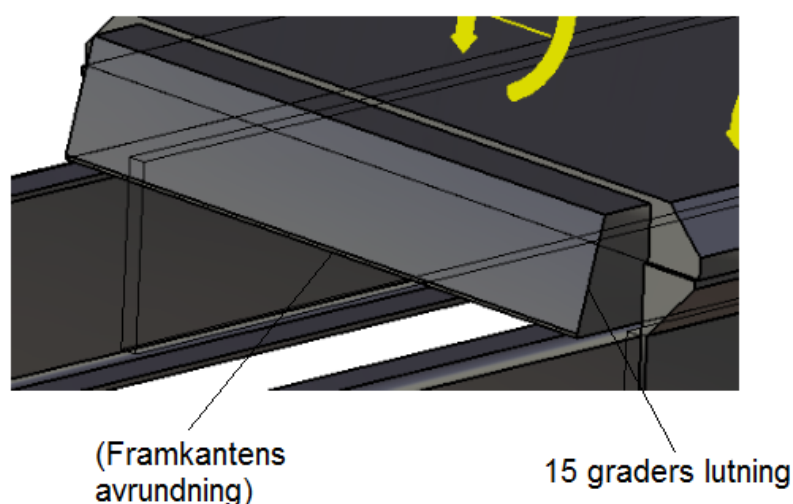
Chassiramens- och hjälpramens längd reduceras för att minska beräkningstiden. Dessutom är det främre området som består av kranfundament som är intressant att analysera eftersom det är där som chassiramarnas konturer skiljer sig gentemot varandra. Chassiramen reduceras från ca 11 m (beroende på lastbilens längd) till 5 m samt hjälpramen från 9 m till 4 m. Längden på chassiramen bestäms ungefärligen utefter längden mellan första axeln och första drivaxeln.

För att möjliggöra en ansättning av last som angriper ett specifikt område på hjälpramen skapas en upphöjning av hjälpramen som symboliserar kranfundamentet. En fläns för att förbinda kranplåtarna med hjälpramen modelleras även. Kranfundamentet med flänsar ses i figur B.2.



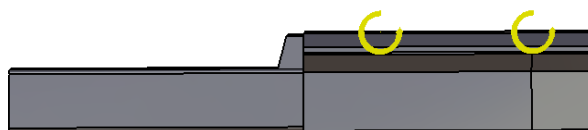
Figur B.2. Mercedes nuvarande hjälpram med kranfundamentet och dess flänsar.

Vid hjälpramens främre del, där hjälpramen möter chassiramen, skall enligt [1] och [2] hjälpramens framkant avrundas med en minsta radie på 5 mm och det främre partiet skall ha en lutning mellan 15 och 45 grader. Detta för att inte skapa en sprickinitiering och att spänningarna skall överföras successivt från hjälpramen till chassiramen. Hjälpramen i figur B.3 har en lutning på 15 grader men ingen avrundning. Eftersom avrundningen saknas i båda modellerna för nuvarande och 850 mm hjälpramen ger detta en rättvis jämförelse.



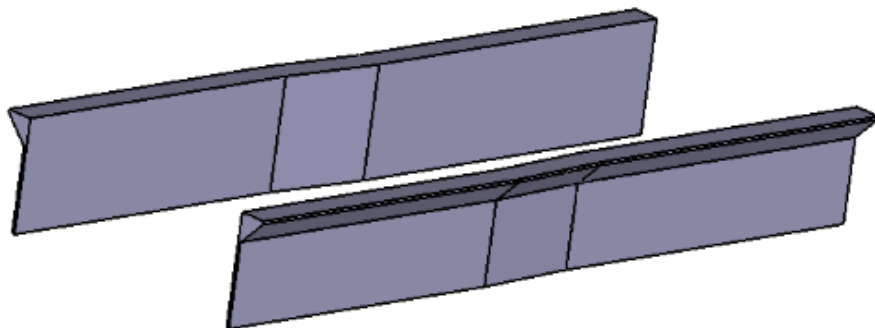
Figur B.3. Nuvarande hjälpram på Mercedes chassiram där lutningen på hjälpramens främre del belyses.

Lasten som appliceras i analysen är ett moment som verkar på kranfundamentet. Momentet symboliserar ett lyft av ett gods framför lastbilshytten. Detta lyft och det motsvarande momentet kan ses i figur B.4. Belastningsfallet anses som det mest kritiska fallet med avseende på spänningskoncentrationer mellan hjälpramens främre del och chassiramen. Lasten sätts till 500 000 Nm med ett värde som bestäms av den största kranens kapacitet med ett godslyft på 3 ton och 18 m mellan godset och krancentrumet. ($18 \text{ m} \cdot 3000 \text{ kg} \cdot 9,82 \text{ m/s}^2 \sim 500 \text{ 000 Nm}$)



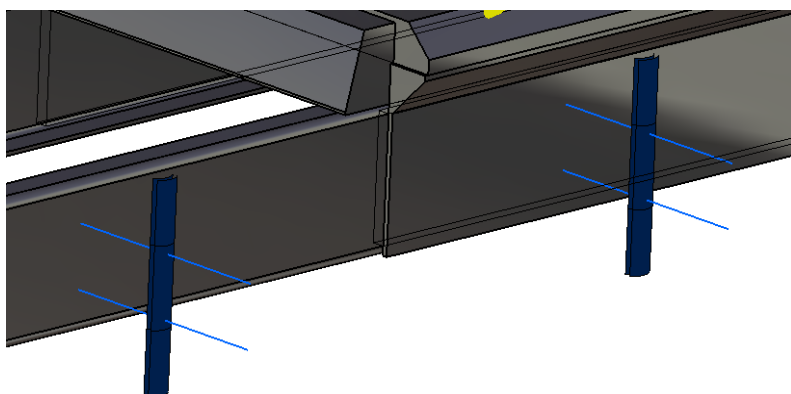
Figur B.4. Lyft över hytt med en Fassi F545 kran och motsvarande moment i Catia.

Som kan ses i figur B.5 modelleras kranplåtarna ungefärligen som de ser ut idag. Dess infästning till kranfundamentet förenklas till en trekantig profil. Monteringen av kranplåtarna på chassiramen och sammansättningen mellan kranplåtarna och kranfundamentet ses som stumma i och med att de omfattas av många skruvförband.



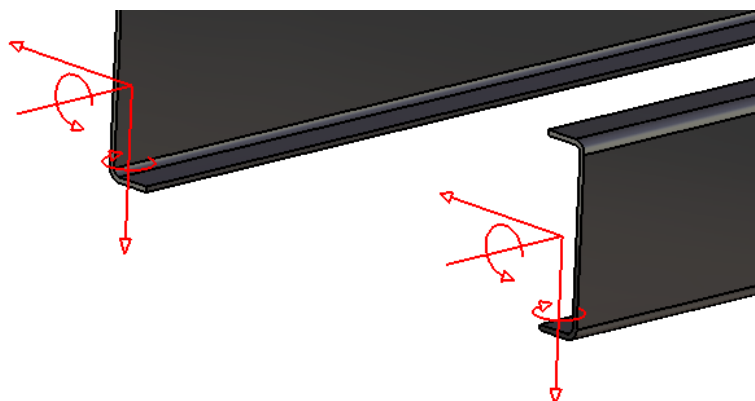
Figur B.5. Kranplåtar för Mercedes chassiram.

Mellan chassiramens balkar finns ett antal tvärbalkar. Dessa har inte konstruerats i modellerna då dessa inte anses påverka utböjningen i längdled utan påverka vridning av konstruktionen. Det som visas i figur B.6 är utplacerade randvillkor på chassiramens utsida och kranplåtarnas utsida som gör att chassiramens längsgående U-balkar rör sig parallellt. Detta är en viktig egenskap som har tagits i beaktande i FEM-analysen.



Figur B.6. Randvillkoren "Sliders" (blå färg) som gör att chassiramens balkar rör sig parallellt.

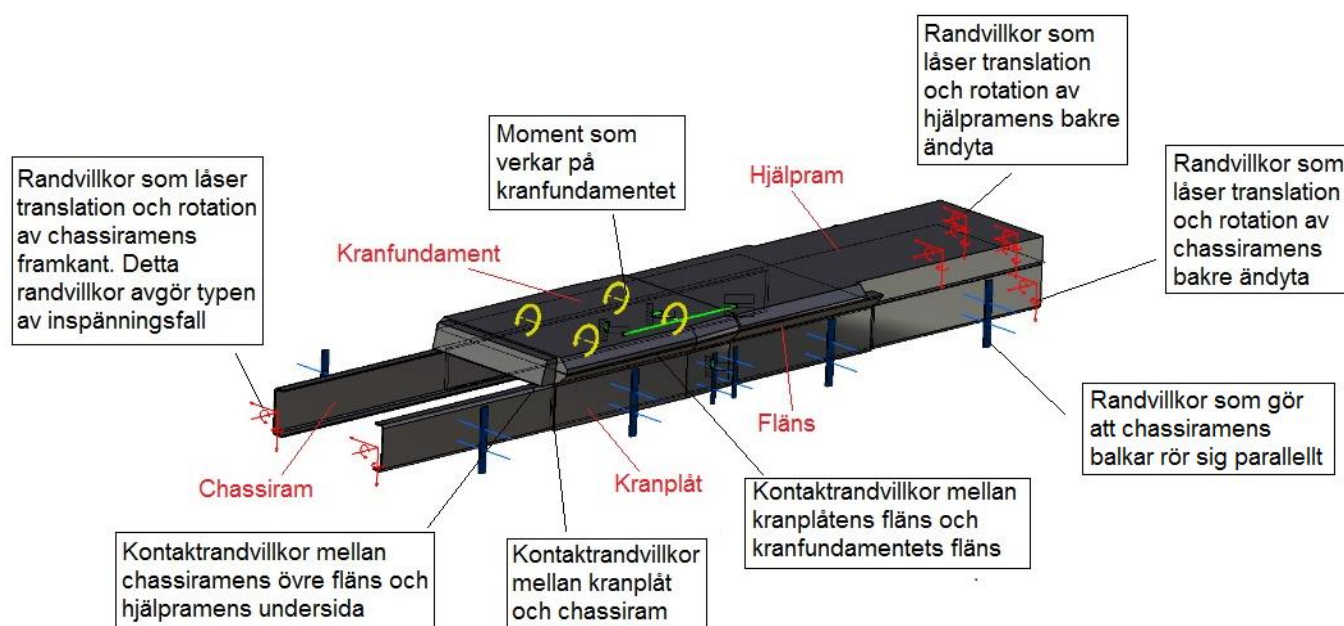
För att möjliggöra att FEM-analyser genomförs på konstruktionsmodellerna måste modellerna "låsas fast i rummet". I figur B.7 har detta gjorts med hjälp av randvillkor som applicerats på chassiramens framkant som låser modellens translation och rotation. Detta randvillkor kan appliceras på olika ytor och låsa i olika translationer och rotationer beroende på fall av inspänning. Det sättet som valdes redogörs för i nästa avsnitt med val av inspänningsfall.



Figur B.7. De randvillkor som "låser" fast modellen i rummet.

För att chassiramen och hjälpramen skall bero på varandra ansätts ett kontaktrandvillkor mellan dessa komponenter. Ett kontaktrandvillkor appliceras dessutom mellan kranplåtarna och chassiramen samt mellan kranfundamentets flänsar och kranplåtarnas flänsar. Med randvillkoren fås en stum konstruktion som annars i verkligheten utgörs av många skruvförband.

Alla de beskrivna randvillkoren och lasten i form av ett moment synliggörs i figur B.8. Figuren nedan visar fallet som fritt upplagd som i nästa avsnitt redogörs för att det är fallet som är dimensionerande.



Figur B.8. Nuvarande hjälpram på Mercedes chassiram med utsatta randvillkor och moment.

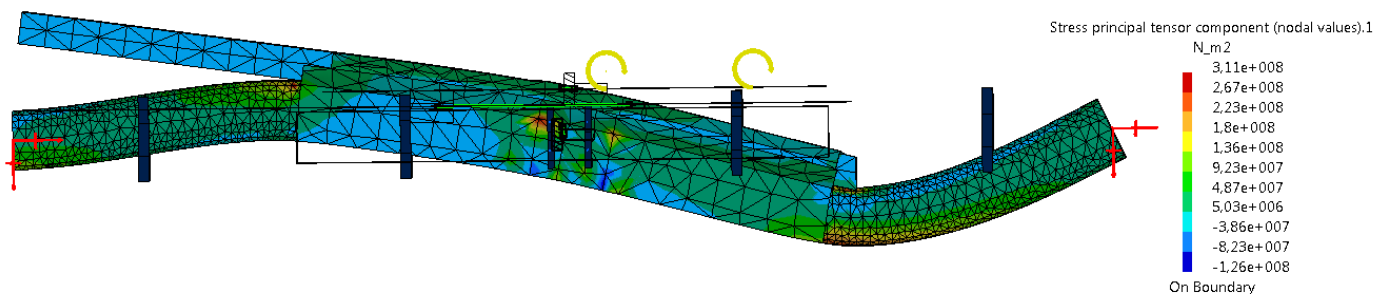
C - Val av inspänning för chassiramen

Eftersom byggnationen med ett bodflak och en kran är en mycket komplex konstruktion måste ett antagande och jämförelse göras för vilken typ av inspänningsfall som chassiramen och hjälpramen skall analyseras som, antingen som fast inspänd eller fritt upplagd.

För att avgöra vilket inspänningfall som är det dimensionerande, görs en analys med att avläsa maximala huvudspänningar i form av både tryck- och dragspänningar samt maximal deformation av de båda fallen. Det inspänningsfall som genererar störst huvudspänningar och deformation i konstruktionen är det fallet som är det mest kritiska och som används för att analysera kommande konstruktionsmodeller. För att jämföra de två fallen monteras nuvarande hjälpram på Mercedes chassiram inklusive kranplåtar. Elementstorleken sätts till 125 mm och 12,5 mm i sag för hela konstruktionen

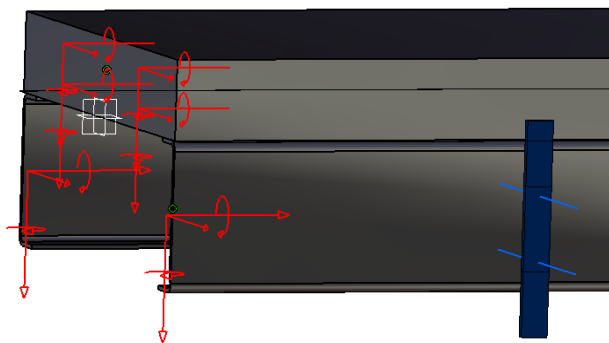
För att åstadkomma de två inspänningsfallen tilldelas olika randvillkor på chassiramens främre yta och det är dessa randvillkor som ger olika inspänningar. Låsningen av rotationen för den främre ytan är densamma för de två inspänningar och dessa låses i tvär- och höjddled samt hålls fri i längdled. Det är låsningen av translationen som varierar mellan de olika inspänningarna. Dock är translationen i tvär- och höjddled låsta för båda fallen. Det som utgör skillnaden är att för fritt upplagd är translationen i längdled fri medans för fallet som fast inspänd är translationen i längdled låst.

Gemensamt för de båda fallen är randvillkoret som tilldelas för den bakre ytan av chassiramen som symboliserar fast inspänd i och med att någon del av chassiramen måste vara helt låst från translation i samtliga riktningar. Den bakre ytan låses även för rotation i tvär- och höjddled samt hålls fri i längdled. Randvillkoret kan ses i figur C.2 nedan. Här måste även hjälpramens bakre yta ges ett randvillkor för att inte separera från chassiramen vilket den gör i figur C.1 nedan.



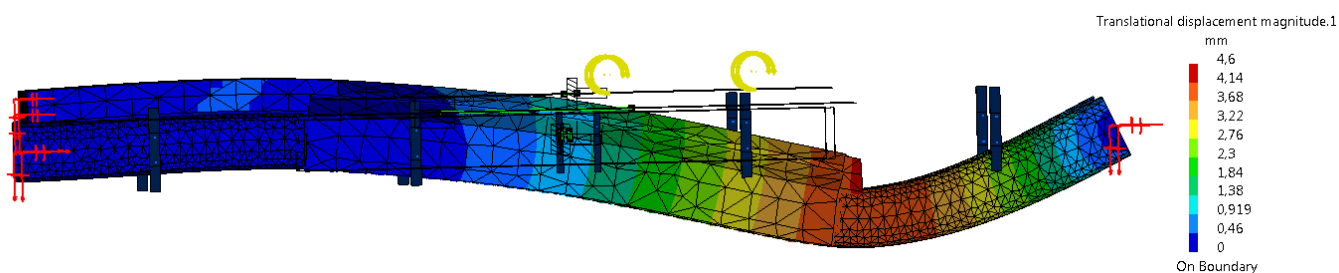
Figur C.1. Figur på huvudspänningar för fritt upplagda Mercedes chassiramen.

För att inte hjälpramen skall separera från chassiramen tilldelas hjälpramens bakre yta randvillkoret som fritt upplagd som kan ses i figur C.2. Randvillkoret låser translation och rotation i höjd- och tvärled samt hålls fri i längdriktningen. I figur C.2 syns båda randvillkoren för hjälpramens bakre yta och chassiramens bakre yta.

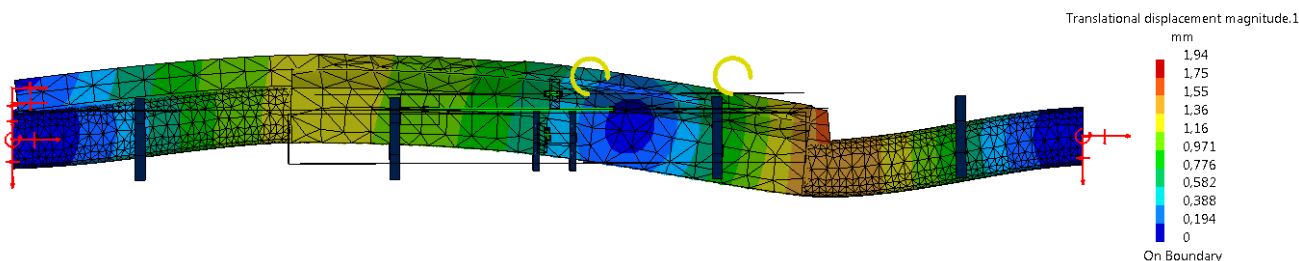


Figur C.2. Randvillkoren på hjälpramens och chassiramens bakre yta.

I figur C.3 och C.4 visas deformationsbilden för de båda inspänningsfallen. Den maximala utböjningen uppgår till 4,6 mm för fallet som fritt upplagd och 1,94 mm för fast inspänd.



Figur C.3. Deformationsbilden för den fritt upplagda chassiramen.



Figur C.4. Deformationsbilden för den fast inspända chassiramen.

I tabell C.1 sammanställs resultaten för den maximala utböjningen och huvudspänningar för de två inspänningsfallen.

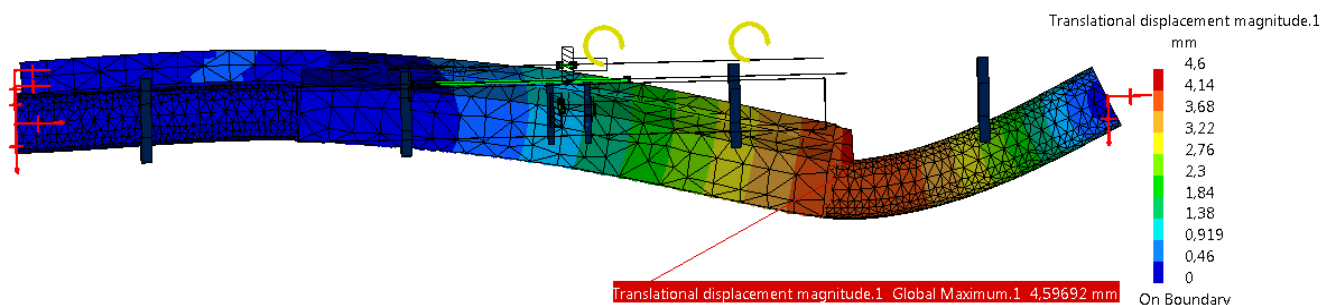
Jämförelsetabell av inspänningsfall			
Inspänning	Elementstorlek	Maximal utböjning (enligt deformationsskalan)	Huvudspänningens spann
Fritt upplagd	125 mm	4,6 mm	370 MPa drag - 114 MPa tryck
Fast inspänd	125 mm	1,94 mm	248 MPa drag - 82 MPa tryck

Tabell C.1. Jämförelsetabell som visar skillnaden för chassiramen som fast inspänd och fritt upplagd.

Enligt jämförelsetabellen ovan ses att fallet som fritt upplagd balk för chassiramen ger störst huvudspänningar, 370 MPa drag och 114 MPa i tryck samt störst deformation i form av 4,6 mm. Detta innebär att inspänningsfallet för vidare analyser av konstruktionsmodeller dimensioneras som fritt upplagd balk. I figur B.8 illustreras konstruktionen med randvillkor som symboliserar det valda inspänningsfallet.

D - Val av elementstorlek för vidare analys av konstruktionsmodell

För att bestämma vilken elementstorlek som modellerna skall tilldelas i FEM-analyserna presenteras en konvergenstabell. För konvergenstabellen avläses värden på den maximala deformationen som uppstår i området som figur D.1 visar för nuvarande hjälpram som monteras på Mercedes chassiram. Kranplåtar är inkluderade i analysen och det inspänningsfallet som konstruktionen symboliserar är fallet som fritt upplagd



Figur D.1. Figur på deformationen hos Mercedes chassiram. 125 mm i elementstorlek genomgående.

I tabell D.1 nedan presenteras resultatet för den maximala utböjningen med olika elementstorlekar (samtliga komponenter tilldelas samma elementstorlek). När det inte uppstår någon större skillnad i utböjning det vill säga det uppstår konvergering och en rimlig beräkningstid erhålls samt det globala felet är under 20 % [11] väljs denna elementstorlek. När dessa faktorer är uppfyllda är resultatet trovärdigt och denna elementstorlek används vidare för att analysera konstruktionsmodellerna.

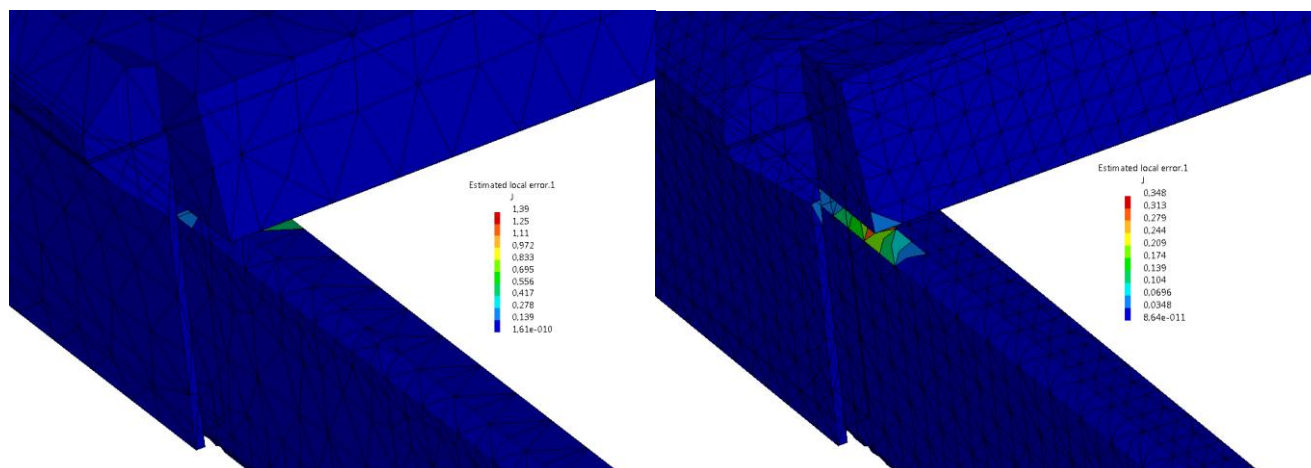
Konvergenstabell				
Elementstorlek	Utböjning	Skillnad	Globala felet	Beräkningstid
250	2,95 mm	-	23,24 %	10 sek
125	3,22 mm	+9,15 %	17,21 %	100 sek
70	3,79 mm	+28,47 %	17,31 %	200 sek
30	4,77 mm	+61,69 %	15,21 %	2000 sek

Tabell D.1. Konvergenstabell för jämförelse med olika elementstorlekar.

Som kan ses i tabell D.1 ökar utböjningen när mindre elementstorlek används med tillhörande ökning av beräkningstid.

En rimlig elementstorlek med avseende på beräkningstid ligger mellan 70 mm och 30 mm. När 30 mm anges fås en beräkningstid på ungefär 33 minuter vilket anses är för mycket. Beräkningstiden har en exponentiell ökning vilket innebär att en elementstorlek mellan 70 mm och 30 mm är rimlig att välja.

I figur D.2 visas en jämförelse mellan plottar på det uppskattade lokala felet för elementstorleken 70 mm respektive 30 mm. Detta visar ett förhöjt uppskattat lokalt fel i området kring där hjälpramen möter chassiramen. Det blir bättre med en mindre elementstorlek, dock är det i denna punkt som vidare analys skall genomföras för och med detta i åtanke väljs en mindre elementstorlek lokalt i detta område.



Figur D.2. Figur på "estimated local error", elementstorlek 70 mm i jämförelse med 30 mm.

I och med att det är utböjningen och huvudspänningarna i området vid flänsen som är intressant kommer det globala felet att delvis bortses ifrån. Ett globalt fel över 20 % kommer att accepteras om det lokala felet vid den främre punkten där hjälpramen möter chassiramen kan minimeras. Här görs ett antal försök för att bestämma den bästa kombinationen mellan lokalt fel och beräkningstid. Det optimala valet av elementstorlekar med tillhörande resultat för utböjning, globalt fel och beräkningstid presenteras i tabell D.2.

Resultat med lokala elementstorlekar				
Elementstorlekar	Utböjning	Skillnad	Globala felet	Beräkningstid
Hjälpram & kranplåtar: 100 mm Chassirams övre fläns & dess radie mot livet: 23 mm Resterande chassiram: 100 mm	2,95 mm	-	23,24 %	2000 sek

Tabell D.2. Visar resultatet som erhålls med olika lokala elementstorlekar i konstruktionen.

E - Sammanfattning av valda elementstorlekar

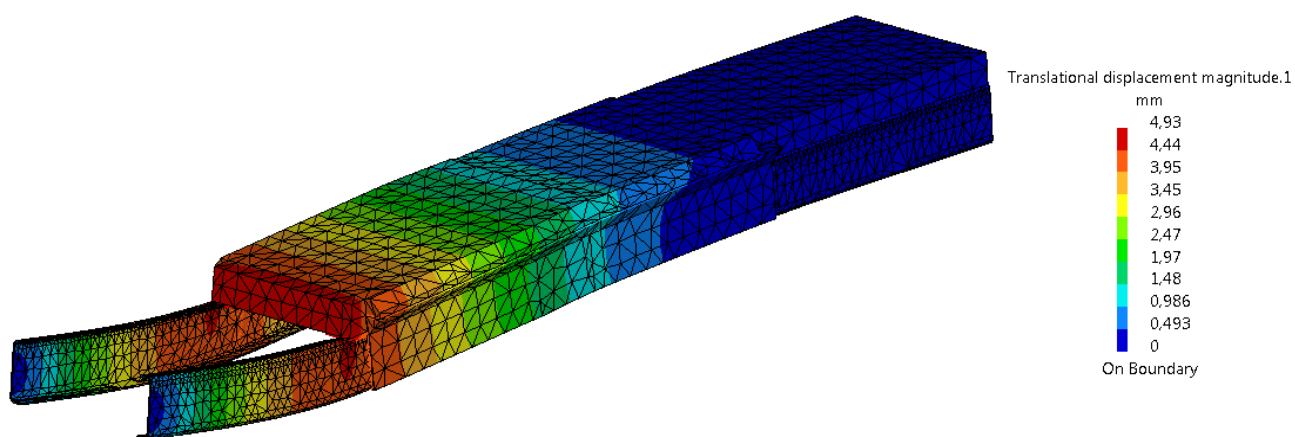
Följande konfiguration av elementstorlekar väljs och presenteras i tabell E.1 nedan. Dessa värden används för att analysera den slutgiltiga modellen med 850 mm hjälpramen och nuvarande hjälpramar på de olika chassiramarna. Det är viktigt att applicera samma uppsättning av elementstorlekar för samtliga analyser för att åstadkomma en rättvis jämförelse av resultaten.

Val av elementstorlekar		
	Elementstorlek	Sag
Hjälpram	100 mm	10 mm
Kranplåtar	100 mm	10 mm
Chassiram	100 mm	10 mm
Chassiramens övre fläns	23 mm	3 mm
Chassiramens övre övergång	23 mm	3 mm

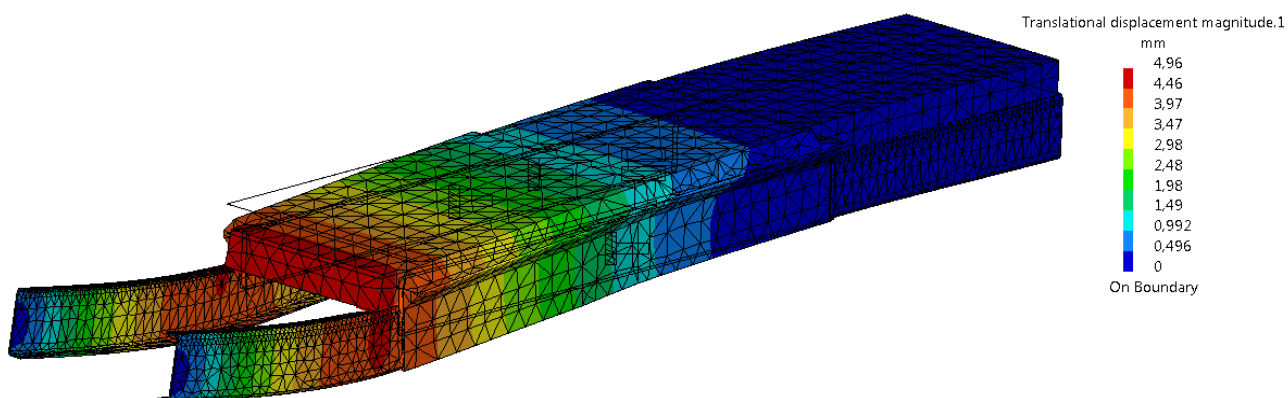
Tabell E.1. Tabell över elementstorlekar på de ingående komponenterna.

F - Huvudspänningar och deformationer för Mercedes

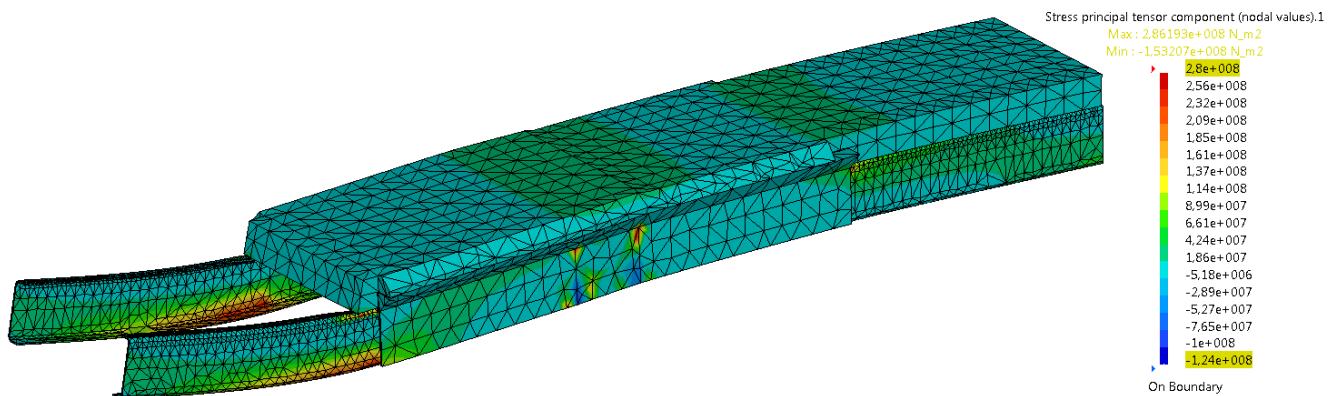
I figurerna F.1 och F.2 visas plottar på deformationsbilden med nuvarande hjälpram respektive 850 mm hjälpramen på Mercedes chassiram. Figurerna F.3 och F.4 visar plottar på huvudspänningsbilden med nuvarande hjälpram respektive 850 mm hjälpramen på Mercedes chassiram.



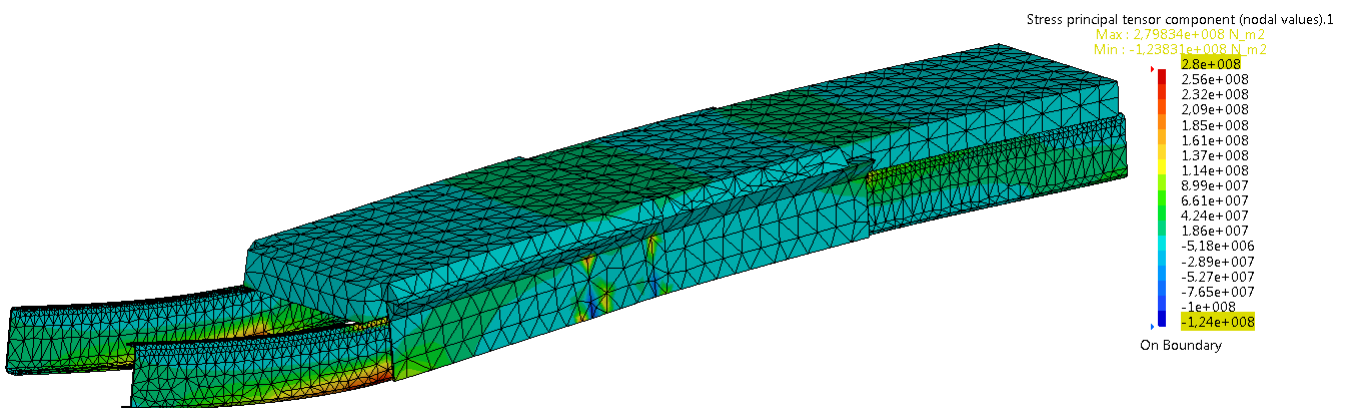
Figur F.1. Deformationsplott på Mercedes chassiram med nuvarande hjälpram. Förstärkningsfaktor 30.



Figur F.2. Deformationsplott på Mercedes chassiram med 850 mm hjälpram. Förstärkningsfaktor 30.



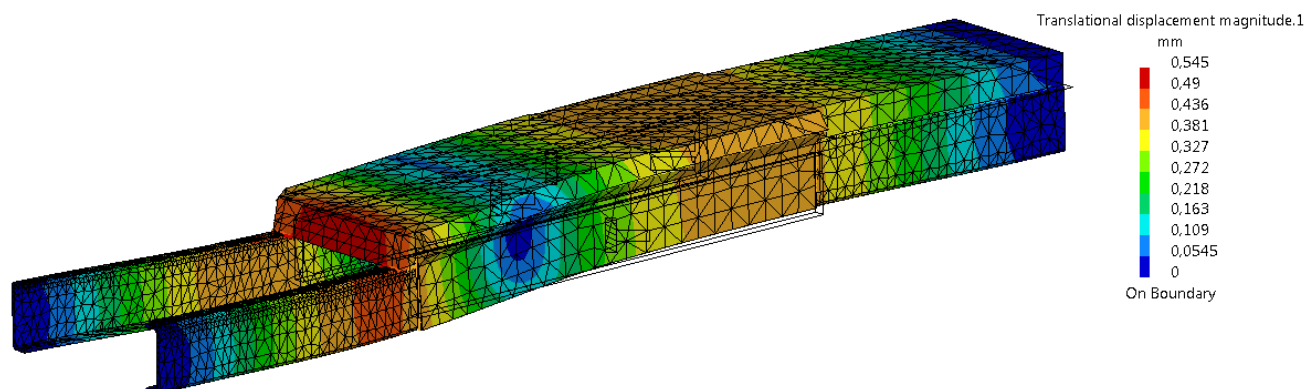
Figur F.3. Huvudspänningsplott på Mercedes chassiram med nuvarande hjälpram. Förstärkningsfaktor 30.



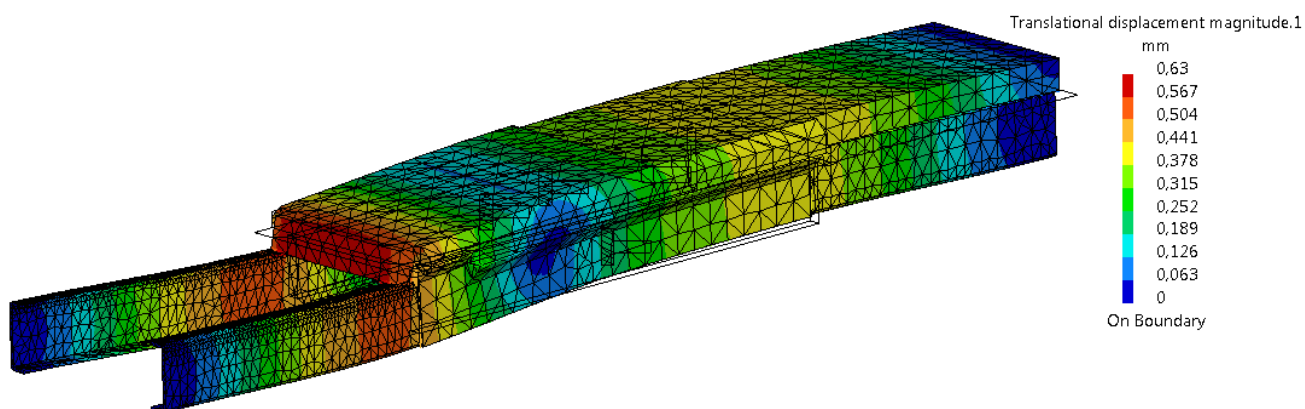
Figur F.4. Huvudspänningsplott på Mercedes chassiram med 850 mm hjälpram. Förstärkningsfaktor 30.

G- Huvudspänningar och deformationer för Scania

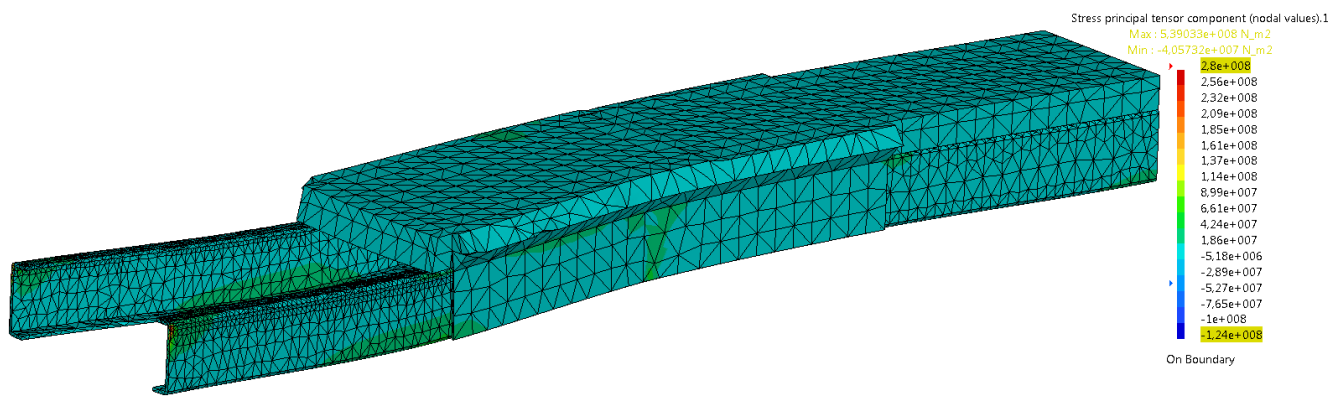
Figureerna G.1 och G.2 visar plottar på deformationsbilden med nuvarande hjälpram respektive 850 mm hjälpramen på Scanias chassiram. Plottar på huvudspänningsbilden visas i figurena G.3 och G.4 med nuvarande hjälpram respektive 850 mm hjälpramen på Scanias chassiram.



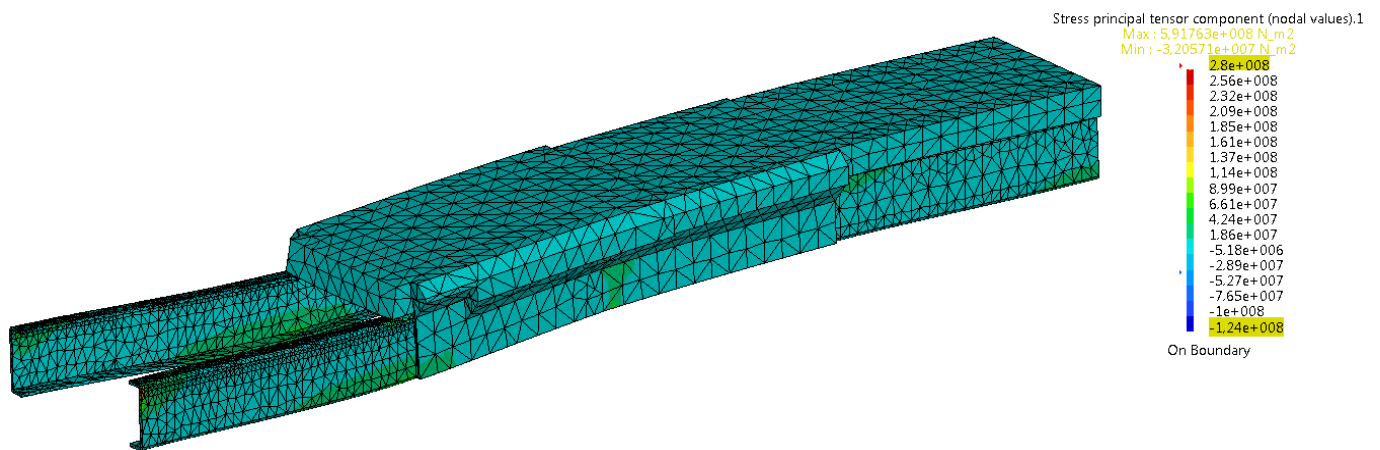
Figur G.1. Deformationsplott på Scanias chassiram med nuvarande hjälpram. Förstärkningsfaktor 100.



Figur G.2. Deformationsplott på Scanias chassiram med 850 mm hjälpram. Förstärkningsfaktor 100.



Figur G.3. Huvudspänningsplott på Scanias chassiram med nuvarande hjälpram. Förstärkningsfaktor 100.



Figur G.4. Huvudspänningsplott på Scanias chassiram med 850 mm hjälpram. Förstärkningsfaktor 100.