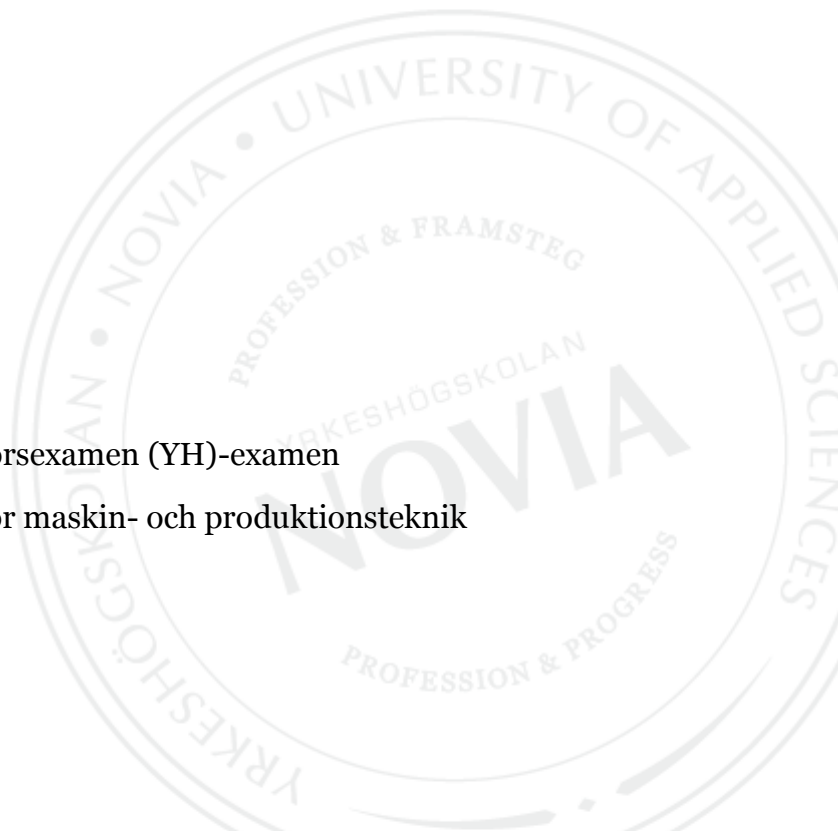


Planering och konstruktion av monterings- och testningsfixtur till avlastningsenhet för plåthanteringsmaskin

Jens Granlund

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)-examen
Utbildningsprogrammet för maskin- och produktionsteknik
Vasa 2016



EXAMENSARBETE

Författare: Jens Granlund
Utbildningsprogram och ort: Maskin- och produktionsteknik, Vasa
Inriktningsalternativ: Konstruktion
Handledare: Kenneth Ehrström, Mikael Forsell

Titel: *Planering och konstruktion av monterings- och testningsfixtur till avlastningsenhet för plåthanteringsmaskin*

Datum 30.3.2016

Sidantal 48

Bilagor 18

Abstrakt

Detta examensarbete utfördes som uppdrag för LKI Källdman Ltd som planerar, tillverkar och moderniserar system för automatisk hantering av material, automatisk plåthantering, FMS och intern logistik.

Syftet med examensarbetet är att planera och konstruera en eller flera fixturer för montering och testning av avlastningsenhet för plåthanteringsmaskin. Avlastningsenheten till den nya ASF 3015 EU plåthanteringsmaskinen skiljer sig åt från föregående enheter och därför är man i behov av nya fixturer. Arbetet innebar 3D-modellering av fixturer, tillverkning av olika ritningar, hållfasthetsberäkningar samt simuleringar med hjälp av finita elementmetoden.

Resultatet av examensarbetet blev 3D-modeller av de nya fixturerna som är tänkt att användas vid montering- och testning av de nya avlastningsenheterna. Även några tillhörande tillverkningsritningar, hållfasthetsberäkningar samt resultat från finita elementanalysen presenteras i slutet av detta arbete.

Språk: svenska

Nyckelord: konstruktion, produktutveckling, fixtur, CAD

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä:	Jens Granlund
Koulutusohjelma ja paikkakunta:	Kone- ja tuotantotekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto:	Koneensuunnittelu
Ohjaajat:	Kenneth Ehrström, Mikael Forsell

Nimike: *Ohutlevykoneen purkuaseman kokoonpano- ja testaustelineen suunnittelu ja rakentaminen*

Päivämäärä 30.3.2016

Sivumäärä 48

Liitteet 18

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö on tehty toimeksiantona LKI Källdman Ltd:lle, joka suunnittelee, rakentaa ja nykyaikaistaa automaattisia materiaalikäsittelyratkaisuja, automaattisia ohutlevyjen käsittelyratkaisuja sekä FMS:ää ja sisäisiä logistiikkaratkaisuja.

Opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella ja rakentaa yksi tai useampi kokoonpano- ja testausteline ohutlevykoneen purkuasemalle. Purkuasema uudelle ASF 3015 EU ohutlevykoneelle poikkeaa aikaisemmasta asemasta ja siksi on tarvetta uudelle kiinnitystelineelle. Työ sisälsi 3D-mallinnuksen kiinnitystelineistä, eri piirustusten valmistamista, lujuuslaskelmia ja pari simulaatiota elementtimenetelmällä.

Opinnäytetyön tulokset olivat 3D-malleja uusista kiinnitystelineistä, joita on tarkoitus käyttää uusien purkuasemien asennukseen ja testaukseen. Kiinnitystelineisiin liittyvät piirustukset, lujuuslaskelmat ja tulokset elementtimenetelmän analyseistä esitetään työn lopussa.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: rakentaminen, tuotekehittely, kiinnitysteline, CAD

BACHELOR'S THESIS

Author: Jens Granlund
Degree Programme: Mechanical and Production Engineering, Vaasa
Specialization: Mechanical Construction Engineering
Supervisors: Kenneth Ehrström, Mikael Forsell

Title: *Planning and Construction of Assembly and Testing Fixture for Unloading Device in a Sheet Metal Handling Machine*

Date 3/30/2016

Number of pages 48

Appendices 18

Abstract

This thesis work was done on behalf of LKI Källdman Ltd which designs, manufactures and modernizes system for automatic handling of materials, automatic sheet metal handling, FMS and internal logistics.

The purpose of this thesis was to plan and construct one or several fixtures for the assembly and testing of the unloading device in a sheet metal handling machine. The unloading device for the new ASF 3015 EU sheet metal machine differs from previous devices and therefore there is a need for new fixtures. The thesis work included 3D modeling of fixtures, manufacturing of various drawings, strength calculations and simulations using finite element method.

This thesis resulted in 3D models of the new fixtures aimed to be used for the assembly and testing of the new unloading devices. Furthermore, some related manufacturing drawings, strength calculations and results from the finite element analyzes are presented at the end of this work.

Language: Swedish

Key words: construction, product development, fixture, CAD

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund till examensarbetet	1
1.2	Syfte	2
1.3	Avgränsningar.....	2
1.4	Företagsbeskrivning.....	3
1.4.1	Produkter	4
1.5	Plåthanteringsmaskin	6
1.6	Disposition	9
1.7	Metod	9
2	Teori	10
2.1	Produktutveckling	10
2.1.1	Produktspecifikation	11
2.2	Standard	13
2.2.1	Eurokoder	14
2.3	Arbetarskydd.....	15
2.4	Ergonomi	16
2.5	Val av material.....	17
2.5.1	Materialegenskaper.....	18
2.5.2	Stål.....	20
2.6	Tillverkningsmetoder.....	22
2.6.1	Svetsning	22
2.6.2	Montering	26
3	Resultatet.....	27
3.1	Problemområden.....	27
3.2	Produktspecifikation för fixturer	32
3.3	Val av material och svetsmetod	33
3.4	Ergonomi	35
3.5	SolidWorks	35
3.6	Fixturerna.....	36
3.7	Fortsatt utveckling	45
4	Diskussion	46
	Källförteckning.....	47

Figurförteckning

Figur 1. Översiktsbild av LKI Käldmans produktionshallar i Bennäs. (About us).....	3
Figur 2. AS LUL 300 kopplat ihop med Amadas FOL-AJ laserskärmaskin.	4
Figur 3. MP SheetCat integrerat med Amadas EM revolverstansmaskin.	5
Figur 4. Exempel på ett CS II system integrerad med flera olika bearbetningsmaskiner.	5
Figur 5. ASF 3015 EU kopplat till en laserskärningsmaskin.	7
Figur 6. Avlastningsenheten i ASF 3015 EU.	8
Figur 7. Den så kallade konstruktionsparadoxen och projekt med olika startlägen på skalan abstrakt → konkret. (Johannesson et.al., 2013, s. 27)	11
Figur 8. Exempel på spännings/töjningsdiagram för höghållfasthetsstål DOCOL 1000DP. Notera att stålet saknar tydligt flytområde. (SSAB, 2011, s. 2:4).....	19
Figur 9. Svetsprocesser. (Lepola & Makkonen, 2004).....	22
Figur 10. Principen hos svetsning. (Lepola & Makkonen, 2004)	23
Figur 11. En enkel funktionsbeskrivande bild på en MIG/MAG-svets. (Lepola & Makkonen, 2004).....	25
Figur 12. Avlastningsenheten flyttad till bockar och vagn med lastpallar för att kunna fortsätta med monteringsarbetet.	28
Figur 13. Avlastningsenheten när den är lyft och är på väg mot ASF EU maskinen. Farliga moment uppstår i samband med lyftet och dessutom är avlastningsenheten ej färdigmonterad.....	28
Figur 14. En enkel handritad modellskiss på monterings- och testningsfixturen.....	29
Figur 15. Lyftfixturen.	30
Figur 16. En enkel handritad skiss.	31
Figur 17. Monterings- och testningsfixturen inritad i SolidWorks.	37
Figur 18. Lyftfixturen för truck.	37
Figur 19. Modifierade fixturen som fästs i avlastningsenhetens stomme.	38
Figur 20. Avlastningsenheten fäst i monterings- och testningsfixturen samt lyftfixturen hängandes under. Avlastningsenheten är i högsta läge.	39
Figur 21. Samma sammanställning som figur 20 men sedd från andra sidan.	39
Figur 22. Avlastningsenheten fäst i monterings- och testningsfixturen samt de modifierade fixturerna fäst i avlastningsenhetens stomme. Avlastningsenheten är i lägsta läge.	39
Figur 23. Bild på hur avlastningsenheten är tänkt att hållas fast i monterings- och testningsfixturen.	40
Figur 24. Andra fastsättningsdetaljen för avlastningsenheten.	40

Figur 25. Monterings- och testningsfixturen med fasthållningskrokar.	41
Figur 26. Monterings- och testningsfixturen med spänningar när den belastas av avlastningsenheten.	42
Figur 27. Monterings- och testningsfixturen med maximala spänningar vid lyft.	43
Figur 28. Lyftfixturen med belastning av tyngden och uppkomna spänningar.	43
Figur 29. Fixtur med uppkomna spänningar.	44

Tabellförteckning

Tabell 1. Produktens livscykel och inverkan aspekter (efter Olsson).	13
Tabell 2. Olika beteckningar på stål.	21
Tabell 3. Produktspecifikationen för monterings- och testningsfixturen.	32
Tabell 4. Produktspecifikationen för lyftfixturen.	33
Tabell 5. S355J2 stålets egenskaper.	34
Tabell 6. S355J2 stålets kemiska uppsättning.	34

Bilageförteckning

Bilaga 1	Beräkningarna för en M8 8.8 bult samt M8 skruvförband
Bilaga 2	Styckelista
Bilaga 3	Bearbetningsritningar
Bilaga 4	Styckelista
Bilaga 5	Svetsritning
Bilaga 6	Styckelista
Bilaga 7	Svetsritning
Bilaga 8	Bearbetningsritning
Bilaga 9	Bearbetningsritning
Bilaga 10 – 18	Simuleringar på fixturerna m.h.a. FEM-analys

Ordlista

Här nedan ses förklaringar på förkortade ord som förekommer i texten:

- ASF-EU: Förkortning av ASF 3015 EU, som är en plåthanteringsmaskin.
- FEM: Finita Element Metoden, en datoriserad numerisk metod med vilket man kan beräkna spänningar, deformationer, egenfrekvenser och strukturers dynamiska beteenden.
- FMS: Flexible manufacturing system, på svenska ett system för automatisk materialhantering mellan helautomatiska bearbetningsmaskiner i industri.
- LKI: Förkortning av orden Leif Källdman Industries.
- LST: Laser shuttle table, maskin med två skärpaletter som byter paletterna in till en laserskärmaskin.
- MAG: Förkortning av orden Metal-arc Active Gas.
- MIG: Förkortning av orden Metal-arc Inert Gas.
- MP-F: Förkortning av MP FLEXit, en automatisk in- och utmatningsmaskin av plåt för Amadas laserskärmaskin.
- UL: Unloading device, på svenska avlastningsenhet.

1 Inledning

Examensarbetet är kanske det mest intressanta och lärorika skedet för en ingenjörstudenter. I arbetet framkommer de kunskaper och erfarenheter man fått från både skolan samt möjligen från något sommarjobb. I examensarbeten sammanfaller teoretiska och praktiska utföranden. Examensarbetet är ofta en början på jobbkarriären.

För mig själv har examensarbetet alltid funnits i tankarna under skolans gång, tämligen mest på sommaren då jag jobbat och kommit i kontakt med diverse problem. Dessa problem har då blivit undersökta om någon av dem skulle vara lämpliga som ett kommande examensarbete. Redan från början av skolgången har mitt intresse varit att göra ett examensarbete där jag skulle få rita detaljer och planera en konstruktion av något slag.

1.1 Bakgrund till examensarbetet

Bakgrunden till mitt examensarbete började egentligen på sommaren 2015, då jag jobbade som montör på företaget LKI Källdman. Det var inte första sommaren jag jobbat hos LKI Källdman, men dock första sommaren som montör. Arbetspunkten var slutmontering vid A-hallen i Lövö där man monterar bl.a. LST, MP-F samt de nya maskinerna ASF 3015 EU. Under sommaren monterade jag bland annat avlastningsenheter för både MP-F och ASF 3015 EU maskinerna. Därigenom påträffade vi småningom problemet som slutligen blev idén till mitt examensarbete.

Efter diskussioner med arbetsledningen konstaterades att det skulle passa bra att konstruera en fixtur för den nya UL-enheten som tillhör ASF 3015 EU maskinen. Fixturen kommer att behövas mera sedan när det börjar tillverkas flera av ASF 3015 EU, som i nuläget är en relativt ny maskin.

Vid montering av UL används två olika fixturer som hjälp vid montering och testning av enheten. Vid montering av UL för MP-F uppstår inga problem, men vid montering av UL för den nya ASF 3015 EU maskinen fungerar inte den existerande fixturen till belåtenhet. Den går att använda vid startskedet av monteringen men när man skall montera kåporna på sidorna av UL måste man lyfta bort enheten från fixturen och lägga ner den på t.ex. träpallar. Detta skede är riskabelt och man får problem vid montering och vid testning av funktioner på enheten. En ny fixtur skulle tackla de båda problemen samt göra monteringen av UL-enheten snabbare och säkrare.

1.2 Syfte

Huvudsyftet med examensarbetet är att planera och konstruera en monterings- och testningsfixtur för ASF 3015 EU:s avlastningsenhet som montörer och produktionsstyrningen accepterar som LKI:s framtida arbetsmetod för montering av UL-enhet. Detta åstadkoms genom att planera och konstruera en eller flera fixturer som skall fungera som hjälp-utrustning för montering, testning, transporter och lyft av UL. Monteringsprocessen i nuläget är oergonomisk och innehåller många onödiga förflyttningar.

1.3 Avgränsningar

Detta examensarbete koncentrerar sig på planera och konstruera olika slags fixturer endast för ASF 3015 EU maskinens avlastningsenhet. Kraven och måtten på fixturerna är ganska långt förutbestämda men naturligtvis kommer det fler krav under arbetets gång. Till arbetet hör att tillverka detaljritningar för fixturerna och uppgöra användningsmanualer till lyftfixturer. Monteringsritningar görs däremot inte. Arbetet innefattar dessutom att hänsyn tas till aspekter såsom ergonomi, arbets säkerhet samt optimering av monteringsprocessen. För att försöka minska på materialkostnaderna och snabba på tillverkningsprocessen för fixturerna utformas de så att de tillverkas av sådant råmaterial som företaget redan har i lager.

1.4 Företagsbeskrivning

LKI Källdman Ltd utvecklar och tillverkar system för automatisk hantering av material, system för automatisk plåthantering, för FMS och intern logistik. LKI erbjuder mjukvara tillverkat för enkel styrning av tillverkningsprocesser som kan integreras och anpassas till andra IT-lösningar. Mjukvaran tillverkas av företaget Camline, som blev uppköpt av LKI år 2012. Dessutom utför LKI servicetjänster som hjälper kunder att maximalt utnyttja sina automations-lösningar.

LKI Källdman Ltd befinner sig i Bennäs, Lövö och Villmanstrand. Företaget har i dagsläget ca 150 anställda, varav ca 20 arbetar vid Lövö och 10 hos Camline Oy i Villmanstrand. Företagets omsättning 2013 var ca 24 miljoner euro. LKI exporterar ca 90 % av sin produktion, främst till Europa och Nordamerika.

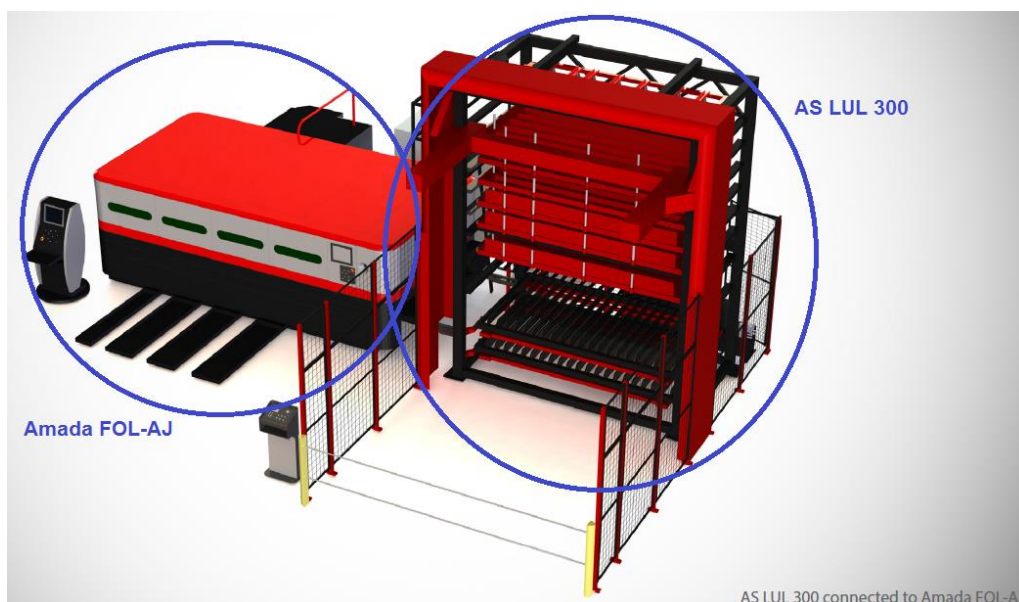


Figur 1. Översiktsbild av LKI Källdmans produktionshallar i Bennäs. (About us)

1.4.1 Produkter

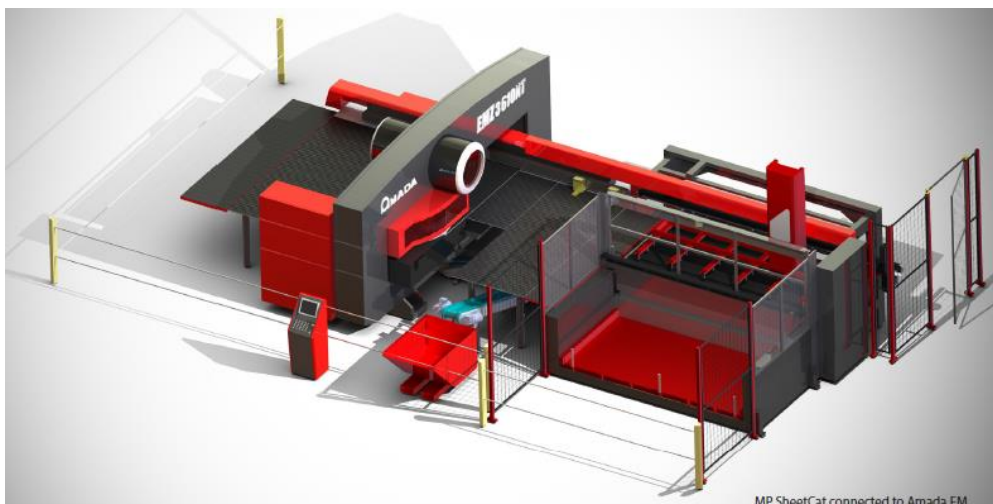
Här nedan presenteras några av LKI:s mest kända och sålda maskiner:

AS LUL 300, ett automatiskt lagersystem med in- och utmatningsfunktion av plåtar för olika typer av laserskärmaskiner. Lagret är konstruerat för att kunna lagra både råmaterial och färdigt skärt material i dess lager, helt automatiskt. Systemet klarar av att hantera material upp till 3000 kg, och dess materialvagnar kan anpassas enligt kundens behov. Systemet kan integreras med sju olika laserskärmaskiner av Amada. (AS LUL 300, 2015)



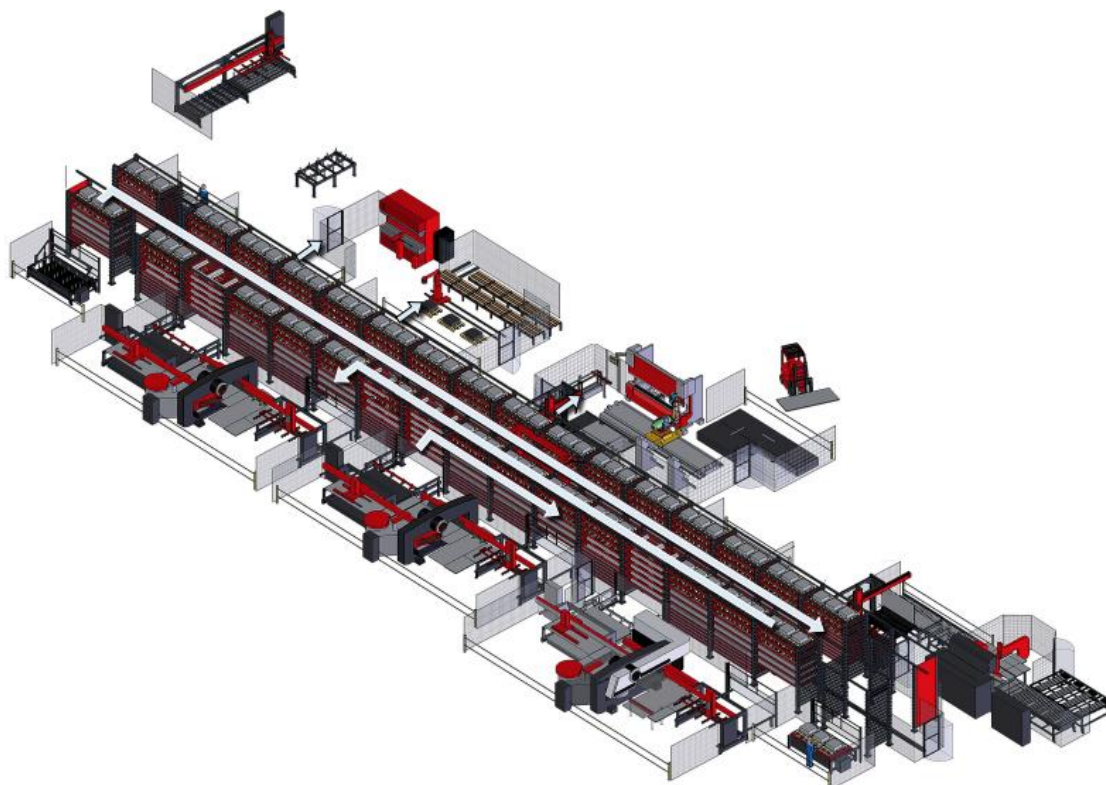
Figur 2. AS LUL 300 kopplat ihop med Amadas FOL-AJ laserskärmaskin.

MP SHEETCAT, ett kompakt obemannat in- och utmatningssystem för Amadas laserskärmaskiner samt stansmaskiner. Maskinen är utrustad med sugkoppar vilket gör att man kan använda olika sorters material, inklusive stål, aluminium, plaster osv. Som tillägsutrustning kan fås magneter som kan lyfta plåtar med många hål. Det finns två olika modeller av MP SheetCat, 2512 och 3015. Största skillnaden mellan modellerna är storleken. (MP SheetCat, 2015)



Figur 3. MP SheetCat integrerat med Amadas EM revolverstansmaskin.

CS II, ett kompakt lagersystem för FMS. Ett lager för lagring av material och produkter med minimalt utrymme. Till lagersystemet går att integrera olika typer av maskiner t.ex. böckningsmaskiner, stansmaskiner, lasermaskiner osv. Systemet klarar av materialhanteringen obemannat och systemet kan lätt expanderas vid behov. (CS II, 2013)



Figur 4. Exempel på ett CS II system integrerat med flera olika bearbetningsmaskiner.

1.5 Plåthanteringsmaskin

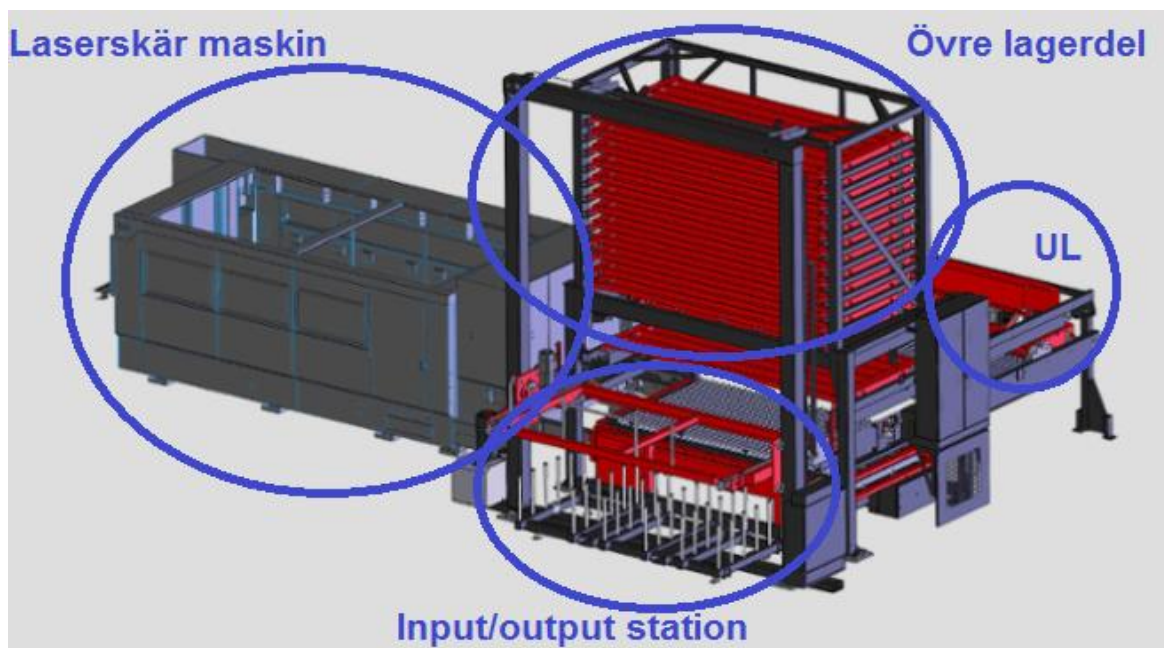
ASF 3015 EU är en ny produkt utvecklad av LKI Källdman. Den introducerades i början av 2015 och har sedan dess varit under full utveckling och förbättring. I nuläget monteras och testas maskinen i Lövö, men i framtiden är det tänkt att monteringen samt testningen skall ske också i Bennäs.

ASF-EU maskinens funktion är att automatiskt hantera in- samt utmatningen av plåtar till en Amadas FO-laserskär maskin. ASF-EU skall dessutom lagra både råmaterial och material som blivit skuret. Maskinen använder sig av sugkoppar för att greppa materialet som skall bearbetas och genom användningen av sugkoppar kan maskinen användas för material som t.ex. stål, aluminium, koppar och rostfritt stål. Nedan presenteras ytterligare funktioner som maskinen har:

- Lagret har hyllor för både råmaterial och för paletter med färdigt bearbetat material.
- En flexibel konfiguration av paletter medför att man kan använda dubbel eller singelhyllor.
- Maskinen är utrustad med både en plåtseparator med tryckluft samt en dubbelplåts detektor, för att förhindra att flera plåtar lyfts upp samtidigt.
- ASF-EU byter automatiskt skärpaletterna till och från FO-laserskärmaskinen.
- Genom att förbereda nästa plåt för bearbetning medan en annan bearbetas, förkortas stopptiden mellan bearbetningarna.
- De skurna plåtarna lyfts från skärpaletten, med hjälp av gafflar utrustade med rullkedjor, till en produktpalett som befinner sig på palettlyften.

I figur 5 kan man lättare se ASF 3015 EU:s maskindelar.

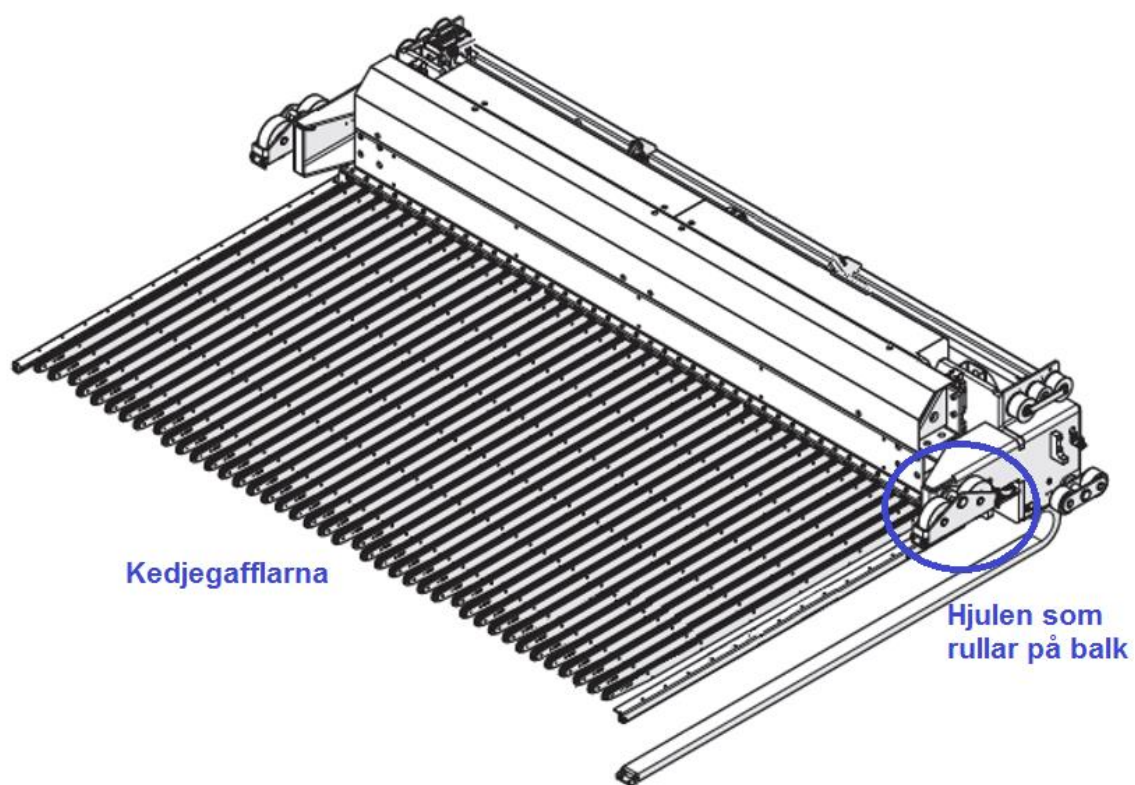
ASF 3015 EU maskinen har en input/output station vid framsidan, där man kan lasta in nytt material till maskinen t.ex. via truck eller travers. Maskinen klarar av plåtar med storleken 3070 x 1550 mm och max vikt på 920 kg. Paletterna, där råmaterial och färdigt bearbetade plåtar lagras, klarar av 3000 kg och, beroende på singel eller dubbelhylla, en max höjd av plåtar på 80 – 220 mm.



Figur 5. ASF 3015 EU kopplat till en laserskärningsmaskin.

Avlastningsenhetens funktion i maskinen är att ta bort färdigt skuret material från skärpaletten och stapla dem på en produktpalet som ligger vid palettlyften. Avlastningsenheten rullar på hjul, utefter en balk, och drivs av två tandremmar kopplad till en elmotor. Enhetens upp och ned rörelse åstadkoms med hjälp av en hydraulisk cylinder. Kedjegafflarna på avlastningsenheten ryms mellan skärpalettens plåthållare och genom att lyfta gafflarna, samtidigt som kedjorna drar plåten bak, kan enheten gå vidare till produktpaletten för vidare lagring, se figur 6. (ASF 3015 EU Operators Manual EN)

Eftersom ASF-EU maskinen är ny är också designen ny hos avlastningsenheten. Detta ställde till problem vid monteringen och testningen av UL och detta problem blev idén till mitt examensarbete.



Figur 6. Avlastningsenheten i ASF 3015 EU.

1.6 Disposition

Här nedan beskrivs det kort om vad de olika kapitlen i examensarbetet innehåller:

- Kapitel 1 behandlar inledningen av examensarbetet. I kapitlet beskrivs bakgrunden, syftet och avgränsningarna till examensarbetet. En kort företagsbeskrivning samt några av företagets produkter framkommer också i kapitlet.
- Kapitel 2 behandlar teorin som arbetet bygger på. I kapitlet beskrivs produktutvecklingsprocessen, arbetarskydd, ergonomi, val av material och tillverkningsmetoder mm.
- Kapitel 3 behandlar resultatet av examensarbetet. I kapitlet beskrivs hur examensarbetet har framskridit samt vilka val man gjort. Kapitlet innehåller rubriker som t.ex. problemområden, produktspecifikationerna, val av material mm.
- Kapitel 4 sammanfattar hela examensarbetet i en diskussion där man tar upp åsikter om resultatet samt eventuella problem som uppstått under arbetet.

1.7 Metod

Arbetet utgår ifrån att börja samla in data och annan nödvändig information som är viktigt för funktionen hos fixturerna. Informationen som samlas in kommer att behandlas och tas i beaktande i utformningen av produktspecifikationen och själva produkten. För att få fram konstruktionsidéer till de nya fixturerna undersöktes de existerande fixturerna. Genom personlig kontakt med både montörer och konstruktörer kunde dessutom aspekter såsom ergonomi och arbets säkerhet lättare tas i beaktande under planeringen av fixturerna. Hänsyn till standarder och eurokoder togs även i beaktande under examensarbetets gång.

Detaljerna ritades i CAD-programmet SolidWorks, som används som ritprogram vid LKI. Med hjälp av SolidWorks kunde sedan bearbetnings- och svetsritningar tillverkas för fixturerna. Även några simuleringar gjordes med CAD-programmet. Efter att fixturerna blivit färdigt monterade skall de testas och granskas före de är klara att användas. Allt detta skall dokumenteras och användningsmanualer för lyftfixturer skall tillverkas.

2 Teori

Teoridelen i mitt examensarbete tar upp de olika teorier som har använts under utförandet av examensarbetet. I teoridelen tas upp bl.a. om produktutveckling, olika standarder, arbetarskydd samt tillverkningsmetoder.

2.1 Produktutveckling

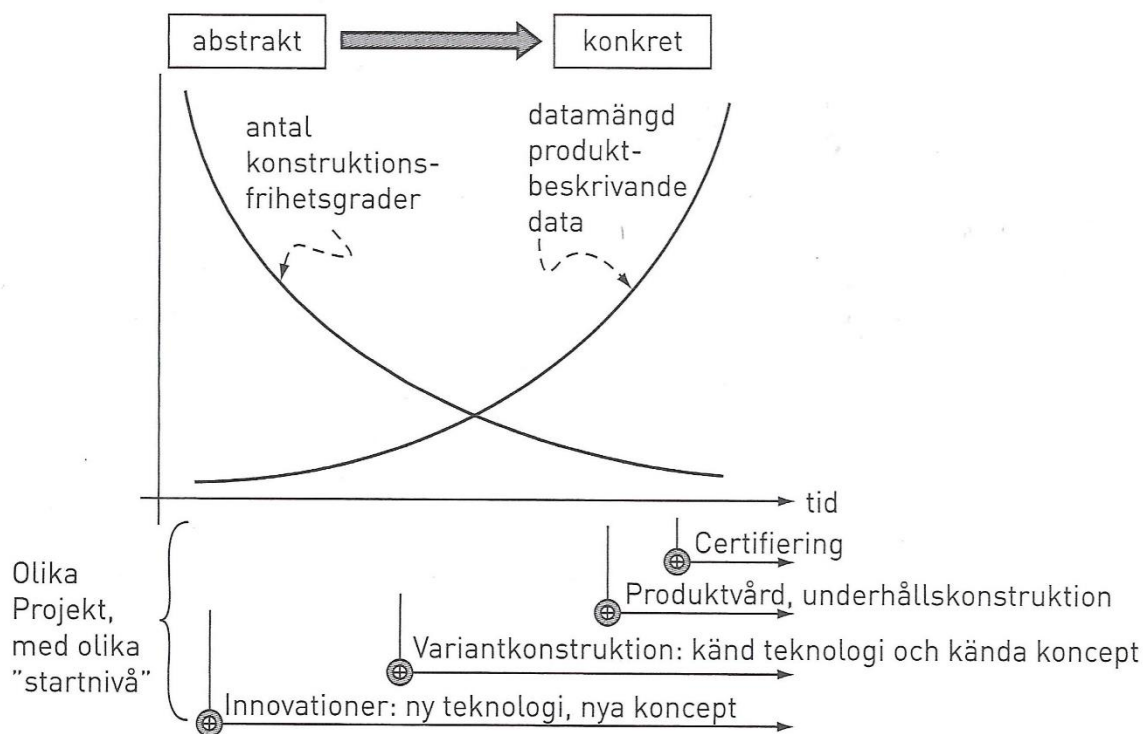
Dagens samhälle ställer allt högre krav på produkternas funktion och design. På utvecklingen av dessa krav sätts enorma summor pengar och den intensiva konkurrensen på globala marknaden är den drivande kraften för produktutvecklingen.

Begreppet produktutveckling är en gemensam beteckning för utveckling av olika slag av produkter med skiftande karaktär. Produkterna kan ha olika förutsättningar beträffande affärsområde, produktens komplexitet, innovationsnivån eller primär drivkraft. Gemensamt för varje ny produkt som skall utvecklas är att de har speciella kravbilder som ställs av vem som är produktens kund eller brukare, hur produkten är tänkt att fungera och användas, hur komplicerad och vad tillverkningskostnaderna blir för produkten samt hur det är tänkt att den skall vara positionerad på marknaden i förhållande till sina konkurrenter.

Primära drivkraften för företag att utveckla en produkt är naturligtvis att nå marknadsmässig framgång och genom detta tjäna pengar. Det som initierar produktutvecklingen kan dock variera, man skiljer på två olika sådana initierande drivkrafter: teknik (på engelska *technology push*), dvs. man ser nya tekniska möjligheter att nå framgång med nya produkter, och marknad (på engelska *market push*), dvs. man utgår från ett identifierat marknadsbehov som man tror man kan tillfredsställa framgångsrikt med en ny produkt.

Förutsättningarna för konstruktionsarbeten skiljer ju sig naturligtvis från fall till fall. Man brukar tala om ett slags *konstruktionsparadox*: Vid utvecklingsstadiets början har man först stor frihet, men man har inga data om produktens geometri. Detta medför att det blir svårt i

ett tidigt skede att diskutera om t.ex. produktionsmetoder pga. att det inte fastlagts något om produktens struktur, geometri, material och komponentval. Ifall konstruktionsprojektet baserar sig på kända koncept eller tidigare lösningar har man isåfall ett stort antal begränsningar i form av nationell/internationell standard, intern standard, egen produktionsutrustning, etablerad leverantörssamverkan med mera. I detta fall är friheten mycket begränsad medan man istället har mycket data om produkten. (Johannesson, Persson & Petterson, 2013, s. 23–27)



Figur 7. Den så kallade konstruktionsparadoxen och projekt med olika startlägen på skalan abstrakt → konkret. (Johannesson et.al., 2013, s. 27)

2.1.1 Produktspecifikation

Produktspecificering betyder att man sätter sig in i produktutvecklingsuppdraget och hämtar in erforderlig kompletterande data som saknas vid uppdragsbeskrivningen. Efter att data samlats in skall man upprätta en specifikation av vad som skall åstadkommas. Denna specifikation skall vara klar och tydlig så den ingående informationen kan användas som grund när man söker efter olika design- och konstruktionslösningar samt att informationen kan användas som referens vid utvärdering av åstadkomna produktlösningar.

Produktspecifikationen är en levande informationskälla som ständigt kan utvecklas och uppdateras under konstruktionsprocessen t.ex. när man fått tilläggsinformation eller vissa viktiga egenskaper till produkten tillkommit. Syften med produktspecifikationen är följande:

- Konkretisera problemformuleringen
- Säkerställa att hänsyn tas till alla intressenter, livcykelfaser och aspekter
- Ge alla engagerade i projektet en enhetlig syn på projektets mål
- Underlätta styrning av utvecklingsarbetet
- Stödja sökandet av lösningsalternativ och styra val av lösningar
- Ge beslutsunderlag för modifiering av kriterier.

Genom att göra en väl planerad/utarbetad produktspecifikation väntas man bidra till följande vinster:

- Kortare utvecklingstid tack vare tidigare och färre ändringar
- Minskade utvecklingskostnader
- Bättre kvalitet och därmed konkurrenskraftigare produkter
- Kunskapsöverföring till nästa produktgeneration.

Det finns även krav som bör ställas på en produktspecifikation och de är följande:

- *Komplett* – alla intressenter, livcykelfaser och aspekter ska beaktas
- Kriterierna ska formuleras *lösningsoberoende* och vara *entydiga*
- Kriterierna ska om möjligt vara *mät-/kontrollerbara*
- Specifikationen ska vara *icke-redundant*, dvs. varje kriterium ska vara unikt.

Genom att samla in data om produkten och veta vad den skall göra kan man göra upp olika checklistor, tabeller och matriser för att få en lättare specifikation av produkten. En typ av checklista är Olssons kriteriematris. I denna typ av matris är kriterieområden att beakta uppställda i form av en matris där raderna utgörs av produktens livcykelfaser och kolumnerna av intressenter/aspekter som ska beaktas i varje livcykelfas.

Tabell 1. Produktens livscykel och inverkan aspekter (efter Olsson).

Livscykel fas	Aspekter			
	Process	Miljö	Människa	Ekonomi
Alstring (Utveckling, konstruktion m.m.)	1,1	1,2	1,3	1,4
Framställning (Tillverkning, montering, kontroll, lagring m.m.)	2,1	2,2	2,3	2,4
Avyttring (Försäljning, distribution, m.m.)	3,1	3,2	3,3	3,4
Brukning (Installation, användning, underhåll m.m.)	4,1	4,2	4,3	4,4
Eliminering (Borttransport, återvinning, förstöring m.m.)	5,1	5,2	5,3	5,4

(Johannesson et.al., 2013, s. 156)

Efter att man gjort upp checklistan för sin produkt kan man börja göra den egentliga kriteriematrisen med checklistan som stöd. En bra produktspecifikation skall alltid innehålla en beskrivning av produktens huvuduppgift. För varje ruta i matrisen tar man sedan ställning till om den är relevant för specificeringen av den aktuella produkten. Om det antas vara relevant skrivs sedan de relevanta kriterierna som gäller för produkten i den aktuella rutan. För varje kriterium tar man ställning till om detta är ett *krav* (K), eller betraktas det som ett *önskemål* (Ö). Önskemålen viktas med vikt faktorer från ett till fem. Till slut tar man ställning till om kriteriet är *funktionellt* (F) eller om det är av typen *begränsning* (B). (Johannesson et.al., 2013, s. 150–159)

2.2 Standard

Standarder är olika lösningar som någon har jobbat fram för att lösa problem med återkommande karaktär. Standarderna nuförtiden reglerar det mesta vi har runtomkring oss, utan att vi ens tänker på det. Standarder används inom de flesta branscher som t.ex. byggnadsindustrin, elbranschen, sjukvården, miljön osv. och också inom metallindustrin. Genom att använda sig av standarder görs yrkeslivet och vardagen mer fungerande på smidigare och säkrare sätt. Ett exempel på standardisering är USB-uttagen på datorn eller telefonen. De är utformade så att de går att använda tillsammans med olika tillverkares sladdar och laddare, för att inte behöva ha tjugo olika sladdar. Det finns såklart nyare och äldre modeller av USB-uttag men de är alla utformade efter vissa standarder.

Det finns standarder som gäller endast nationellt, för ett visst land och det finns standarder som är godkända internationellt. Ett exempel på internationella standarder är ISO standarder. ISO (International Organization for Standardization) är ett globalt standardiseringsorgan och här i Europa är CEN, CENELEC och ETSI standardiseringsorganisationer som ansvarar för att standarder uppgörs. Olika länder kan, som sagts, ha egna nationella standardiseringsorganisationer och hos oss i Finland har vi en sådan organisation som heter SFS. De nationella organisationerna jobbar för medlemmarnas intressen i landet men ansvarar också för att nationella standarder uppgörs. I Sverige har man en motsvarighet till Finlands SFS, som heter SIS. Standarder finns och kan beställas från dessa organisationer på nätet mot betalning. (Vad är en standard? u.å.)

2.2.1 Eurokoder

Begreppet Eurokoder är en samling med olika standarder som innehåller beräkningsregler för bärverk till byggnader och anläggningar som tryckkärl och rörledningar. Det är obligatoriskt, från och med år 2011, att inom EU-länderna använda sig av Eurokoder när man konstruerar och dimensionerar bärande konstruktioner som byggnader, kranar, cisterner och rörledningar. Eurokoderna är numrerade från Eurokod 0 till Eurokod 9 där alla innehåller olika regler för dimensionering. Eurokod 0 betecknas också EN 1990, Eurokod 1 betecknas EN 1991 osv. Eurokoderna innehåller följande dimensioneringsprinciper:

- Eurokod 0 Grundläggande dimensioneringsregler
- Eurokod 1 Laster på bärverk
- Eurokod 2 Dimensionering av betongkonstruktioner
- Eurokod 3 Dimensionering av stålkonstruktioner
- Eurokod 4 Dimensionering av samverkanskonstruktioner stål/betong
- Eurokod 5 Dimensionering av träkonstruktioner
- Eurokod 6 Dimensionering av murverkskonstruktioner
- Eurokod 7 Dimensionering av geokonstruktioner
- Eurokod 8 Dimensionering av bärverk med hänsyn till jordbävning
- Eurokod 9 Dimensionering av aluminiumkonstruktioner.

För maskintekniska stålkonstruktioner skall man använda sig främst av följande Eurokoder: Eurokod 0, Eurokod 1 samt Eurokod 3. (Johannesson et.al., 2013, s. 378–379)

2.3 Arbetarskydd

Arbetarskyddet på arbetsplatsen skall ordnas av arbetsgivaren enligt lag. Med arbetarskyddet vill man förbättra både arbetsmiljön och arbetsförhållandena för arbetstagarna och därmed upprätthålla deras arbetsförmåga. Genom detta förebyggs och förhoppningsvis förhindras olycksfall i arbete, yrkessjukdomar och andra risker och olägenheter i arbetet för arbetstagarnas hälsa.

Som arbetsgivare är man skyldig att sörja för arbetarnas säkerhet och hälsa i arbetet genom att vidta nödvändiga åtgärder. Man skall iaktta följande principer för att förbättra arbetsförhållandena för arbetarna:

- Förhindra uppkomsten av risker och olägenheter
- Röja dessa risker och olägenheter ifall möjligt, annars ersätta det med mindre farligt eller skadligt
- Prioritera gemensamma arbetsskyddsåtgärder framför individriktade skyddsåtgärder
- Beakta teknikens utveckling och utvecklingen av andra tillgängliga metoder.

Utredningen och bedömningen av riskerna i arbetet är ett kontinuerligt arbete för arbetsgivaren. Man skall systematiskt reda ut och identifiera olägenheter och risker som berör arbetet, arbetslokalen och arbetsmiljön. Genom detta förbättras både arbetsmiljön samt arbetarnas motivation och hälsa.

Som arbetare är man också själv skyldig, enligt lag, att påverka arbetarskyddet. Man är skyldig att iaktta de föreskrifter och anvisningar som arbetsgivaren påpekar. Arbetstagaren skall iaktta ordning och renlighet samt omsorgsfullhet och försiktighet som arbetet och arbetsförhållandena förutsätter och därmed själv sörja för både sin egen som övriga arbetstagares säkerhet och hälsa. Ett exempel på detta är arbetstagarens skyldighet att

använda sådana skyddsutrustningar, både personliga och maskintekniska, som arbetsgivaren eller maskinen förutsätter för säkert arbete. (Arbetarskyddslag 23.8.2002/738, u.å.)

2.4 Ergonomi

Det finns många olika definitioner av ergonomi, var det huvudsakliga innehållet är samma. Ergonomi har definierats av bl.a. internationella arbetsorganisationen (ILO), internationella ergonomiföreningen (IEA) samt av standarden SFS-EN ISO 6385. Genom att föra samman dessa definitioner kan man sammanfatta ergonomin enligt följande:

Ergonomi undersöker människans, arbetens och teknikens interaktion och producerar data och metoder, och med hjälp av dessa anpassas system, uppgifter och miljöer enligt mänskliga behov, förmågor och egenskaper. Målet med ergonomi är människans säkerhet, hälsa och välbefinnande men också processens effektivitet, kvalitet och drift.

Principerna för ergonomi är att undersöka arbetssituationen som en funktionell helhet. Till faktorer som belastning på arbetaren, arbetets effektivitet, fel och olyckor påverkas av både arbetstagarens egenskaper och andra faktorer som t.ex. arbetsuppgifter, arbetsredskap, arbetsarrangemangen och arbetsmiljön. Vid bedömningen av arbetsredskapens användning räcker det inte att ta endast en faktor i beaktande. (Launis & Lehtelä, 2006, s. 12)

Vid planerings- och anskaffningsprocessens olika skeden kan det vara nödvändigt att analysera, jämföra och testa hur belastande, lättanvända och hur passliga lösningarna är till uppdraget. Till hjälp för detta kan man t.ex. använda följande medel:

- Gå igenom alla skeden vid användningen: Analysera arbetsverktygets användning, användningsposition, hur bra informationen upptäckts och förstås.
- Analysera arbetsprestationens framgång: Bedöma hur effektivt, problemfritt, och exakt man når det önskade målet med arbetsredskapet.
- Bedömning av användarna: Man frågar hur dom upplever redskapet, t.ex. hur lätt och problemfritt redskapet är att använda och hur mycket det påfrestar kroppen.
- Beskriver, mäter och bedömer användarnas verksamhet: Man observerar under användningen olika positioner och rörelser, mäter olika skedens varaktighet och frekvens samt bedömer helheten.

Under bedömningen och testningen bör förhållandena vara likadana som förhållandena är när redskapet är i användning. (Launis & Lehtelä, 2006, s. 17)

En passlig arbetshöjd är beroende på arbetsställningen samt på kraven av arbetsrörelserna och synen. Mål som kräver bra syn placeras normalt högre medan mål som kräver mycket kraft placeras lägre. En passlig arbetshöjd är inte alltid samma som en passlig arbetsyta.

Följande rekommendationer berör huvudsakligen arbetsytans höjd.

- I sittande arbeten: 540 – 740 mm.
- I stående arbeten: 990 – 1200 mm.

Rekommendationerna baserar sig på armbågshöjden vid normal arbetssituation för personer som har en längd på ca 180 cm. (Launis & Lehtelä, 2006, s. 38).

2.5 Val av material

Val av material är en fråga som konstruktören ställs inför när man planerar och konstruerar detaljer, maskiner och dylikt. Alla material har olika egenskaper och på basis av detta är man tvungen att välja ett lämpligt material till ens eget behov. Vissa material uppnår alla krav som ställs men t.ex. på grund av för högt pris måste man bortse dessa material.

I dagens metallindustri är det fortfarande stålet som är det mest använda materialet. Man håller ständigt på att forska och utveckla nya bättre och höghållfastare stål samtidigt som användningen av aluminium och andra legeringar ökar. Stålet är ett mycket lämpligt material för tillverkning av byggnader och andra komplexa projekt. Det är eftertraktat pga. dess egenskaper som är bl.a. hållfasthet och slagseghet även vid låga temperaturer, skärbarhet, möjlighet till kantning, svetsbarhet, möjlighet till försinkning, planhet och ytans kvalitet. (Lepola & Makkonen, 2004, s. 322–325)

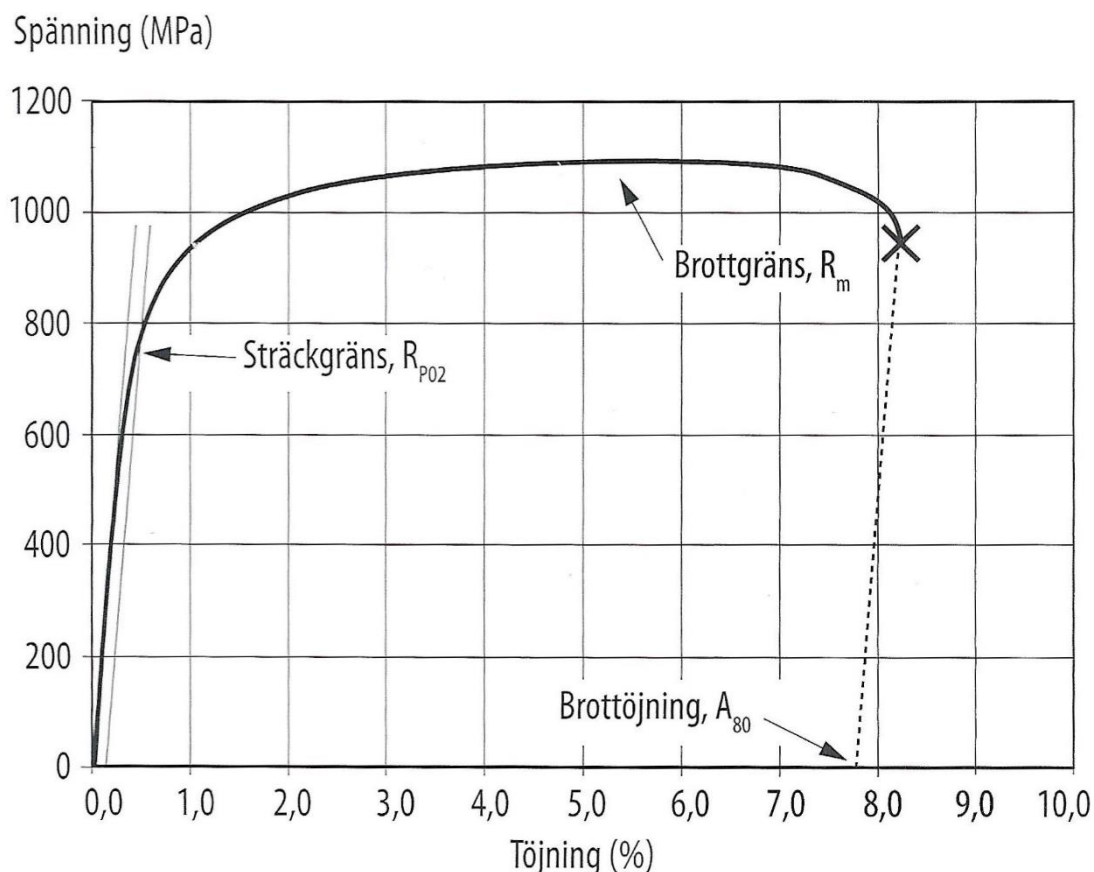
2.5.1 Materialegenskaper

Hållfasthet

Under en viss belastningsgräns beter sig materialet elastiskt dvs. materialet drar sig tillbaka till sin ursprungliga form efter att man tagit bort belastningen. Relationen mellan spänning och töjning är i detta område typiskt linjärt och bestäms med hjälp av materialets elasticitetsmodul, E-modulen. E-modulen för stål, i regel lika för alla stålsorter, är ungefär 210 GPa.

Går man över gränsen där materialet är elastiskt, dvs. lägger på en belastning som är större än den tillåtna för elastiska området, börjar materialet flyta och deformationen efter avbelastningen blir bestående. Relationen mellan spänning och töjning i detta område blir olinjärt. Spänningen där flytningen startar kallas sträckgränsen, betecknas R_{eH} för material med tydligt flytområde och R_{p02} för material utan tydligt flytområde.

Om man fortsätter att lägga på spänning efter sträckgränsen motstår stålet i regel en ökad belastning och stålet deformationshärdar. Spänningen når sedan en maximal nivå varpå dragrovsstaven utformar midjebildning. Denna maximala nivå kallas materialets brottgräns och betecknas med R_m . Trots att maximalnivån uppnås går materialet inte sönder vid denna nivå, utan en midja bildas på provstaven och deformationen sker nu lokalt i området. Detta medför att den globala lasten avtar vid fortsatt belastning och till slut sker det riktiga brottet av staven. (SSAB, 2011, s. 2:4–2:6)



Figur 8. Exempel på spännings/töjningsdiagram för höghållfasthetsstål DOCOL 1000DP. Notera att stålet saknar tydligt flytområde. (SSAB, 2011, s. 2:4)

Seghet

Seghet hos materialet berättar om hur bra materialet motstår sprödbrott. Sprödbrott innebär brott som sker momentant utan förvarning under försumbar plastisk deformation. Ett material med hög seghet motstår sprödbrott bättre än material med låg seghet. Duktigt brott, med plastisk deformation och betydligt lägre utbredningshastighet, är motsatsen till sprödbrott.

Risken för sprödbrott är högt beroende av belastningens storlek, användningstemperaturen samt tjockleken på materialet. Risken för att få sprödbrott ökar med spänningsnivån i konstruktionen, låga temperaturer och en hög grad av treaxligt spänningstillstånd.

Ett mått på materialets seghet fås genom slagseghetsprov, eller rättare sagt *Charpy-V prov* som skall utföras enligt standarden EN 10.045. (SSAB, 2011, s. 2:6)

Svetsbarhet

Svetsbarheten berättar hur bra stålet är lämpat för svetsning utan att behöva göra omfattande förbehandling. Svetsbarheten försämras med högre kolhalt och legeringsinnehåll, vilket i sin tur innebär att stål som har högre hållfasthet eller slitstyrka har sämre svetsbarhet. Specialstål kan indelas i två grupper: Dels allmänna konstruktionsstål, vilka har god svetsbarhet tack vare låga halter av kol (C) och högre halter mangan (Mn). Dels stål anpassade för värmebehandling, t.ex. legerade seghärtningsstål, som förutom höga halter av kol även innehåller legeringsämnen som krom (Cr), nickel (Ni) och molybden (Mo), alla dessa påverkar svetsbarheten negativt. (Materialegenskaper, u.å.)

Det finns ett sätt att mäta svetsbarheten hos materialet. Detta kan bestämmas med hjälp av stålets kolekvivalent (CEV) enligt följande formel:

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cr + Mo + V)}{5} + \frac{(Ni + Cu)}{15} \quad (1)$$

Formel för beräkningen av CEV. Svetsbarheten anses vara god om $CEV < 0,45$. (Materialegenskaper, u.å.)

2.5.2 Stål

Stål är i dagsläget dominerande som material inom metallindustrin och som konstruktionsmaterial, tack vare dess goda mekaniska egenskaper, goda formnings- samt fogningsmöjligheter och lågt pris. Dessutom är stålet lätt att återvinna genom omsmältning av metallen.

Stål är en benämning på en legering som består av järn och högst ca 2 procent kol samt mindre mängder av andra grundämnen. För ett olegerat stål ökar dess hårdhet, sträckgräns och brottgräns med kolhalten. Kolhaltens ökning bidrar dock till att materialet blir sprödare.

För att entydigt definiera ett material, för oss här i Europa, har man namngett dom med både standardbeteckning och materialbeteckning. Stålen betecknar man med två system, stålnamn eller stålnummer. Stålnamnen är dessutom indelade i två olika grupper:

- Grupp 1, baserade på användningsområde och egenskaper
- Grupp 2, baserade på kemisk sammansättning.

Det kan också finnas tilläggsbeteckningar som komplement till stålnamnen. Eftersom t.ex. konstruktörer är i första hand intresserade av stålets mekaniska egenskaper så brukar man använda den första gruppens namnbeteckning på stålen.

Låt oss ta ett exempel på ett stålnamn baserat på användningsområde och egenskaper:

SS-EN 10 025-2 S355JR

Tabell 2. Olika beteckningar på stål.

Standardbeteckning	Stålnamn
SS-EN 10 025-2	S355JR

I stålnamnet står S bokstaven för användningsområde, i detta fall S = konstruktionsstål. Nummervärdet 355 anger stålets minsta sträckgräns i MPa, när materialtjockleken är mindre eller lika med 16 mm. JR beteckningen står för slagseghetsegenskaperna (och svetsbarheten), i detta fall JR = 27 Joule vid 20 °C. (Eriksson & Karlsson, 2006, s. 244)

2.6 Tillverkningsmetoder

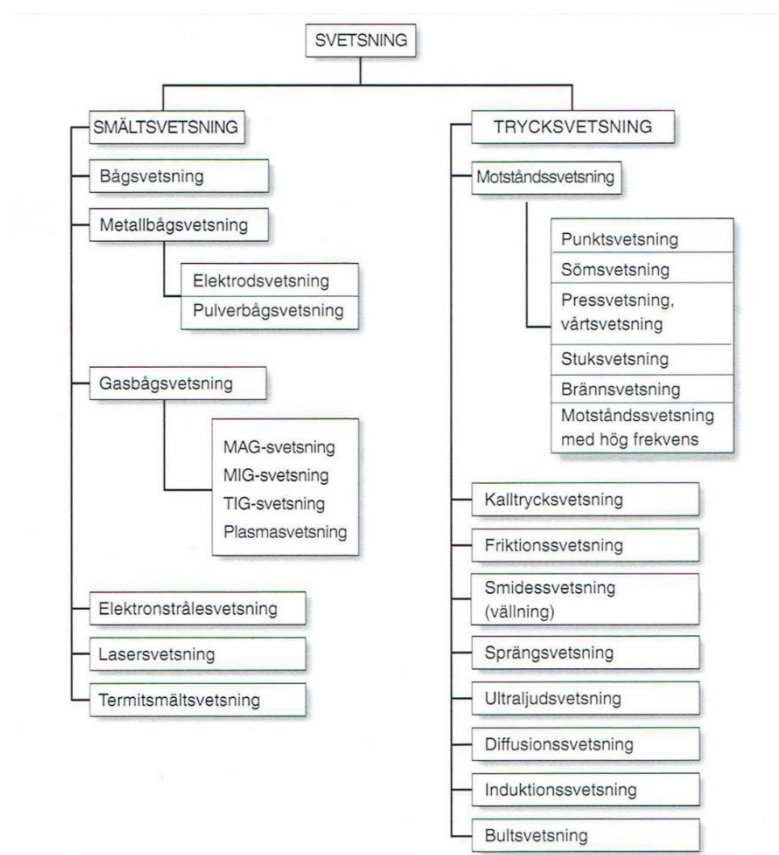
2.6.1 Svetsning

Svetsning är en form av fogningsteknik. Vid svetsning uppvärms förbandspunkterna, som skall svetsas, upp till smälttemperaturen. När smälttemperaturen uppnåtts smälter ytorna samman utan behov av hopprensning. Energin som behövs för att få metallerna att smälta kan komma från en elektrisk båge, en gasflamma, en laser, en elektronstråle, friktion, ultraljud eller högt tryck. Svetsning kan göras med eller utan tillsatsämnen, och idag är det möjligt att utföra svetsningen t.o.m. under vatten eller i rymden.

Svetsning brukar indelas i två huvudgrupper:

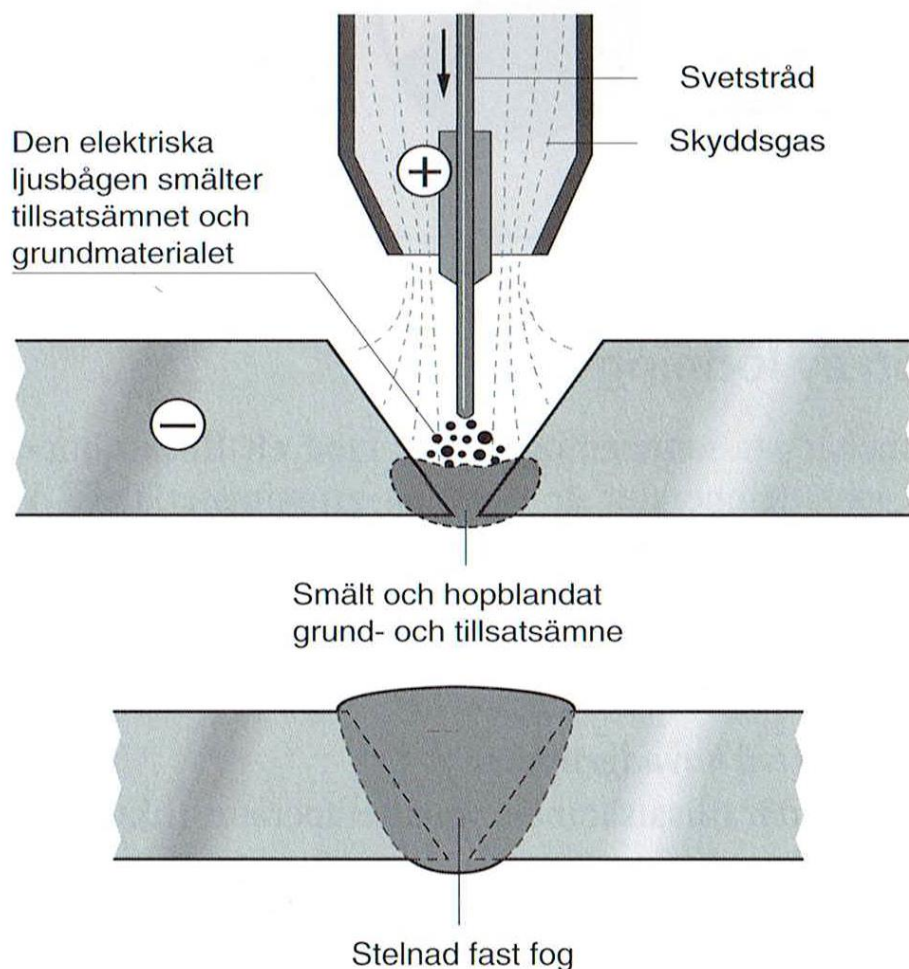
- Smältsvetsning
- Trycksvetsning

Under dessa huvudgrupper finns ett antal olika svetsprocesser, här nedan presenteras schemat över processerna.



Figur 9. Svetsprocesser. (Lepola & Makkonen, 2004)

I underprocessen gasbågsvetsning finns de vanligaste förekommande svetsmetoderna i dagens verkstäder.



Figur 10. Principen hos svetsning. (Lepola & Makkonen, 2004)

Utrymmet som för svetsning tillverkats mellan delarna och där svetsningen skall göras kallas fog. Fogen tillverkas före svetsningen påbörjas och ytan runt fogen skall dessutom avlägsnas från smuts och olja. Det finns många typer av fogformer och på valet av fogformen inverkar bl.a. förbandets form, materialtjockleken på de delar som skall svetsas ihop, konstruktionskrav samt svetsmetod. Vanligaste fogar som förekommer är I-fog, V-fog, 1/2 V-fog, kälffog och flänsfog. För att underlätta arbetet för svetsaren har man ett standardiserat system på måttsättningen av fogar på ritningar. (Lepola & Makkonen, 2004, s. 11–30)

Eftersom man använder sig av mycket höga temperaturer vid svetsning kan det uppstå defekter i materialet efter att svetsningen slutförts. Dessa defekter kan utgöra anvisningar som då leder till att man får lokala spänningskoncentrationer i materialet under belastning.

Spänningskoncentrationer i sig leder till försämrade hållfasthet och kortare livslängd för detaljen. Vissa detaljer kan kräva efterglödning för att få bort spänningar ur materialet efter svetsning, därmed t.ex. minska på böjningen av föremålet som uppträder efter svetsning.

I svetsförband kan det också uppstå olika typer av sprickor i samband med svetsningen, och dessa sprickor beror vanligen på stålets och/eller tillsatsmaterialets kemiska sammansättning. Dessa svetsdefekter kan t.ex. vara varmsprickor, kallsprickor etc. medan defekter som t.ex. bindfel och slagginneslutning uppstår till följd av att svetsproceduren är olämplig. (SSAB, 2011, s. 6:24–6:28)

2.6.1.1 MIG/MAG-svetsning

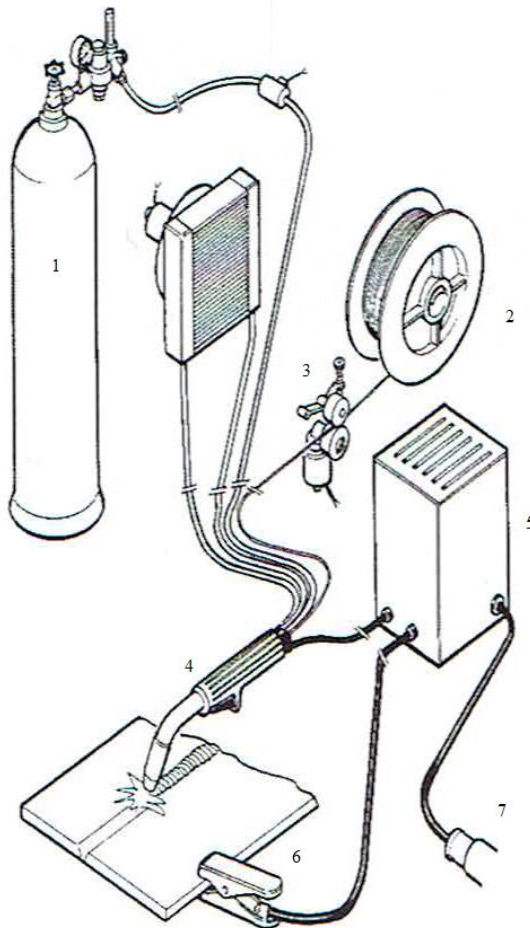
MIG/MAG-svetsning är den allra vanligaste svetsmetoden i dagens industri. Den används på grund av att den är en relativt lätt svetsmetod samt att den har hög produktivitet. Funktionen hos MIG/MAG svetsningen är den samma, det är endast skyddsgasen som skiljer metoderna åt. Vid MIG-svetsning används en passiv gas, på engelska kallad inert gas, som skyddsgas och gasen består endera av argon eller en blandning mellan argon och helium. Däremot vid MAG-svetsning används en aktiv gas bestående av argon med en inblandning av koldioxid.

Vid MIG/MAG-svetsning matas en metalltråd fram enligt önskad fart och sedan smältas den av i en ljusbåge vid ändan av svetspistolen. Ljusbågen, som får sin energi från en strömkälla som genererar likström, skyddas av skyddsgasen under svetsningen.

Svetsparametrar som styr svetsprocessen hos MIG/MAG-svetsning innefattar bland annat:

- Spänningen
- Trådmatningshastighet
- Induktans
- Skyddsgas
- Framföringshastighet
- Pistollutning
- Elektrodstick

Genom att reglera dessa parametrar når man det bästa svetsresultatet. De tre första parametrarna kan man vanligen ställa vid strömkällan. Dessa parametrars inställningar beror på grundmaterial, typ av svetsfog, godstjocklek, tillsatsämne och skyddsgas. (MIG/MAG-svetsning, u.å.)



1. Skyddsgasflaska
2. Trådrulle
3. Trådmatning
4. Svetspistol
5. Strömkälla
6. Jord
7. Kraftuttag

MIG/MAG-svetsningens princip.

Figur 11. En enkel funktionsbeskrivande bild på en MIG/MAG-svets. (Lepola & Makkonen, 2004)

2.6.2 Montering

Montering innebär att plocka ihop olika delar till t.ex. en maskin. Till hjälp vid monteringsarbeten brukar man ha en monteringsanvisning eller ritning där det kan stå viktig information som t.ex. åtdragningsmoment för skruvförband eller om skruvförband skall limmas. Monteringsarbetet, som oftast utförs av personer inriktade på montering (s.k. montörer), är oftast det andra sista skedet för en produkt i produktionsprocessen. Efter montering kommer oftast testning och packning av produkten.

Monteringsarbeten kan antingen göras manuellt eller med robotar. I t.ex. bilindustrin är det vanligt att ha robotar som utför monteringsarbetet. Genom att använda sig av monteringsrobotar förkortas tiden för monteringsarbetet och robotar klarar av att lyfta mycket tunga saker. Vid manuell montering krävs det fler hjälpanordningar som hjälper arbetet. Ett exempel på hjälpanordningar är en travers som används som lyfthjälpmiddel.

Vid manuella monteringsarbeten har man vanligtvis olika fixturer som hjälp, t.ex. för att hålla upp tunga föremål. Det vill säga fixturerna underlättar arbetet för montörer. Fixturerna skall vara planerade så att monteringsarbetet kan utföras ergonomiskt och säkert när fixturerna används.

3 Resultatet

I detta kapitel redogörs hur examensarbetet framskred samt vilka metoder som användes vid utformningen av fixturen. Produktspecifikationerna för fixturer, materialval, svetsmetod framkommer i kapitlet. Till slut presenteras det slutgiltiga konceptet på fixturerna.

3.1 Problemområden

Problemet, dvs. bakgrunden till examensarbetet, uppkommer när man vid slutmonteringen i Lövä skall montera ihop avlastningsenheten till ASF 3015 EU plåthanteringsmaskinen. Den nya maskinen har en annorlunda UL än de föregående maskinerna, som t.ex. MP-F, och då man skall montera ihop UL så uppstår det problem. Man får inte monterat de nödvändiga delarna vid monteringspunkten, utan man är tvungen att lyfta den halvfärdigt monterade UL till maskinen och där sedan montera de sista delarna på den. Dessutom uppstår det faromoment när man utför lyftandet pga. att det inte finns någon användbar fixtur eller liknande, se figur 13. Genom att planera och tillverka fixturer för att tackla dessa problem skulle monteringsarbetet kunna utföras snabbare och säkrare.

I nuläget när man monterar t.ex. en MP-F UL så använder man först en fixtur som är fastbultad i golvet. Där monteras drivaxeln till kedjehjulen i stommen av UL. Efter att en hel del olika detaljer blivit monterade lyfts UL bort från denna fixtur och förs sedan över till en annan fixtur där resten av delarna kan monteras. Själva stommen i UL är samma för både MP-F och ASF EU maskinen så den första fixturen går att använda för båda maskinernas UL. Det är sen som man kommer till problemet, vid monteringen av UL till ASF EU maskinen, när man skall montera sidorna där hjulen, som rullar på balken i maskinen, är fästa. Då går det inte längre att ha fast UL i den första fixturen som är bultad i golvet, se figur 12.

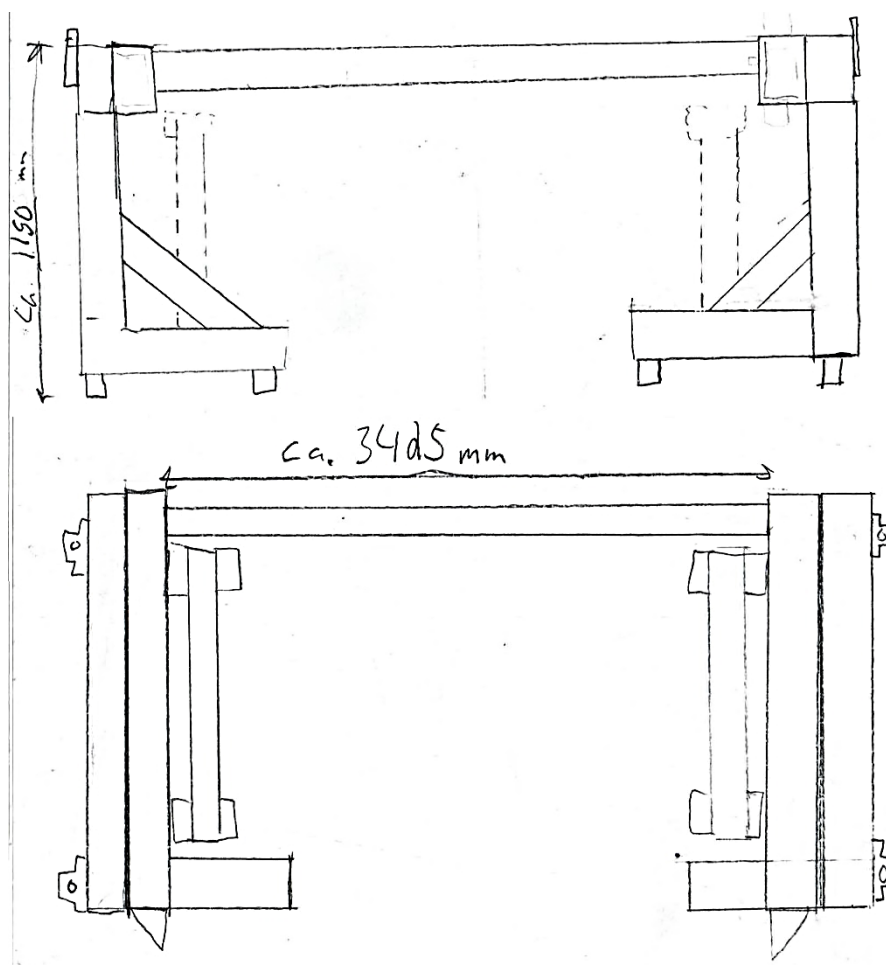


Figur 12. Avlastningsenheten flyttad till bockar och vagn med lastpallar för att kunna fortsätta med monteringsarbetet.



Figur 13. Avlastningsenheten när den är lyft och är på väg mot ASF EU maskinen. Farliga moment uppstår i samband med lyftet och dessutom är avlastningsenheten ej färdigmonterad.

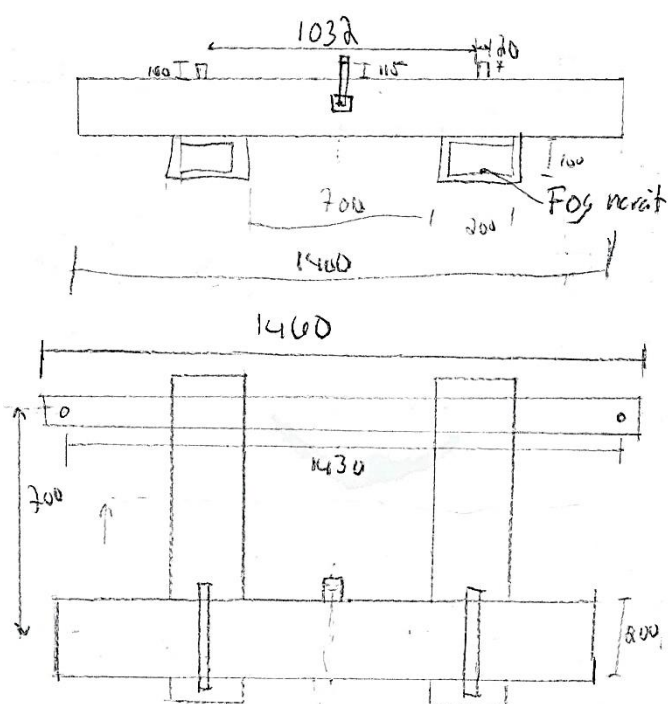
Monterings- och testningsfixturens skulle bestå av en stomme med löstagbara ändor. Mellan ändorna skulle finnas en löstagbar balk. På änddelarna av monterings- och testningsfixturen skulle det finnas en likadan balk som UL ligger på i själva plåthanteringsmaskinen. På änddelarna skulle det även kunna delmonteras detaljer till UL och sedan skulle ändorna kopplas ihop av balken mellan dem och sedan skulle hela monterings- och testningsfixturen föras över den ursprungliga fastbultade fixturen. Då skulle de olika monterade delarna till UL paras ihop och UL kunde lossas från fastbultade fixturen. Sedan kan man montera färdigt hela UL och föra den emot ASF-EU maskinen stomme med travers. I balkarna på ändan av monterings- och testningsfixturen skulle det finnas styrningar som går in i plåthanteringsmaskinens stomme så att man får ungefär samma höjd för att kunna knuffa över UL till maskinen. Under tiden man knuffar över UL skulle monterings- och testningsfixturen fastspännas i plåthanteringsmaskinens stomme så att fixturen inte slipper att röra sig, se figur 25. I figur 14 visas en handritad skiss över den tänkta monterings- och testningsfixturen där de streckade linjerna föreställer den första fastbultade fixturen.



Figur 14. En enkel handritad modellskiss på monterings- och testningsfixturen.

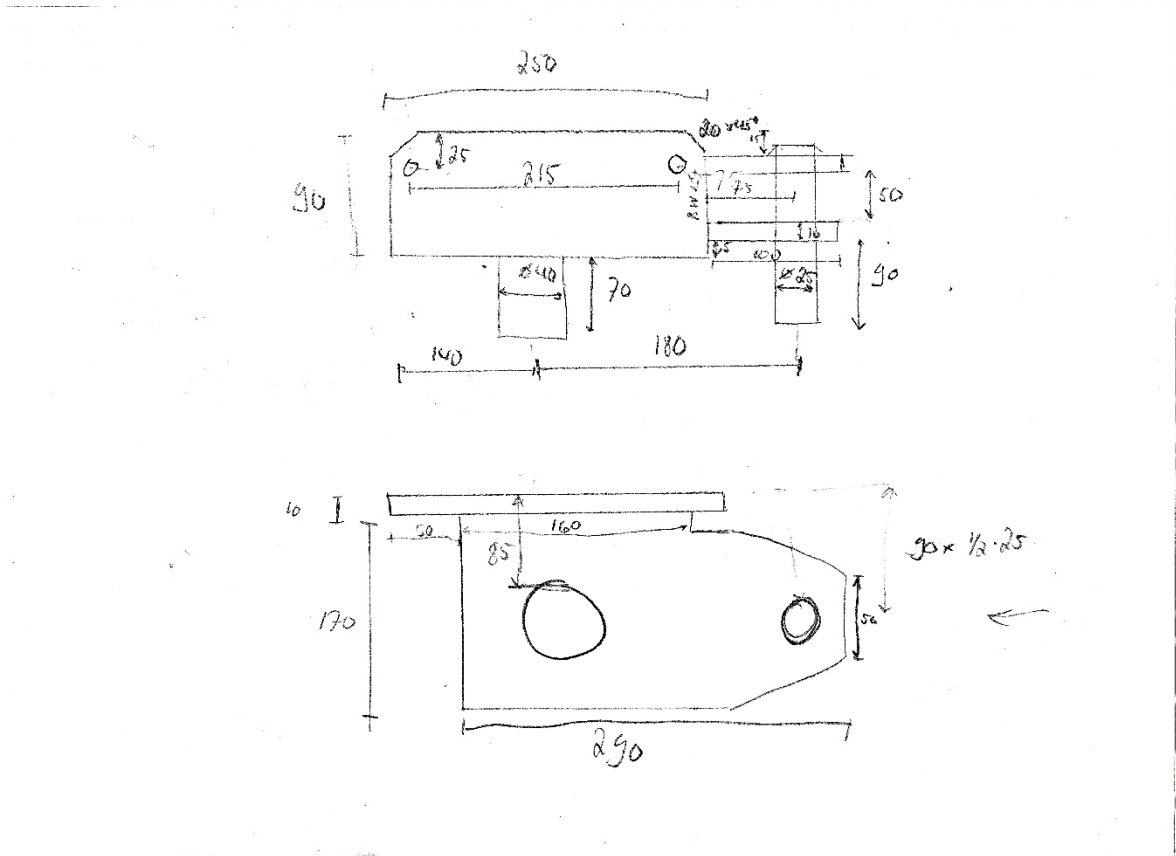
Redan i ett tidigt skede fastställdes det att det kommer att vara smidigast att tillverka två olika fixturer, en för montering och testning samt en för lyftning med truck.

Idén till lyftfixturen kom bl.a. från andra lyftfixturer som används vid LKI. Min version blev dock modifierad enligt de krav som ställdes från produktspecifikationen. Dessutom togs olika truckgaffelmått i beaktande vid planeringen av fixturen. Tanken var ju att UL skulle kunna lyftas med lyftfixturen, med truckar både vid Bennäs och Lövä. Dessutom skulle lyftfixturen kunna vara fast i UL under transport i lastbil mellan LKI monteringshallar. I figur 15 presenteras en snabbritad principskiss på den tänkta lyftfixturen.



Figur 15. Lyftfixturen.

Därtill tillverkades en modifierad version av en fixtur som håller fast stommen av UL i den fastbultade fixturen. Eftersom stommen är fastbultad i båda ändorna tillverkades två stycken av dessa figurer dvs. en som är spegelvänd. De utformades enligt de föregående men en del av den måste tas bort så att man får bort fixturen när man för över UL till själva monterings- och testningsfixturen. Den del som blev borttagen tog förr upp en del av tyngden på stommen så i mitt fall ligger tyngden endast på fyra stycken M8 bultar. I figur 16 kan man se en handritad skiss på den modifierade lilla fixturen.



Figur 16. En enkel handritad skiss.

Med tanke på kraften som uppstår på bultarna beräknades den maximala kraften en M8 bult klarar av utan att töjas. Beräkningar gjordes på en 8.8 bult, fastän man vanligtvis använder 12.9 bultar vid LKI, detta bara pga. säkerhet vid användning. Resultaten från beräkningarna var följande:

- Säkerhetsfaktor mot permanent förlängning blev 7,3
- Åtdragningsmoment för skruvförbandet blev 24 N*m

Beräkningarna och resultaten kan ses i bilaga 1.

3.2 Produktspecifikation för fixturer

För att få fram en tillräckligt bra produktspecifikation krävdes det att man samlade in en hel del nödvändig data till fixturerna. Detta fick man genom personlig kontakt med montörer, konstruktörer samt andra personer involverade i UL:s monteringsproblem. Många faktorer i produktspecifikationen fick man från själva informationen av UL som t.ex. från dess egenvikt. Produktspecifikationerna utformades enligt Olssons kriteriematris. Här nedan presenteras produktspecifikationerna för både monterings- och testningsfixturen samt för lyftfixturen.

Tabell 3. Produktspecifikationen för monterings- och testningsfixturen.

Kriterie nr	Cell	Kriterium	Krav= K Önskemål=Ö	Funktion=F Begränsning=B
1	1.1	Godkänd enligt ISO anvisningar	K	B
2	1.1	Hållfasthetsberäkningar enligt ISO anvisningar	K	B
3	1.4	Fixturerna skall vara enkla och billiga att tillverka	K	F
4	2.1	Tillverkning = Kapning, bearbetning, svetsning, målning och montering	K	B
5	2.3	Låg vikt på fixturen	Ö	B
6	2.4	Låga tillverkningskostnader	Ö	B
7	4.1	Avlastningsenheten och fixturen skall kunna fastlåsas under transport	K	F
8	4.1	Avlastningsenheten skall kunna testas på monterings/testnings fixturen	K	F
9	4.1	Delmontering skall kunna utföras på fixturen	K	F
10	4.1	Fixturerna skall kunna lyftas med travers eller truck	K	F
11	4.1	Fixturerna skall ta så lite plats som möjligt	Ö	B
12	4.2	Monterings/testningsfixturen skall klara av maxlast på 3200 kg	K	B
13	4.2	Monterings/testningsfixturen måste lyftas när UL knuffas över	Ö	F
14	4.3	Monteringsarbeten vid och transporten av fixturer skall kunna göras säkert	K	F
15	4.3	Ergonomisk arbetsställning vid monteringsarbeten på avlastningsenheten	K	B
16	4.4	Livslängd på minst 10 år	Ö	B
17	5.1	Lätt att demontera och byta reservdelar	Ö	B
18	5.2	Återvinningsbar till 100%	Ö	B

Tabell 4. Produktspecifikationen för lyftfixturen.

Kriterie nr	Cell	Kriterium	Krav= K Önskemål=Ö	Funktion=F Begränsning=B
1	1.1	Fixturen skall vara godkänd enligt ISO anvisningar	K	B
2	1.1	Hållfasthetsberäkningar enligt ISO anvisningar	K	B
3	1.4	Fixturen skall vara enkla och billiga att tillverka	K	B
4	2.1	Tillverkning = Kapning, bearbetning, svetsning, målning och montering	K	B
5	2.3	Låg vikt på fixturen	Ö	B
6	2.4	Låga tillverkningskostnader	Ö	B
7	4.1	Fixturen skall ta så lite plats som möjligt	Ö	B
8	4.1	Lyftfixturen skall kunna fastlåsas i avlastningsenheten	K	F
9	4.2	Lyftfixturen skall ha en medföljande användarmanual	K	F
10	4.2	Lyftfixturen skall klara av maxlast på 3200 kg	K	F
11	4.3	Lyftfixturen skall kunna användas säkert med tanke på arbets säkerheten	K	F
12	4.4	Livslängd på minst 10 år	Ö	B
13	5.2	Återvinningsbar till 100%	Ö	B

3.3 Val av material och svetsmetod

Materialvalet till fixturerna var en viktig aspekt att tänka på vid planeringen. Materialet som väljs skall ha flera nödvändiga egenskaper för att fylla kraven från produktspecifikationen. Eftersom mina tänkta fixturer skall utformas med hjälp av svetsning, bör materialet ha god svetsbarhet. Dessutom skall materialparametrar som sträckgräns, brottgräns samt seghet tas i beaktande.

Vid LKI använder man sig mest av materialet S355J2 vid tillverkningen av olika maskiner och dylikt. S355J2 är ett konstruktionsstål med tillfredsställande svetsbarhet samt hög hållfasthet. S355 är ett vanligt konstruktionsmaterial inom verkstäder. Jag valde detta material pga. att detta material uppfyller alla de krav som ställs och dessutom har LKI detta material i lager. S355J2 har följande egenskaper (vid materialtjocklek under 16 mm):

Tabell 5. S355J2 stålets egenskaper.

S355J2	Sträckgräns (MPa)	Brottgräns (MPa)	Slagseghet (J vid -20°C)
S = konstruktionsstål	355	510 - 630	27

(Valtanen, 2012, s. 1134–1137)

S355J2 kemiska uppsättning är följande (vid materialtjocklek under 16 mm):

Tabell 6. S355J2 stålets kemiska uppsättning.

C max (%)	Si max (%)	Mn max (%)	P max (%)	S max (%)	N max (%)	Cu max (%)
0,200	0,550	1,600	0,025	0,025	-	0,55

(Valtanen, 2012, s. 1138)

Stålets CEV (kolekvivalent) beräknas enligt formel (1):

För stålet S355J2 blir då CEV följande:

$$CEV = 0,2 + (1,6/6) \approx 0,47$$

CEV blir i detta fall ca 0,47 vilket tyder på att svetsbarheten är tillfredsställande för stålet.

Svetsbarheten ansågs vara god om CEV var < 0,45.

Val av svetsmetod

Som svetsmetod för hopfogningen av detaljerna för mina fixturer valdes MIG/MAG-svetsning. Detta pga. att det är den vanligaste svetsmetoden för verkstäder och följaktligen också för LKI.

Med MIG/MAG-svetsning kan man alltså svetsa alla vanligt förekommande konstruktionsmaterial, med plåttjocklekar från 0,5 mm och uppåt. Det är en relativt enkel samt snabb svetsmetod. Dessutom lämpar sig MIG/MAG-svetsning till konstruktionsstålet S355 mycket bra.

3.4 Ergonomi

Ergonomin togs hela tiden i beaktandet under planeringen av monterings- och testningsfixturen. Både personlig kontakt med montörer samt inslag från *Ergonomiaopas* var bestämmande när höjden på monterings- och testningsfixturen planerades. Dessutom kom det krav från produktspecifikationen på höjden av fixturen.

När man monterar sidorna av UL på monterings- och testningsfixturen blir då max arbetshöjd vid monteringen ca 1400 mm, vilket är relativt högt enligt *Ergonomiaopas*. Men eftersom man monterar endast ett fåtal detaljer vid denna höjd är det acceptabelt. Resten av detaljerna på ändarna av UL är på en höjd från ca 800 – 1200 mm vilket är helt bra vid stående arbete. När man sedan monterar de slutliga detaljerna på själva UL kan man ställa höjden åt sig genom att köra UL:n upp eller ner med hjälp av hydrauliska cylindern. Då kan man välja själv om man vill arbeta sittandes eller ståendes.

3.5 SolidWorks

Detaljerna till fixturerna ritades upp i CAD-programmet SolidWorks. Programmet används vid LKI för att tillverka 3D-modeller, ritningar, simuleringar m.m.

För mig var SolidWorks helt nytt dvs. före examensarbetets start hade jag aldrig använt programmet. Före jag började använda programmet hade jag hört av andra studeranden att detta program är enklare och snabbare att använda än t.ex. Siemens NX, som jag själv var van att använda. Efter några ”kom-igång” videor på internet kom jag igång med programmet.

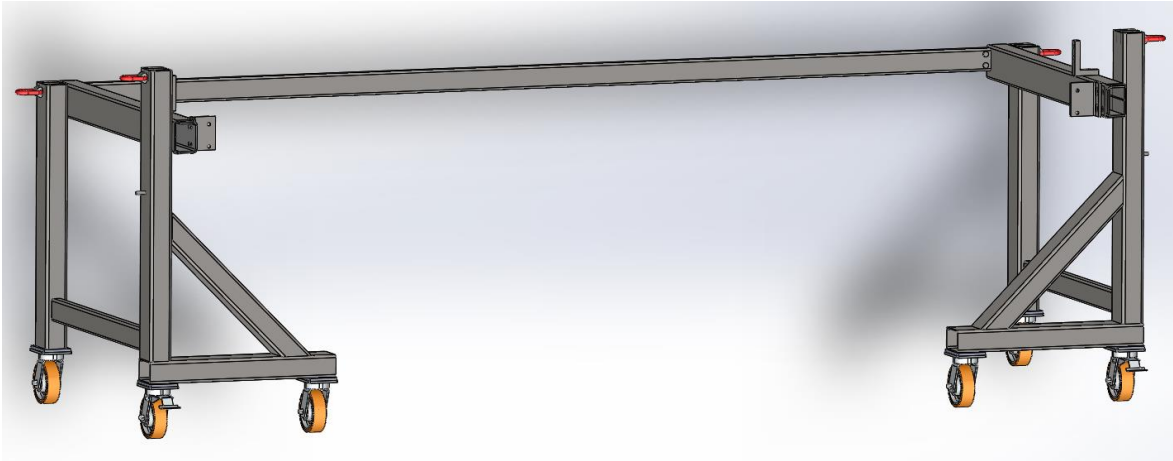
Efter att alla detaljer blivit inritade kunde jag senare göra s.k. sammanställningsritningar där man plockar in de olika delarna man ritat. Jag fick dessutom avlastningsenheten som två olika ”parter”, en när den är i lägsta läge samt en där den är i högsta läge, till SolidWorks så att jag kunde föra in den i mina sammanställningsritningar. Därifrån kunde man kontrollera att måtten stämde som jag själv mätt från maskiner i produktionen.

Alla detaljer som blev ritade, också svetsritningar, fick egna serienummer samt egna tillverkningsritningar för att senare kunna gå ut i produktion. Det bestämdes att jag inte skulle tillverka några monteringsritningar pga. att fixturerna är inga serietillverkade produkter utan man behöver endast plocka ihop dem en gång.

Fixturerna som var planerade att lyftas med måste simuleras i SolidWorks för att få fram maximala spänningar samt få fram eventuella säkerhetsfaktorer. Speciellt viktiga ställen i fixturerna var svetsfogarna samt lyftkrokarnas infästningsställen. Dessutom kontrollerades rörbalkarnas bärförmåga vid maximal kraftpåkänning.

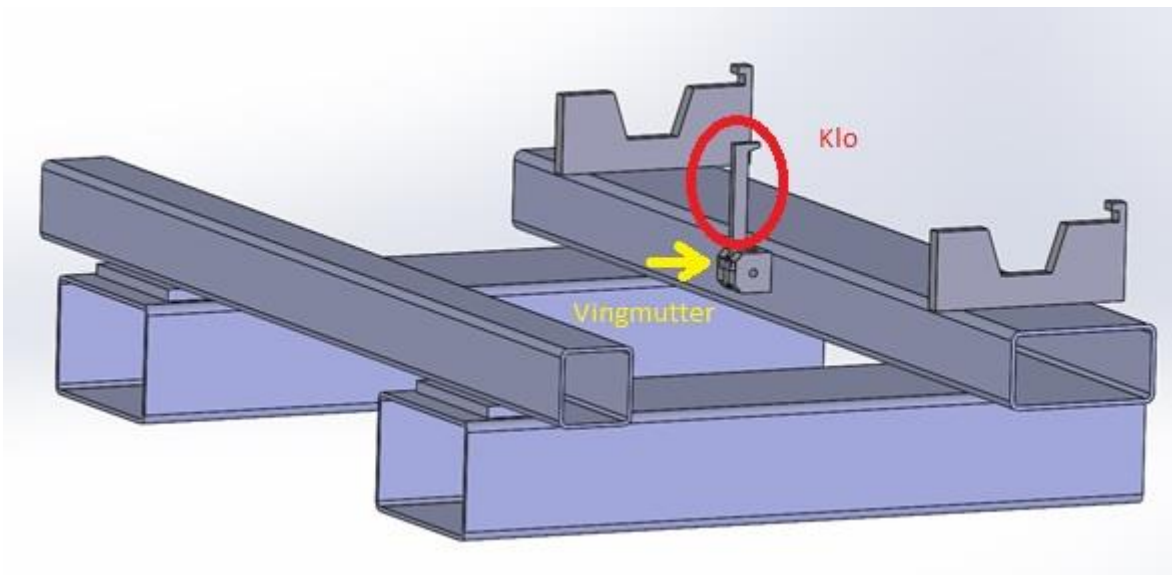
3.6 Fixturerna

Här presenteras de färdiga fixturerna inritade som 3D-modeller i SolidWorks. Det blev sammanlagt ritat ca 50 olika detaljer men här visas endast sammanställningsritningarna för fixturerna. Några andra detaljritningar kan ses i bilagorna 2 – 9.



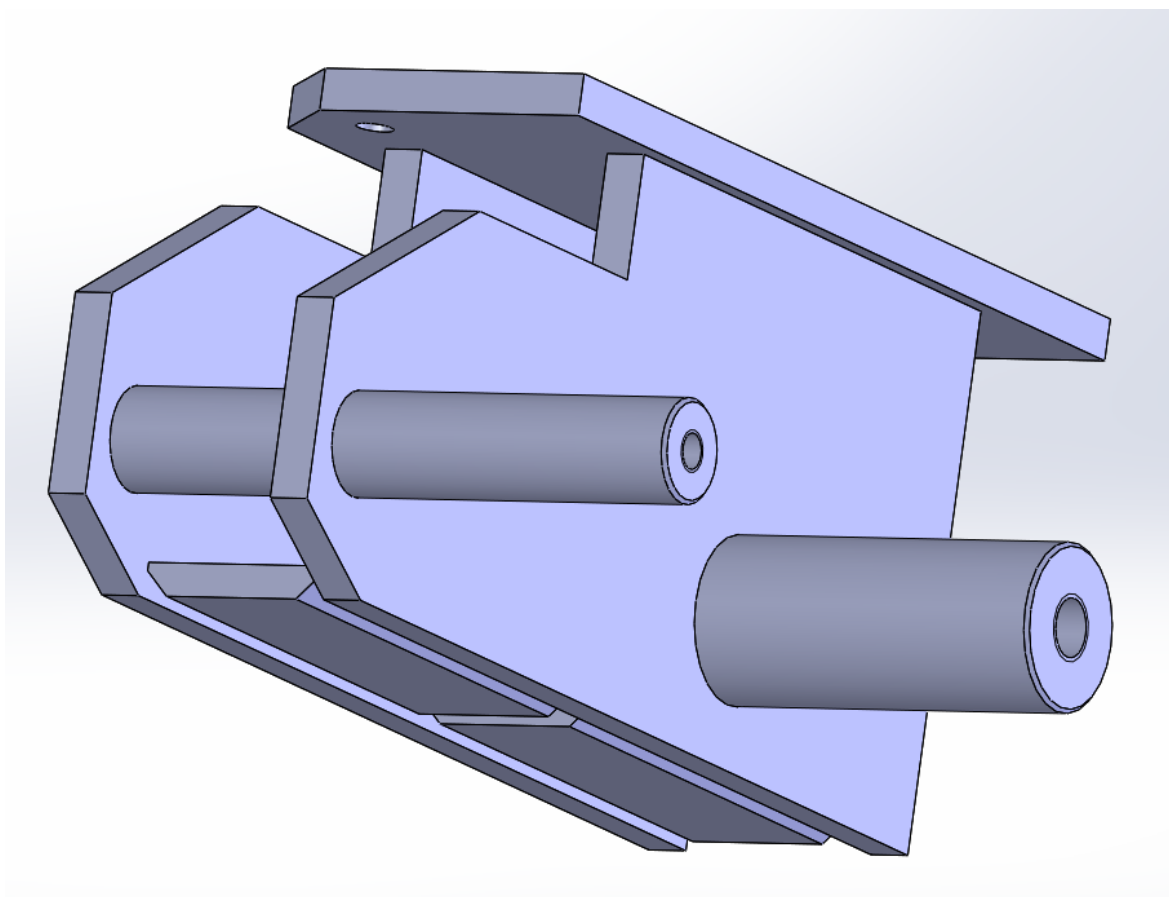
Figur 17. Monterings- och testningsfixturen inritad i SolidWorks.

Monterings- och testningsfixturen inritad i SolidWorks. I sammanställningen fattas samtliga bultar och muttrar. Som man kan se ligger fixturen på 6 st. hjul, varav två har broms för att hålla fixturen på plats under monteringen. Mellan själva balkarna som UL:ns hjul ligger på finns en balk som är löstagbar ifall man vill montera UL:ns sidor skilt före man för ihop dem till UL:n. Som lyftöglor samt surrningsöglor valdes en modell som redan fanns i lager hos LKI. Ritningar för styckelista samt några detaljer kan ses i bilaga 2, 3 samt 8.



Figur 18. Lyftfixturen för truck.

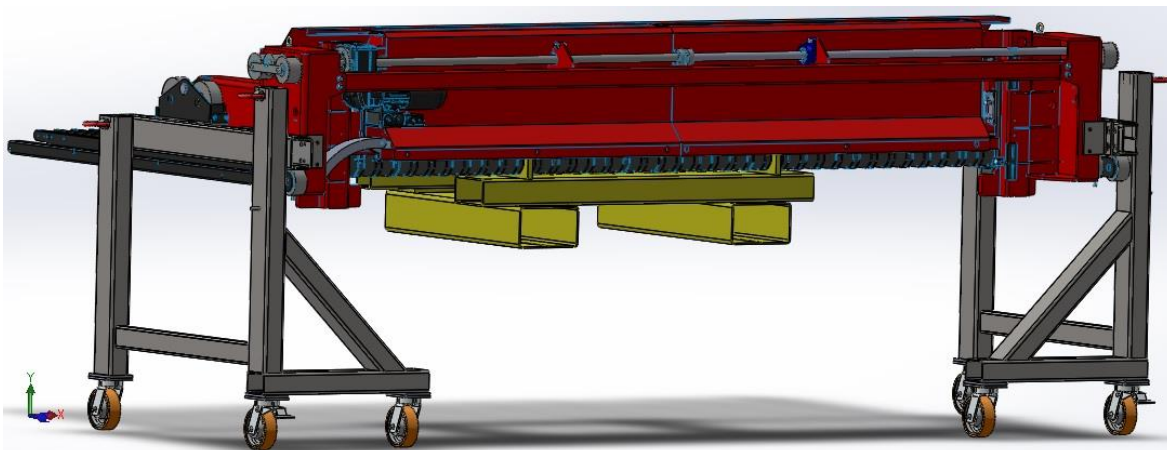
Lyftfixturen blev utformad så att den skulle vara väldigt enkel att använda. ”Klon”, som används för att låsa fast fixturen i avlastningsenheten, hänger neråt när man för fixturen mot avlastningsenheten men viks upp senare och klon är menad att spännas fast med en vingmutter, se figur 18. Detta gör att lyftfixturen kan hängas fast under avlastningsenheten vid lyft eller under transport. Även i denna ritning fattas samtliga bultar och muttrar. Styckelista samt svetsritning kan ses i bilaga 6 och 7.



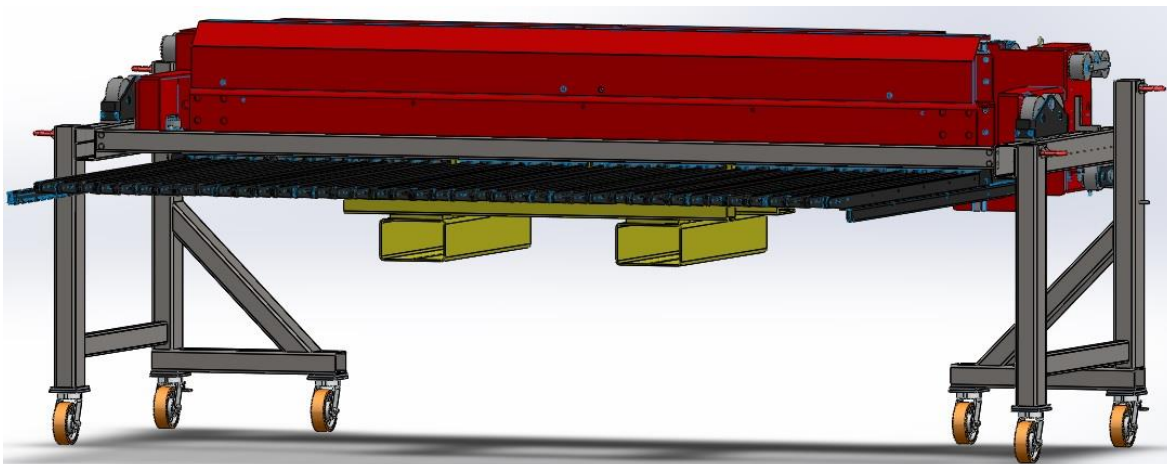
Figur 19. Modifierade fixturen som fästs i avlastningsenhetens stomme.

Den sista fixturen som ritades var fixturen som fästs i stommen av avlastningsenheten, se figur 19. Den grövre axeln fästs sedan fast i fixturen som är bultad i golvet. Av denna modifierade fixtur tillverkades en som används i högersida samt en i vänstersida. Dessa fixturer är i princip likadana som används för tillfället, förutom att de saknar en arm som tidigare blev använt för kraftupptagning. Styckelista och svetsritning till fixturen kan ses i bilaga 4,5 samt 9.

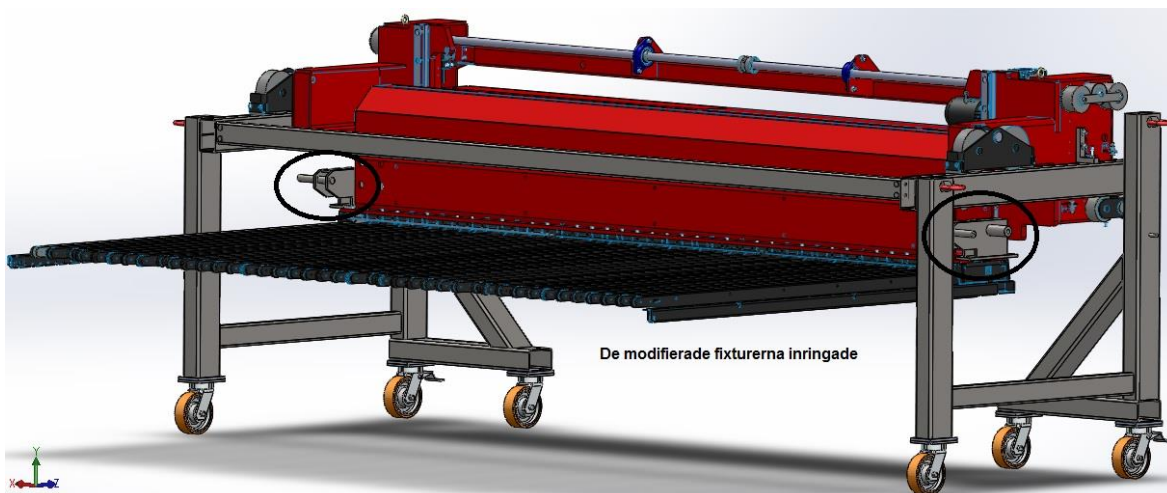
Här kommer några fler figurer där fixturerna är ihopplockade med avlastningsenheten i SolidWorks. Har lagt in de rätta färgerna på detaljerna så att man lättare kan urskilja dem.



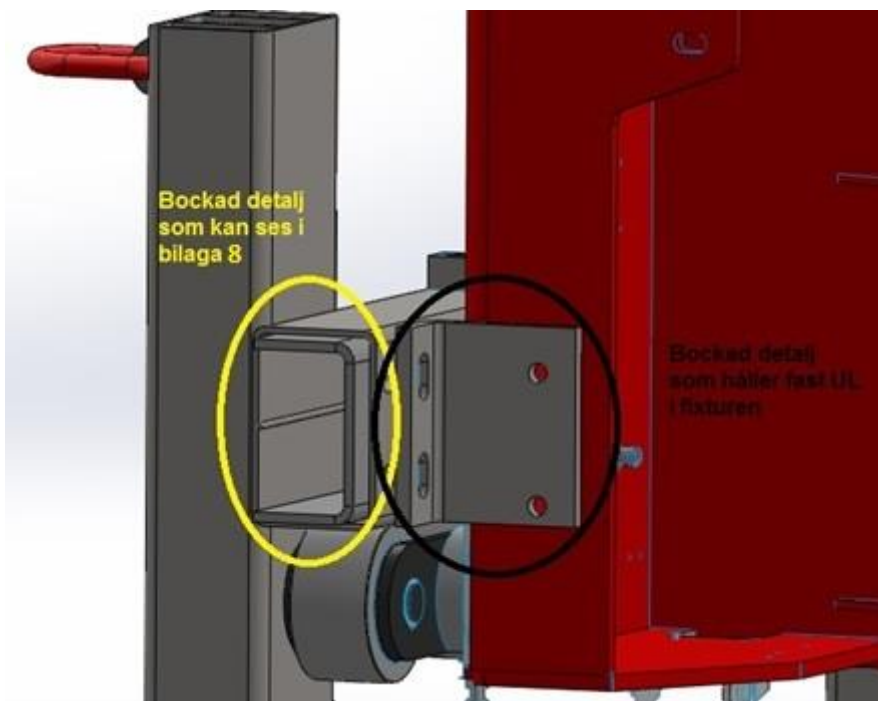
Figur 20. Avlastningsenheten fäst i monterings- och testningsfixturen samt lyftfixturen hängandes under. Avlastningsenheten är i högsta läge.



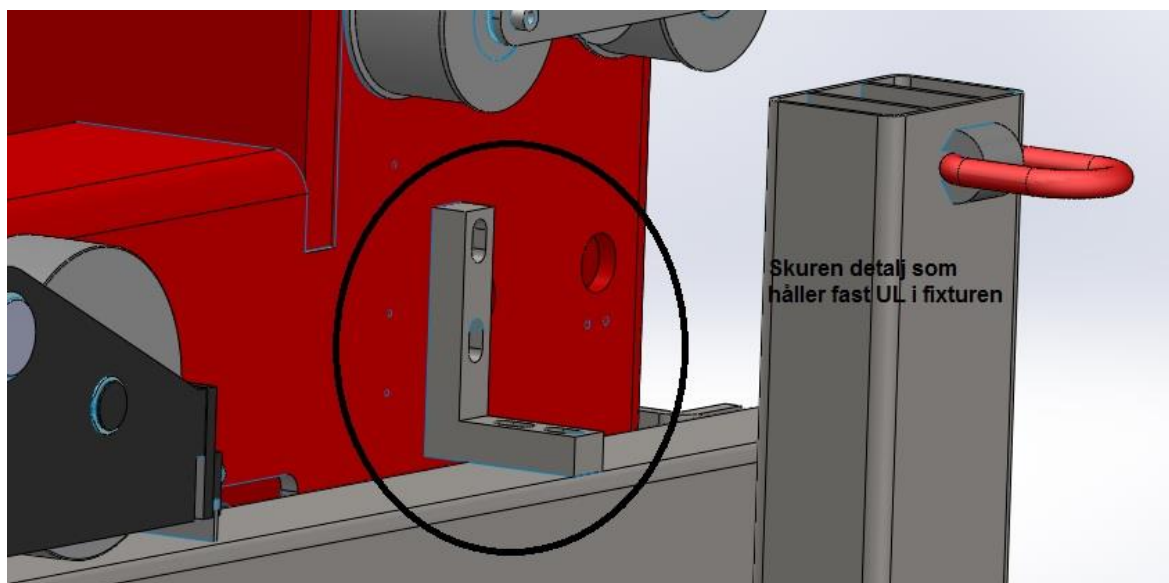
Figur 21. Samma sammanställning som figur 20 men sedd från andra sidan.



Figur 22. Avlastningsenheten fäst i monterings- och testningsfixturen samt de modifierade fixturerna fäst i avlastningsenhetens stomme. Avlastningsenheten är i lägsta läge.



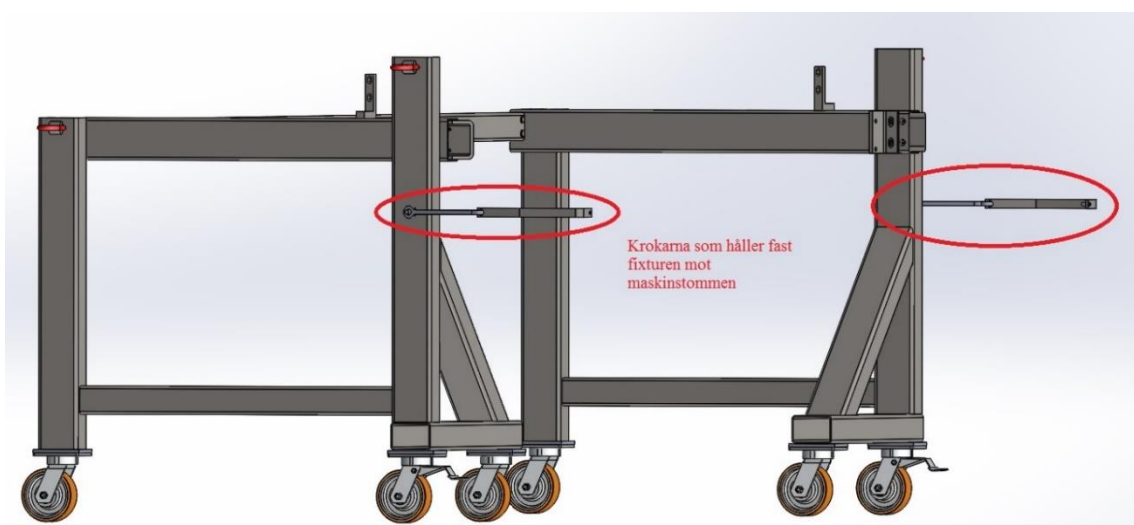
Figur 23. Bild på hur avlastningsenheten är tänkt att hållas fast i monterings- och testningsfixturen.



Figur 24. Andra fastsättningsdetaljen för avlastningsenheten.

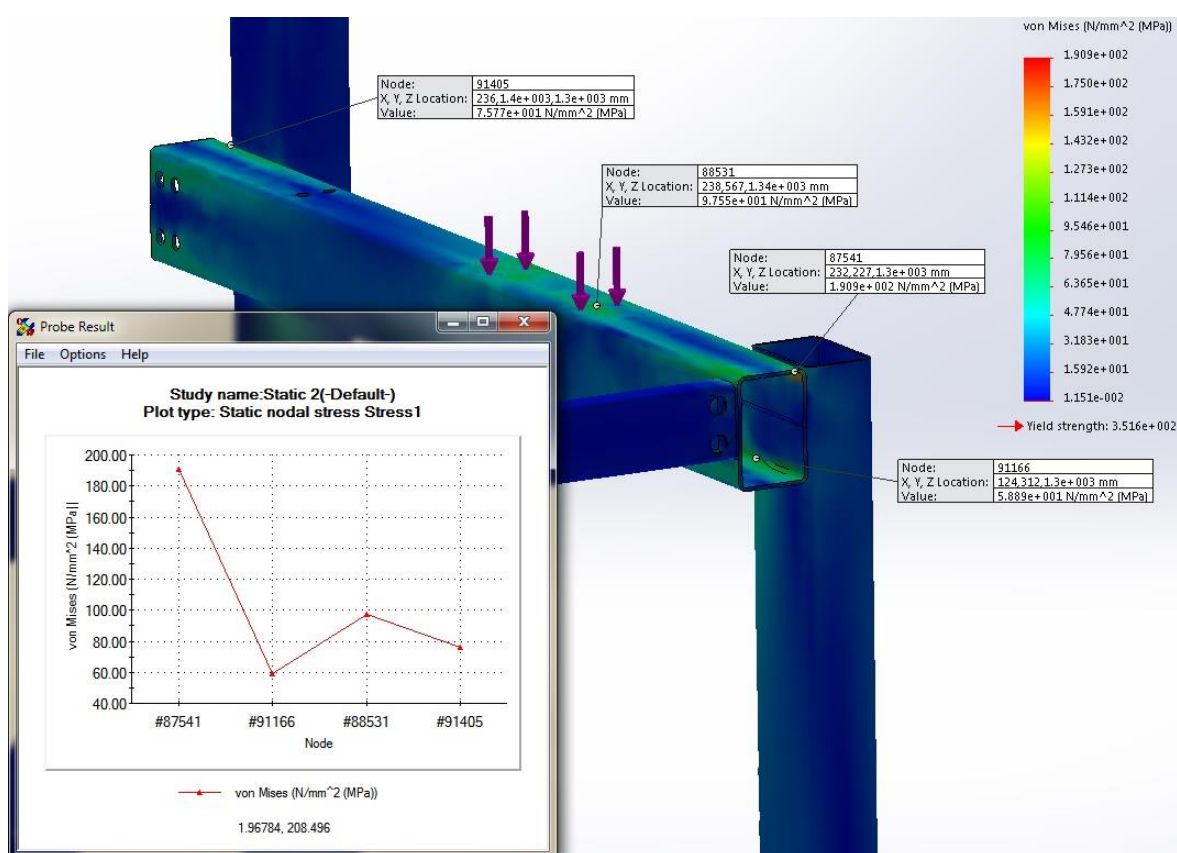
Verktygsplaceringen var en fråga som också behandlades under utvecklingen av fixturerna. I dagsläget har montörerna en verktygsvagn vid monteringskedet av avlastningsenheten. I vagnen finns de nödvändiga verktygen som behövs vid monteringen. Det var som förslag att monterings- och testningsfixturen skulle ha en egen ”verktygstavla” där vissa verktyg skulle hänga med under förflyttningen av fixturen. Men efter några diskussioner kom man fram till att det är nog enklast att ha kvar den nuvarande verktygsvagnen och skippa verktygstavlan. Eftersom avlastningsenheten monteras klart före den skickas iväg till maskinen eller till monteringshallen i Bennäs så behövs det inga verktyg med.

När avlastningsenheten är monterat klart, och sitter fastspänd i monterings- och testningsfixturen, är den redo att förflyttas mot själva ASF-EU maskinstommen. I detta skede behöver man kättingar som man lägger fast i krokarna i fixturen och sedan lyfter fixturen med travers. Fixturen är planerad så att när avlastningsenheten ligger på den är den ca 10 cm lägre än när den är i själva maskinen, detta för att golvet ofta är snett och man blir tvungen att lyfta den lite. När man sedan för fixturen mot maskinstommen så går de bockade detaljerna, se bilaga 8 samt figur 23, in i stommens balkar, som har samma dimensioner som fixturens. Nu när man har fixturens och maskinstommens balkar mot varandra måste man kunna fastlåsa fixturen så att den inte slipper att glida ifrån stommen. Detta kan åstadkommas med två stycken krokar som blev ritade, se figur 25. Krokarna har ställbara vantskruvar för att kunna justeras. För enkelhetens skull blev vantskruvarna ritade som enkla ”krokar”. I ändan av de bockade krokarna finns korta axelstumpar, som är menade att gå in i ett gängat hål för att hålla kroken från att glida från maskinstommen.



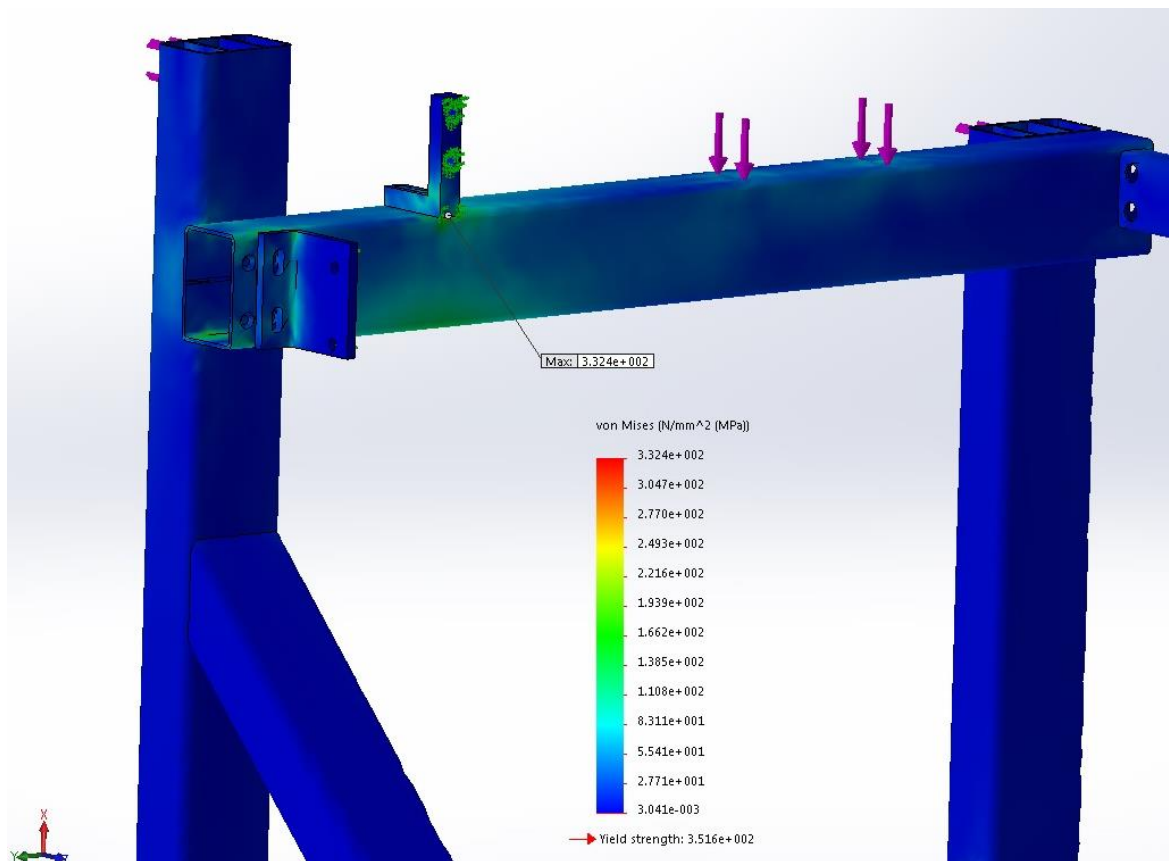
Figur 25. Monterings- och testningsfixturen med fasthållningskrokar.

Förutom detaljritningar, sammanställningsritningar, svetsritningar och styckelistor gjordes några enkla simuleringar, även detta i SolidWorks, på fixturerna för att få fram var spänningarna uppkommer samt magnituden av dessa. Som material för detaljerna, i SolidWorks, valdes AISI 1020 vilket har likadana egenskaper som konstruktionsmaterialet S355. Svetsfogarna lämnades bort från simuleringarna, detaljerna sammanfogades med programmets funktion ”Global Contact: Bonded” vilket betyder att detaljerna som är i kontakt med varandra är svetsade samman fullt penetrerat. Krafterna som detaljerna blev utsatta för var dubbelt så mycket som de blir i verkligheten under drift, detta pga. att de kommer att bli testade med dubbla vikten när de senare skall godkännas som lyfthjälpmiddel. I figur 26 framgår de kritiska punkterna.



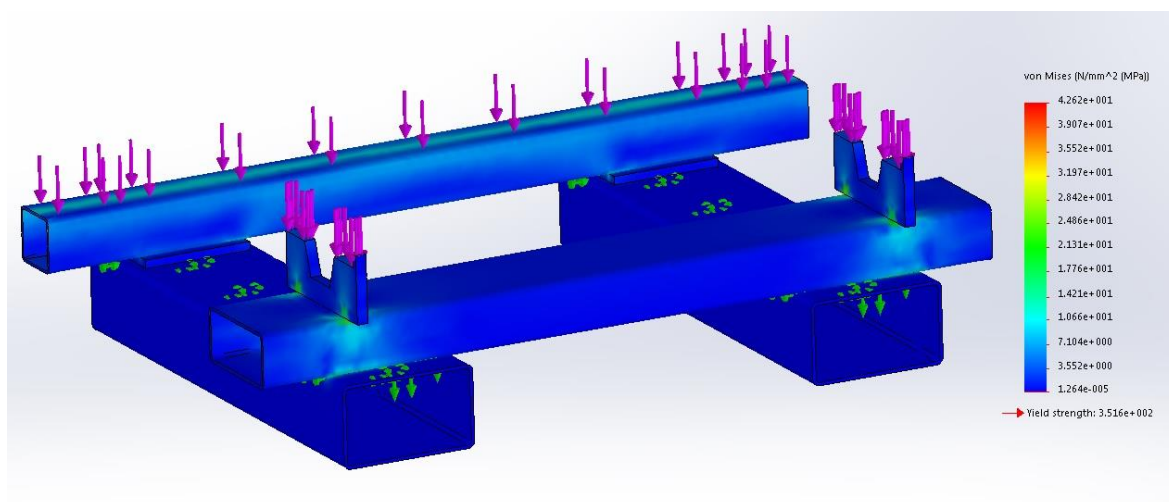
Figur 26. Monterings- och testningsfixturen med spänningar när den belastas av avlastningsenheten.

Maximala spänningen på monterings- och testningsfixturen blev 190,9 MPa, när fixturen belastas på samma sätt som när UL är på plats. Denna spänning uppträder i radien på balken, se figur 26. Den höga spänningen uppkommer för att just vid den punkten separeras delarna från varandra och det resulterar i att krafterna blir på en mindre yta. I verkligheten blir det inte en så stor kant där för att svetsfogen tar och jämnar ut området. Flera bilder, när fixturen utsätts för driftsförhållanden, kan ses i bilagorna 10 – 12. Spänningarna vid lyft framgår ur figur 27.



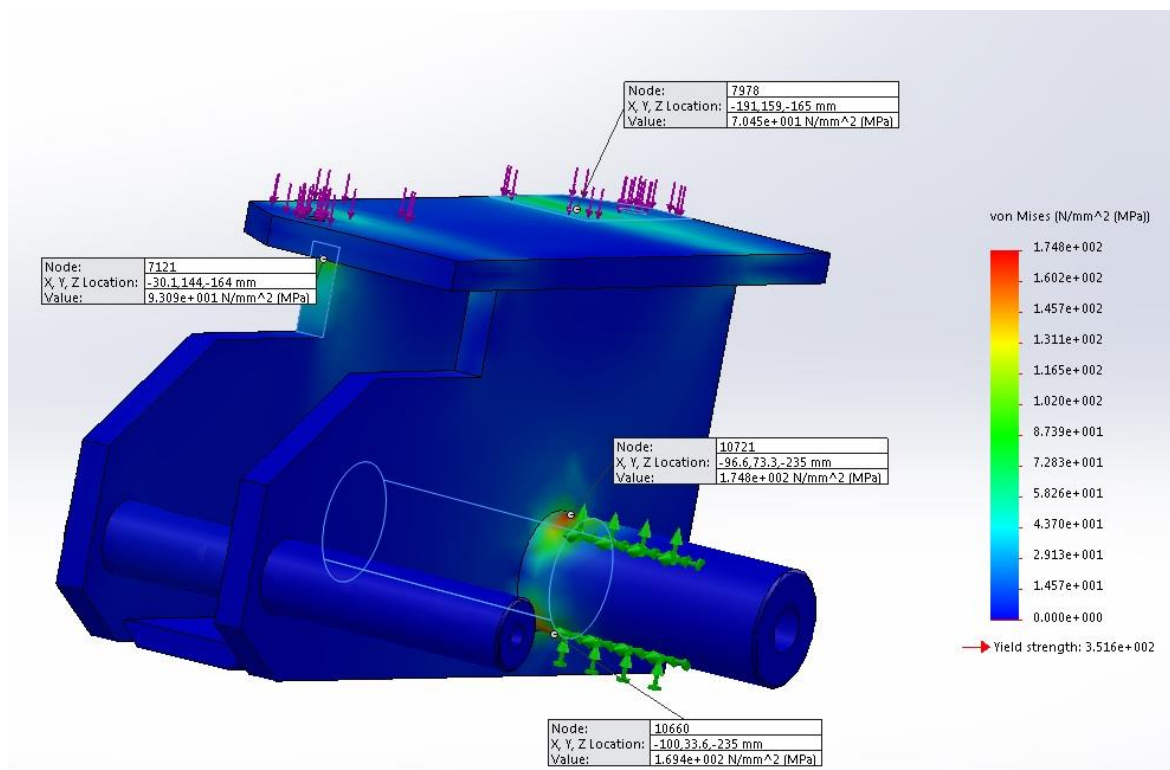
Figur 27. Monterings- och testningsfixturen med maximala spänningar vid lyft.

Som man kan se, ur figur 27, uppträder det högre spänningar, maximalt 332,4 MPa, men dessa spänningar är endast på lokala ointressanta ställen så detaljen håller nog för lyftet. Dessa ställen, där spänningen överstiger materialets sträckgräns, börjar flyta och omkringvarande områden kan ta upp de resterande spänningarna. Resten av resultaten, från lyftförhållandet, kan ses i bilagorna 13 – 15.



Figur 28. Lyftfixturen med belastning av tyngden och uppkomna spänningar.

Lyftfixturen belastades på två olika ställen med olika krafter, flatjärnen tog upp en större del av vikten än vad balken tog pga. att tyngdpunkten var närmare flatjärnen, se figur 28. Maximala spänningarna uppkom vid radien på röret där flatjärnen är fastsatta. Maxspänningen blev endast 42,62 MPa. Resten av resultaten samt randvillkoren kan ses i bilaga 16 – 18.



Figur 29. Fixtur med uppkomna spänningar.

Den sista fixturen fick maximala spänningarna på 174,8 MPa nära där axeln är fastsvetsad i flatjärnet. Med tanke på materialets sträckgräns blir säkerhetsfaktorn ca 2 när fixturen, i figur 29, belastas med 16000 N på de kraftupptagande ytorna.

Efter att alla ritningar blivit gjorda, numrerade samt blivit inlagda i LEAN systemet vid LKI, blev ritningarna skickade vidare för godkännande. Detta betyder att en annan konstruktör eller ritare vid LKI skall granska ritningen och sen endera godkänna den eller skicka den tillbaka för redigering. Efter att alla ritningar blivit godkända görs operationslistor åt detaljerna och sedan skickas listorna ut så att detaljerna kan börja tillverkas.

Produktspecifikationerna ställde krav på fixturerna och dessa krav skulle uppfyllas så långt som möjligt. Jag tycker själv att jag nådde kraven och önskemålen bra, endast ett par kriterier i specifikationerna blev inte helt uppfyllda. Som exempel på detta kan nämnas att ett kriterium var att det skulle gå lätt att demontera samt byta reservdelar på monterings- och testningsfixturen. Till först var min tanke att planera fixturen så att den går att demontera, nästan fullständigt, genom att använda bultförband istället för svetsförband. I ett senare skede bestämdes det ändå att det blir både billigare och smidigare att använda sig av svetsförband. Trots allt skulle ju fixturen planeras så att den är enkel och snabb att använda.

3.7 Fortsatt utveckling

Det lämnade några ogjorda uppgifter i mitt examensarbete. Detta pga. att examensarbetet tog lite längre än väntat. Jag började med att rita och planera detaljerna i SolidWorks på min egen dator, och senare skulle ritningarna överföras till LKI:s system. Detta blev ett problem pga. att min version av SolidWorks var nyare än vad LKI använder, så det gick inte att kopiera filerna från min dator till LKI:s datorer. Så det blev att rita upp alla detaljer på nytt i SolidWorks på någon dator vid LKI och senare också göra upp nummer åt sammanställnings- samt tillverkningsritningarna. Detta medförde att det gick åt mer tid än planerat.

Hjulen, som monterings- och testningsfixturen står på, blev inritade i SolidWorks men blev bortlämnade ur monteringsritningen pga. att LKI hade inga passliga hjul i lagret som skulle ha passat för min applikation. Det blev bestämt att hjulen kan beställas i ett senare skede, tillverkning av själva fixturen var mer prioriterat.

Ett annat intressant moment blir att se att fixturerna uppfyller alla krav och fungerar som de är tänkta. Det blev lagt många timmar på att planera, simulera och tänka ut hur den optimala fixturen skulle se ut och fungera korrekt. För att hjälpa mig åt med detta tog jag fotografier på de intressanta momenten vid monteringen, testningen samt transporten av avlastningsenheten. Dessutom fick jag hjälp av både montörer samt arbetsledningen vid planeringen.

Eftersom både monterings- och testningsfixturen samt lyftfixturen för trucken räknas som lyfthjälpmedel måste de besiktas före dom tas i bruk. Detta innebär att en kvalificerad person kommer och testat fixturerna. Fixturerna belastas då med krafter som är dubbelt så stora som de krafter som fixturerna utsätts för under drift. Testbelastningen belastar fixturerna en given tid och om de håller detta kan de godkännas som lyfthjälpmedel. Testningen skall dokumenteras och efteråt får lyfthjälpmedlet tas i bruk.

4 Diskussion

Detta examensarbete utfördes som uppdrag för LKI Källdman Ltd. Syftet med examensarbetet var att planera och konstruera en eller flera fixturer för montering och testning av avlastningsenhet för plåthanteringsmaskinen ASF 3015 EU.

Examensarbetet har varit intressant och lärorikt men samtidig utmanande. Att själv få komma i kontakt med problemet, när jag sommarjobbade hos LKI året 2015, var en bra start till examensarbetet. Problemet orsakar många onödiga förflyttningar samt monteringsprocessen är oergonomisk.

Det som kunde ha gjorts annorlunda ifall jag började om med arbetet, skulle vara att man direkt skulle få 3D-modeller av avlastningsenheten, för att lätt kunna analysera detaljerna och mäta eventuella mått. Dessutom skulle det gått smidigare om jag också skulle ha fått en dator från LKI:s sida där jag direkt skulle ha ritat upp detaljerna, istället för att göra det två gånger.

Ganska snabbt efter att jag börjat med examensarbetet blev jag tillsagd att avlastningsenheten till ASF EU plåthanteringsmaskinen skulle bli lite modifierad. Detta innebar att jag inte kunde planera fixturerna klart förrän jag fått reda på hur den nya modellen ser ut. Det tog relativt länge innan jag fick till förfogande 3D-modeller av den uppdaterade avlastningsenheten, som jag senare kunde lägga in i mina sammanställningsmodeller med mina fixturer. Därefter kunde sedan planeringen av fixturerna återupptas.

Källförteckning

About us. (u.å.) [Online]

http://www.lki.net/about_us [Hämtat 26.11.2015]

Amada CO., LTD. (u.å.) [Online]

<http://www.amada.co.jp/english/corporate/profile.html> [Hämtat 12.10.2015]

Arbetskyddslag 23.8.2002/738. (u.å.) [Online]

<http://www.finlex.fi/sv/laki/ajantasa/2002/20020738#L1> [Hämtat 9.12.2015]

AS LUL 300 (2015) [Online]

[http://www.lki.net/pdf/AS%20LUL%20300%20\(EN%20Oct2015\).pdf](http://www.lki.net/pdf/AS%20LUL%20300%20(EN%20Oct2015).pdf)
[Hämtat 12.10.2015]

CS II (2013) [Online]

[http://www.lki.net/pdf/LKI_CS%20II%20\(EN\).pdf](http://www.lki.net/pdf/LKI_CS%20II%20(EN).pdf) [Hämtat 12.10.2015]

Eriksson, N-O. & Karlsson, B., 2006. *Verkstadshandboken.* (12 uppl.)
Malmö: Elanders Berlings

Handbok om skruvförband (1995) [Online]

http://www.collycomponents.se/wp-content/uploads/2013/09/HANDBOK_skruvfo%CC%88rband.pdf [Hämtat 18.9.2015]

Johannesson, H., Persson, J-G. & Petterson, D., 2013. *Produktutveckling – Effektiva metoder för konstruktion och design.* (2 uppl.) Stockholm: Liber AB.

Launis, M. & Lehtelä, J., 2006. *Ergonomiaopas.* (2 uppl.) Helsingfors:
Arbetshälsoinstitutet

Lepola, P & Makkonen, M., 2004. *Svetsning och stålkonstruktioner.* Tammerfors:
Utbildningsstyrelsen.

LKI 2014 (2014) [Online]

http://www.lki.net/pdf/LKI%202014_SE.pdf [Hämtat 12.10.2015]

Materialegenskaper (u.å.) [Online]

<http://www.begroup.com/sv/BE-Group-sverige/Produkter/Specialstal/Produktinformation/Materialegenskaper-specialstal/>
[Hämtat 11.11.2015]

MIG/MAG-svetsning (u.å.) [Online]

<http://www.esab.se/se/se/education/blog/mig-wire-selection-guide.cfm> [Hämtat 8.11.2015]

MP SheetCat (2015) [Online]

[http://www.lki.net/pdf/MP%20SheetCat%20\(EN%20Oct2015\).pdf](http://www.lki.net/pdf/MP%20SheetCat%20(EN%20Oct2015).pdf) [Hämtat 12.10.2015]

SSAB, 2011. *Plåthandboken – Att konstruera och tillverka i höghållfast plåt*. (2 uppl.)

Nyköping: Österbergs & Sörmlandstryck AB

Vad är en standard? (u.å.) [Online]

<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/030907/1104734952404/1104746967706/1104747504922/1104747547886.html> [Hämtat 13.11.2015]

Valtanen, E., 2012. *Tekniikan taulukkirja*. (19 uppl.) Mikkeli: Genesis-kirjat

Beräkningarna för en M8 8.8 bult samt åtdragningsmoment för M8 skruvförband.

Sträckgränsen för en 8.8 bult är, R_p (enligt SS-ISO 898-2): 640 N/mm²

(Eriksson & Karlsson, 2006, s. 294)

Arean som utsätts för spänning (A_s) (enligt SFS-EN ISO 898-1): 36,6 mm²

(Valtanen, 2012, s. 772)

Hållfasthet vid drag och tryck: $\sigma = F/A$

(Valtanen, 2012, s. 469)

Med egna uttryck: $R_p = F/A_s$

därför fås: $F = R_p * A_s$

med insatta värden: $F = 640 \text{ N/mm}^2 * 36,6 \text{ mm}^2 \approx 23,4 \text{ kN}$

En M8 bult klarar av en kraft på ca 23 kN utan att förlängas.

I mitt fall belastas M8 bultarna av egenvikten från UL, när den är halvfärdig, och det blir ca 1300 kg. Belastningen och säkerhetsfaktorn beräknas för en M8 bult:

Belastningen: $(1300 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2)/4 \approx 3,2 \text{ kN}$

Säkerhetsfaktor: $23,4 \text{ kN}/3,2 \text{ kN} \approx 7,3$

Bulten håller med god marginal, och detta var beräknat med bultar av hållfasthetsklass 8.8.

Vid LKI använder man som sagt vanligtvis bultar med hållfasthetsklass 12.9 så där blir säkerhetsfaktorn desto högre.

Dessutom beräknades också skruvkraft samt åtdragningsmoment för bultförbandet så att ingen glidning uppstår mellan fixturen samt UL (Handbok om skruvförband, 1995, s. 10):

Skruvkraften: $F_q = Q/\mu$

där μ är friktionskoefficient för stål-stål, i detta fall 0,2.

Q är lasten, i detta fall $(1300 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2)/8$

således blir skruvkraften: $F_q = ((1300 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2)/8)/0,2 \approx 8 \text{ kN}$

Från detta kan det erforderliga åtdragningsmomentet beräknas enligt följande:

$M_v = F_q (K_s * P + K_g * d_m * \mu_g + 0,5 * D_a * \mu_a)$ (Handbok om skruvförband, 1995, s. 26-27)

där F_q är skruvkraften, 8kN K_s är korrektionsfaktor 0,164 från tabell

P är stigning, 1,25 mm K_g är korrektionsfaktor 0,5885 från tabell

d_m är skruvens medeldiameter, i detta fall $8\text{mm} - 0,6496 * 1,25 \text{ mm} = 7,188 \text{ mm}$

μ_g är friktionskoefficient i gängornas kontaktytor, 0,3

D_a är anliggningsdiameter, $(D_s + D_h)/2 = (13 \text{ mm} + 9 \text{ mm})/2 = 11 \text{ mm}$

μ_a är friktionskoefficient i anliggningsplanet kontaktytor, 0,2

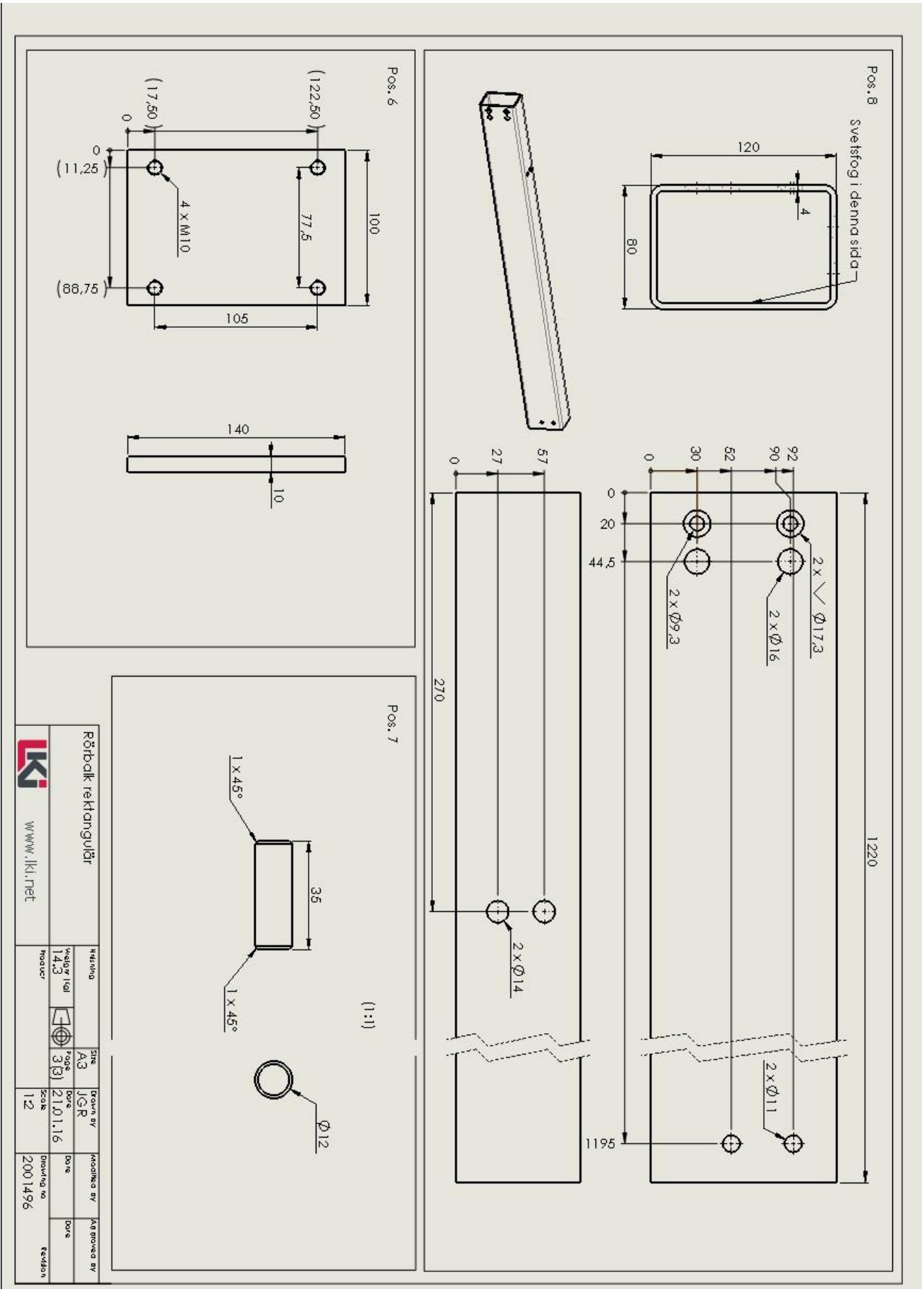
Åtdragningsmomentet blir följande för M8 skruvförbandet:

$M_v = 8\text{kN} * (0,164 * 1,25 \text{ mm} + 0,5885 * 7,188 \text{ mm} * 0,3 + 0,5 * 11 \text{ mm} * 0,2)$

$M_v \approx 20,6 \text{ N*m}$

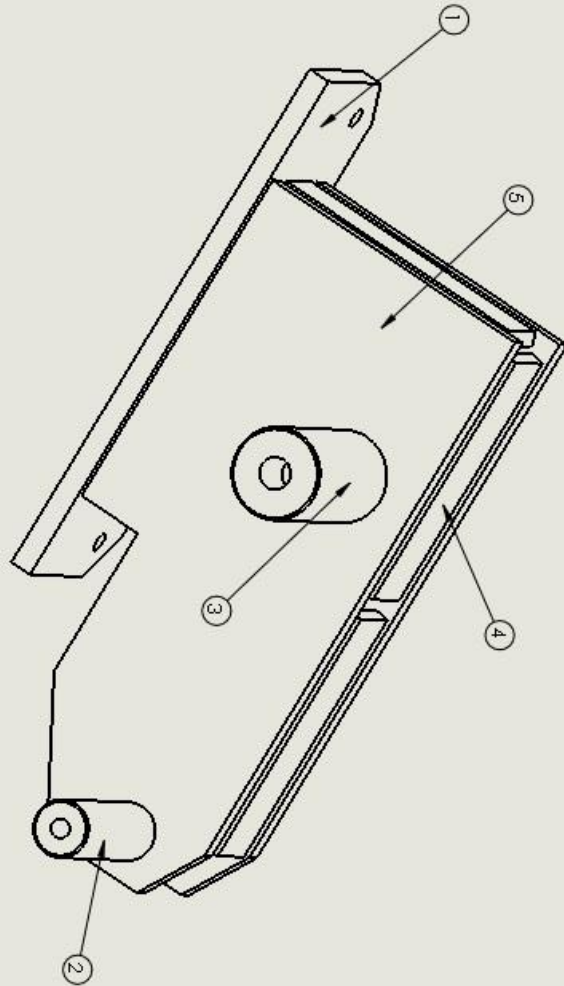
Vilket är under det rekommenderade, 24 N*m, åtdragningsmomentet för en 8.8 skruvförband. Således kan det rekommenderade åtdragningsmomentet användas vid fastspänningen av UL till fixturen. (Handbok om skruvförband, 1995, s. 36)

Bearbetningsritningar för detaljer till monterings- och testningsfixturen.



Rörbalk rektangulär		Hållning		Format av		Modifierad av	
www.kli.net		14.3		IGR		Date	
www.kli.net		3(3)		21.01.16		Date	
www.kli.net		12		2001496		Date	
www.kli.net		12		2001496		Date	

Styckelista för den modifierade fixturen som fästs i UL:ns stomme.



Item No	Part Name	Material	Dimension	Drawn by	Checked by	Approved by	Note
5	Plåt	S355MC	S=10	JGR			
4	Flans	S355MC/A04184	Flans 8x120 L=47	JGR			
3	Åxel	IM&TRA 550 R9-A01880	Ø40 L=165	JGR			
2	Åxel	IM&TRA 550 R9-A01857	Ø25 L=165	JGR			
1	Plåt	S355MC	S=10	JGR			
Item Qty Name Drawing Material							
RR21 GRÅ RR21 GRÅ 1/20 2/20 1/30 1/30							
Name of standards to apply		Standard		Value			
Material removal or formed from sheet		SS-ISO 2768		mK			
General to be ran, from welded construction		EN-ISO 13920		BF			
Rust grade		ISO 8501-1		A			



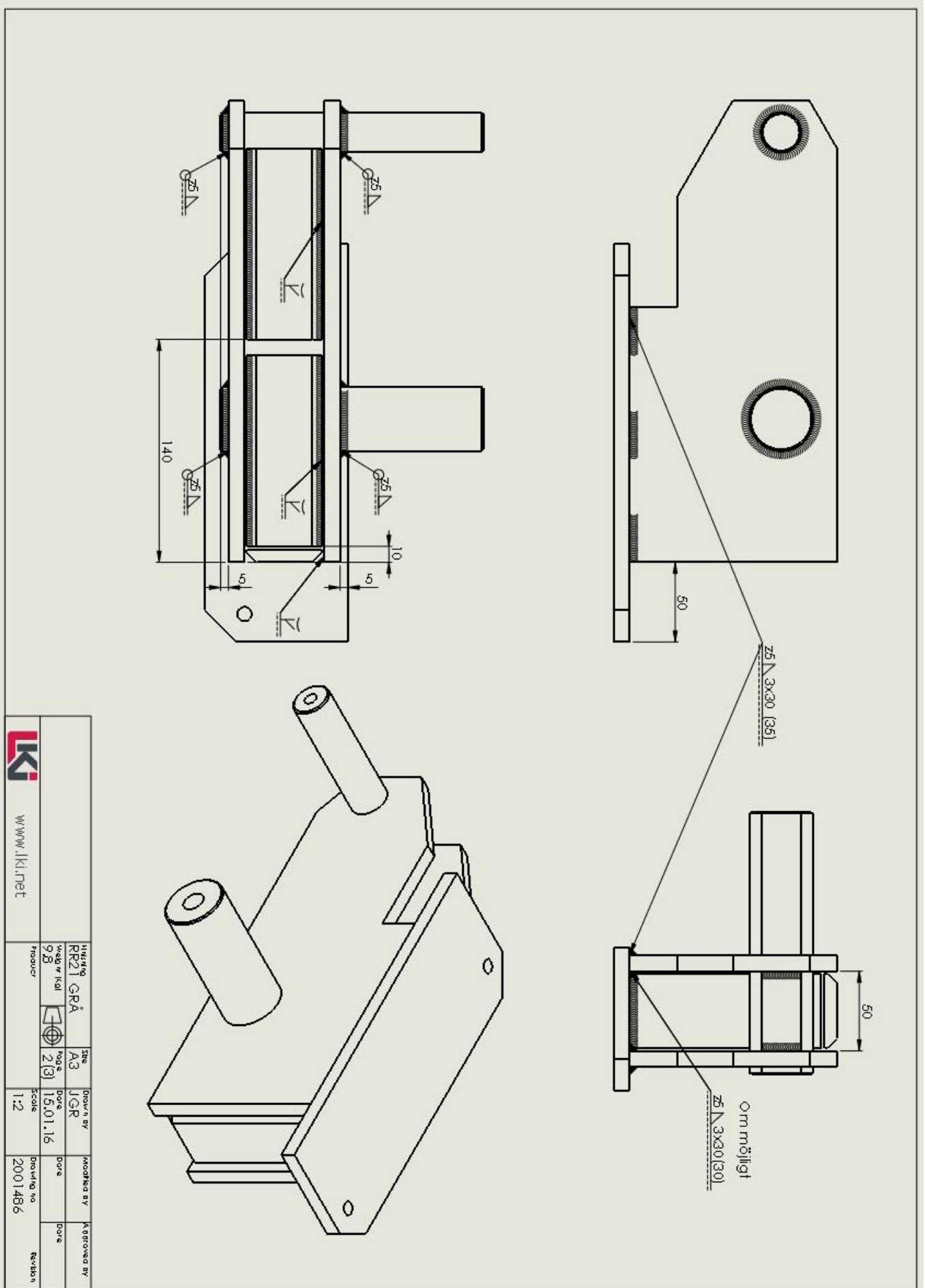
www.kilnet

Scale 1:2

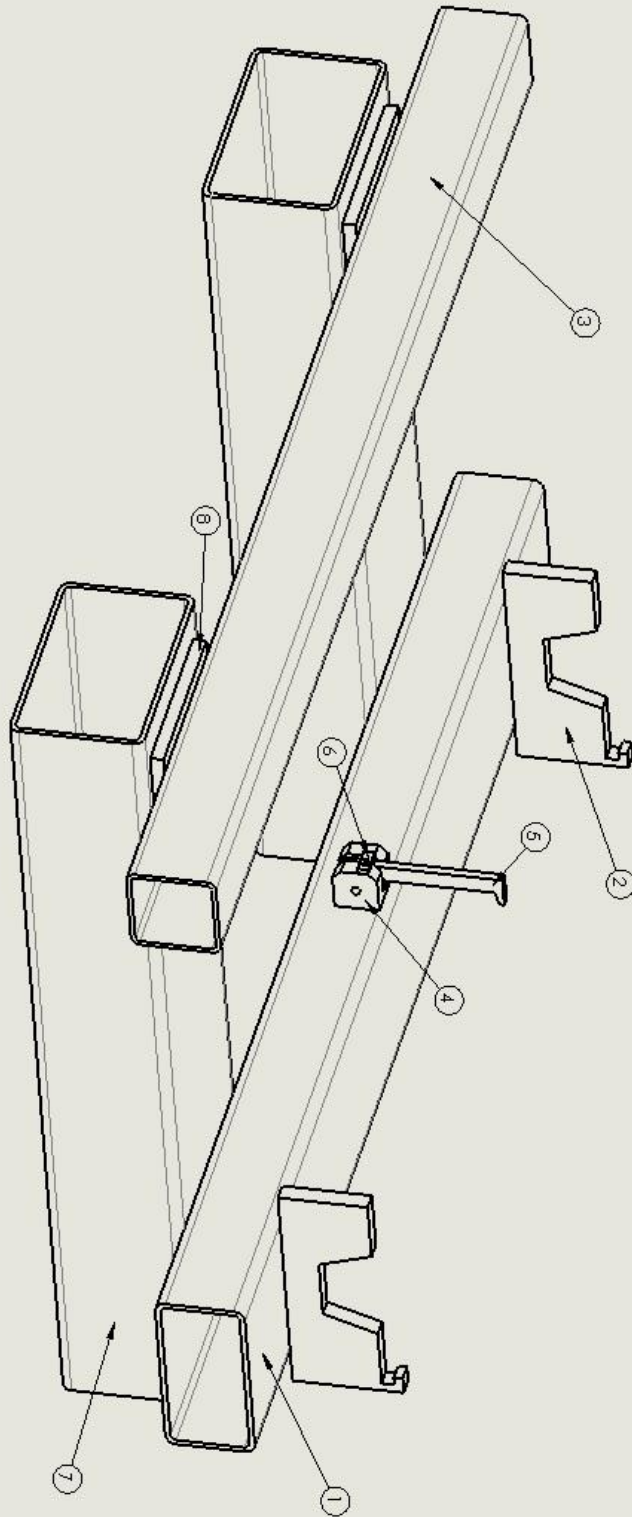
Drawing no 2001486

revision

Svetsritning för den modifierade fixturen.

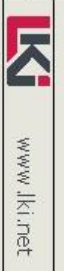


Styckelista för lyftfixturen.



Item	Qty	Name	Material	Dimension	Weight	Note
8	2	Plattstäng	S335JRG2-A01343	Flattäm 15x120 L=200	2,83	
7	2	Förbalk rektangulär	S355J2H-A01742	RHS 250x100x6 L=940	33,7	
6	1	Knutstål	C 36 K-A01872	12x12 L=28,5	0,02	
5	1	Platta	S355MC	S=10	0,30	
4	1	Fyrbenstäng	S355J0-A04009	60x60 L=60	0,75	
3	1	Förbalk kvadratisk	S355J2H - A01761	RHS 100x100x6 L=1460	21,0	
2	2	Platta	S355MC	S=20	3,31	
1	1	Förbalk rektangulär	S355J2H-A01741	RHS 200x100x6 L=1400	37,0	

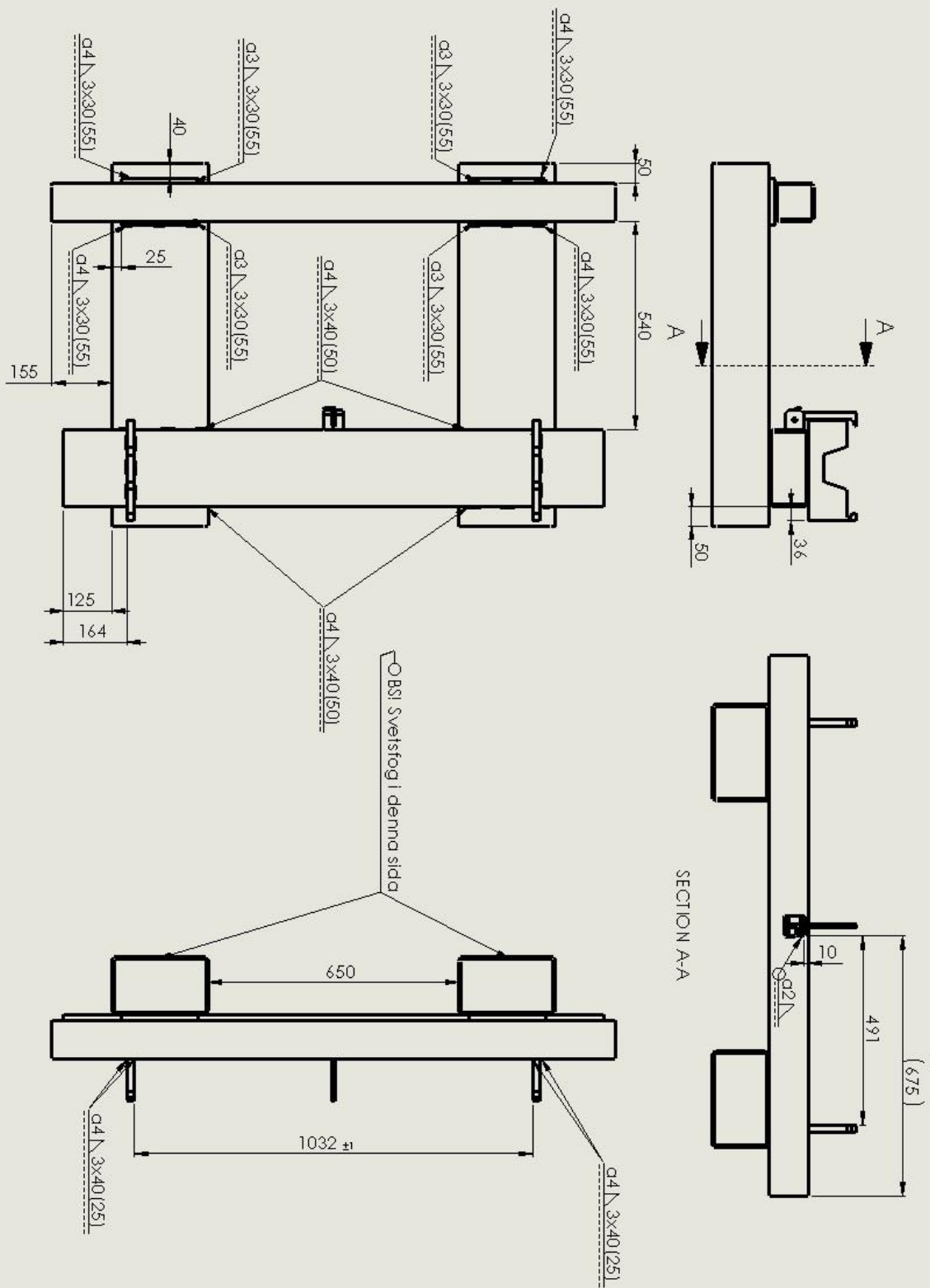
Name of standards to apply	Standard	Value
Material removal or formed from sheet	S3-ISO 2768	mK
General tolerances for welded constructions	EN-ISO 13920	Bf
Fust grade	ISO 8801-1	A





Product	Weight [kg]	Page	Scale	Scale	Drawing no.	Revision
RAL 1018	138,7	12	JGR	1:5	2001490	

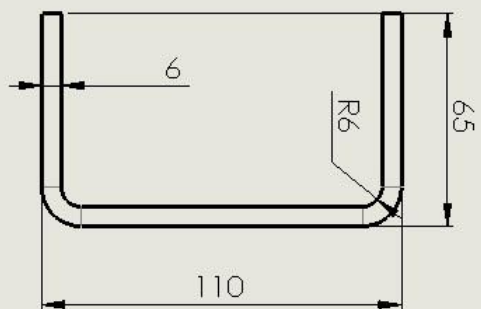
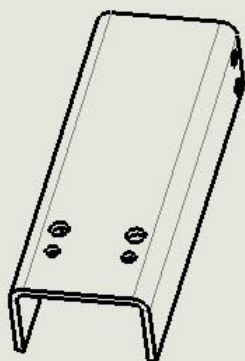
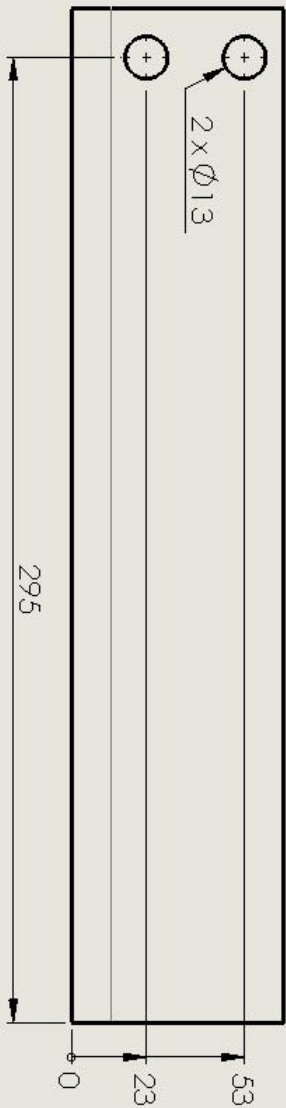
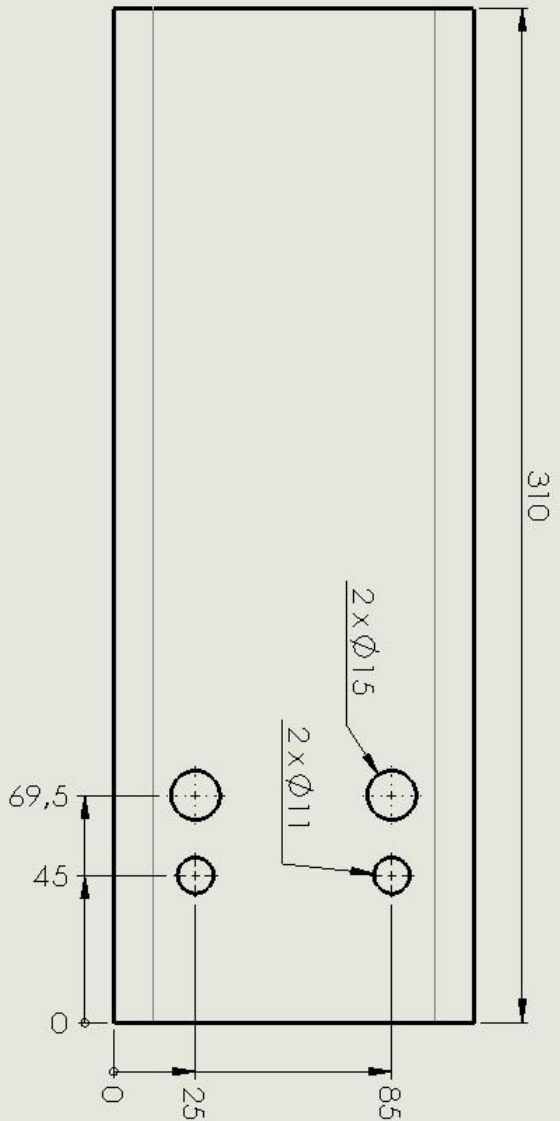
Material	Size	Drawn by	Modified by	Weight	Note
S355J2H-A01741	A3	JGR		37,0	

Svetsritning för lyftfixturen.



 www.klinet	RAL 1018 Weight (kg) 138,7	Size A3	Drawn by JGR	Modified by BOK	Approved by BOK
	Product 	Forge 2/2	Date 15.01.16	Scale 1:10	Drawing no 2001490

Bockad detalj till monterings- och testningsfixturen.

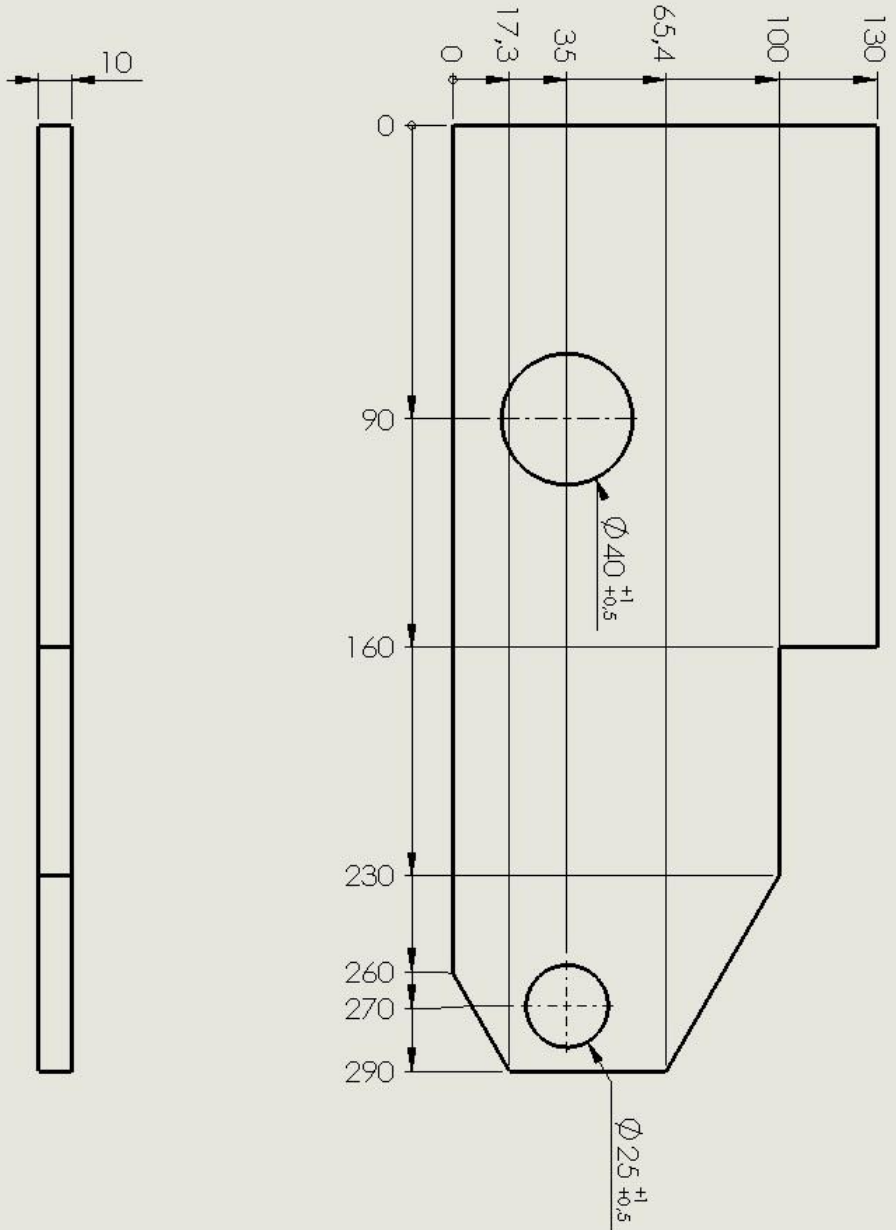


Item	Qty	Plåt Name	Material	Finishing	Size	Dimension	Modified by	Approved by	Note
1	1	Plåt	S355MC		A4	S=6	JGR		
Plåt				Weight (kg)	Page	Date	Date	Date	
				3,19	1 (1)	15.01.16			
Name of standards to apply		Standard	Value	Product		Scale	Drawing no	Revision	
Material removal or formed from sheet		SS-ISO 2768	mK			1:2	2001497		
General toleran. from welded constructions		EN-ISO 13920	BF						
Rust grade		ISO 8501-1	A						

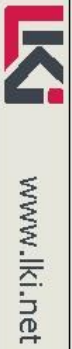


www.lki.net

Skuren detalj till den modifierade fixturen.



Name of standards to apply	Standard	Value	1		1	Plåt	S355MC		Dimension		S = 10		Note		
Material removal or formed from sheet	SS-ISO 2768	mK	Item	Qty	Name	Material	Finishing	Size	Drawn by	Modified by	Approved by				
General toleran: from welded constructions	EN-ISO 13920	BF	Plåt			Weight [kg]		A4	JGR	Date	Date				
Rust grade	ISO 8501-1	A						1(1)	15.01.16	1:2	Date	Drawing no		Revision	
											2001489				



Monterings- och testningsfixturen klar för simulering. Här har man simulerat driftsförhållanden, men krafterna har varit dubbelt större. Hjulen togs ej med, istället har man simulerat att flatjärnen kan glida på en yta. Det lades också till begränsningar i sidled för att inte fixturen skulle "glida iväg" när man simulerade.

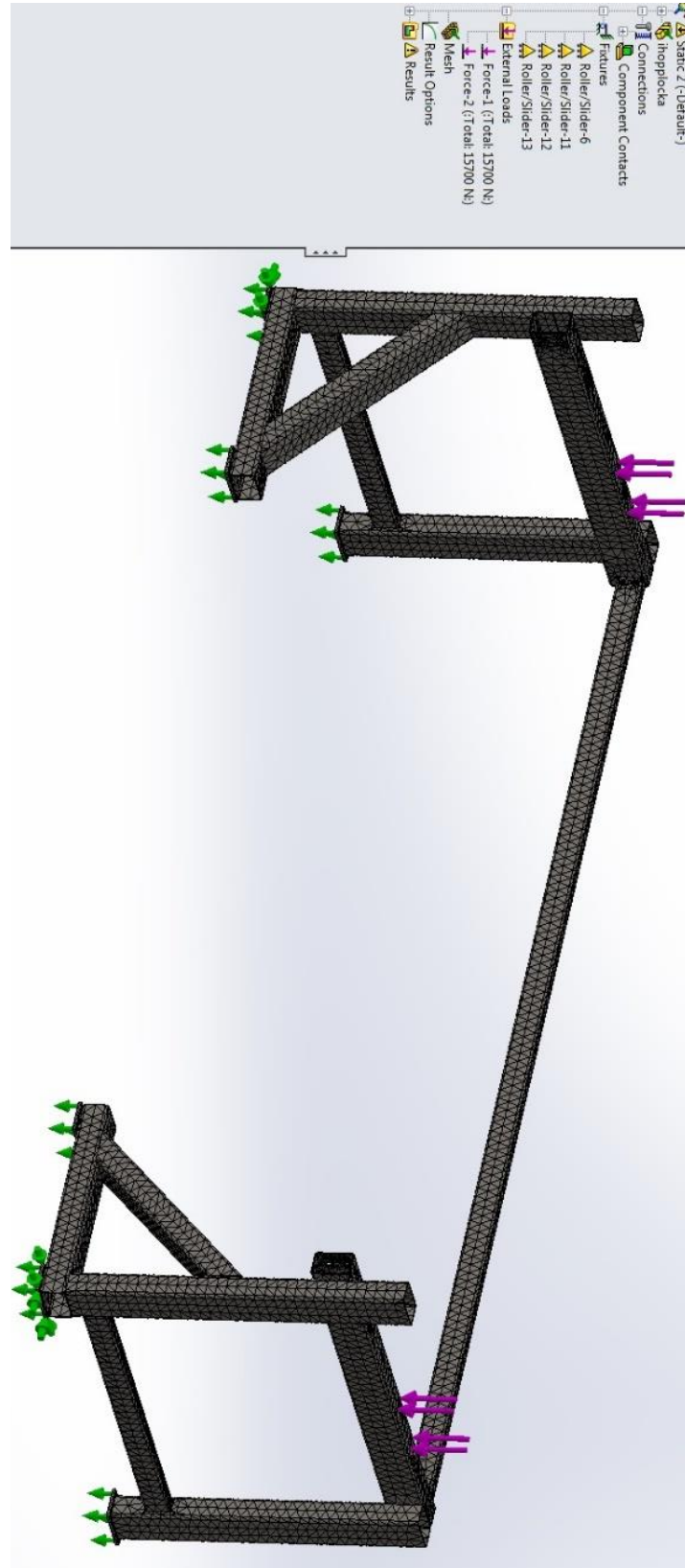
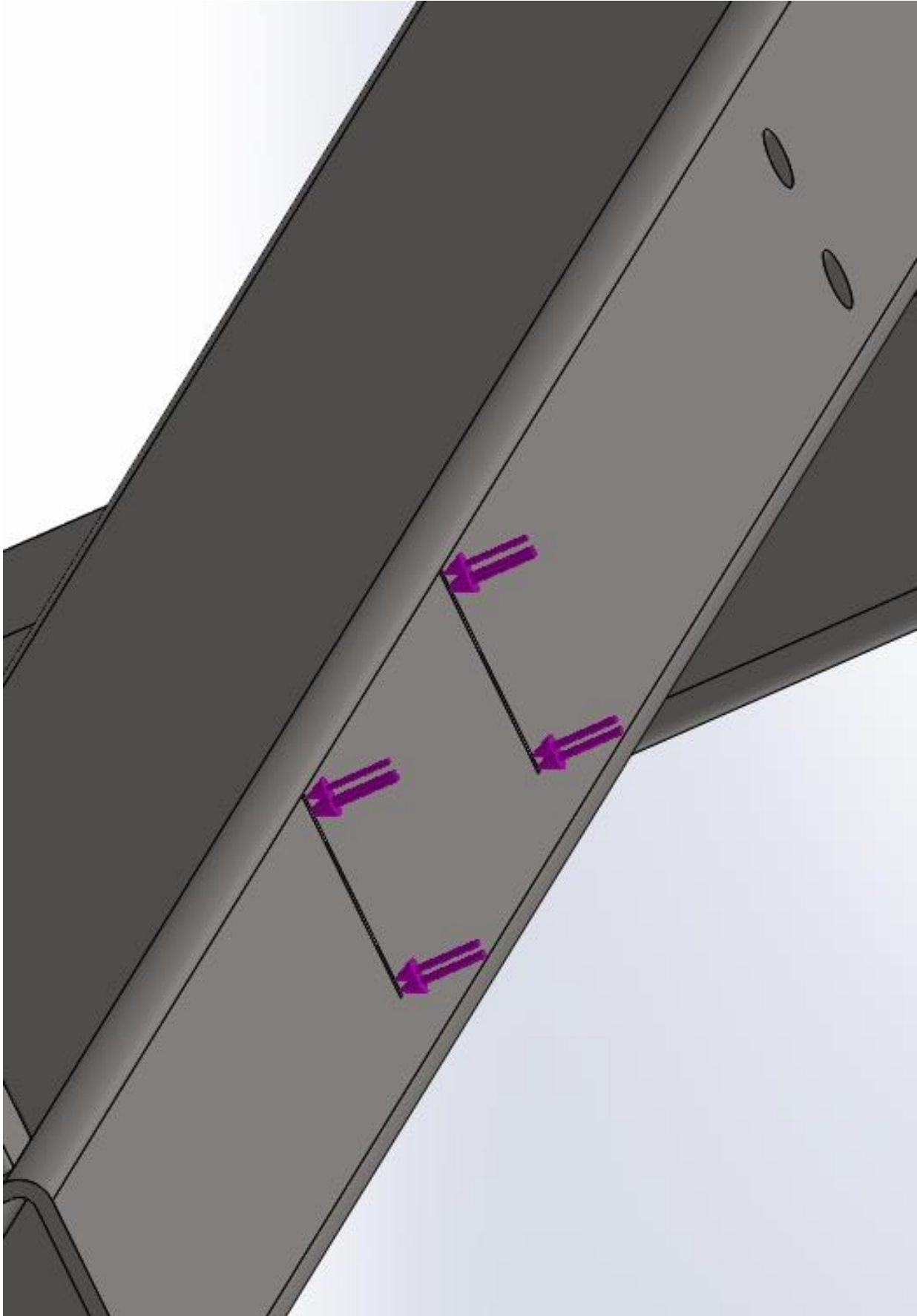
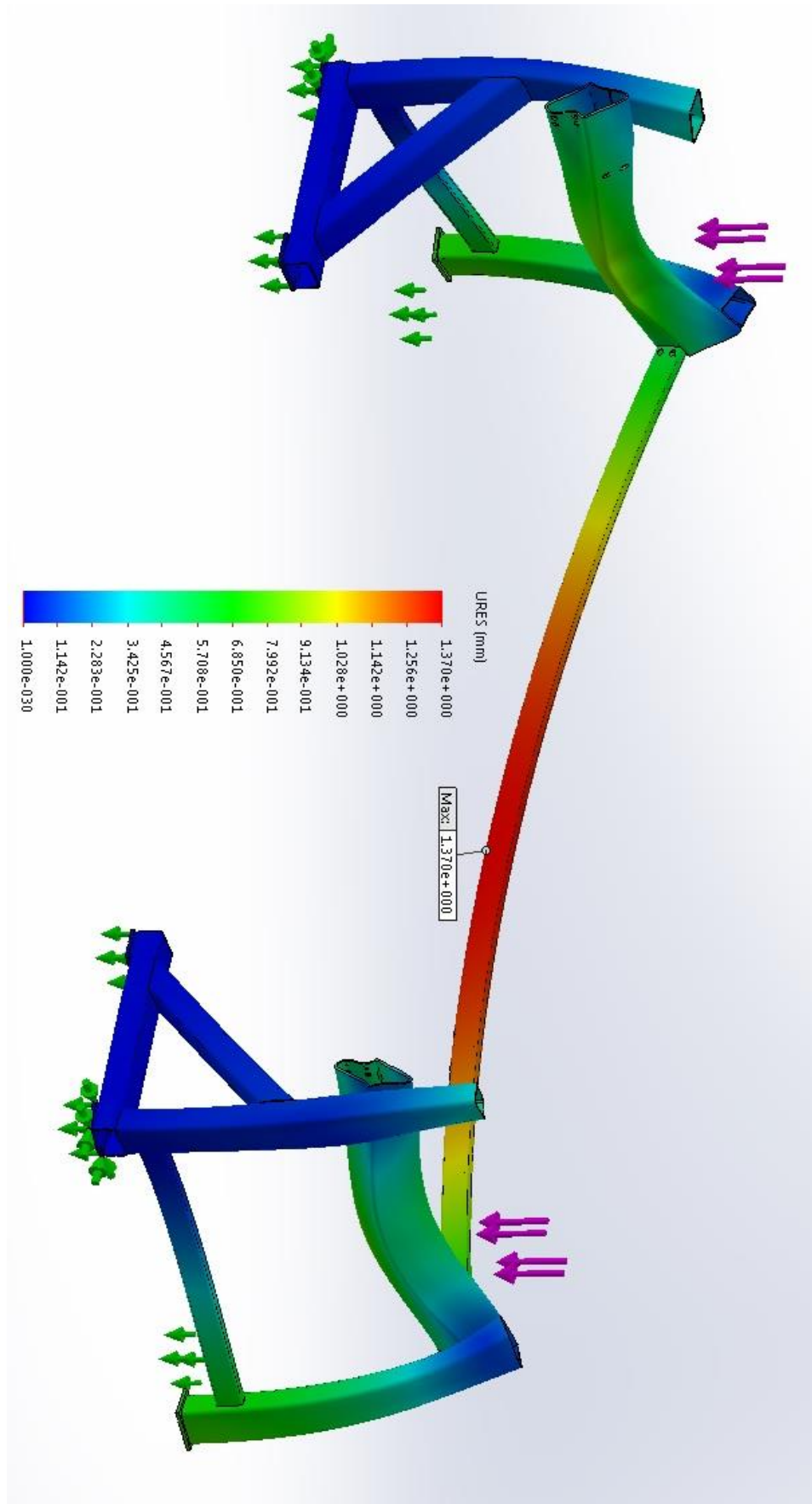


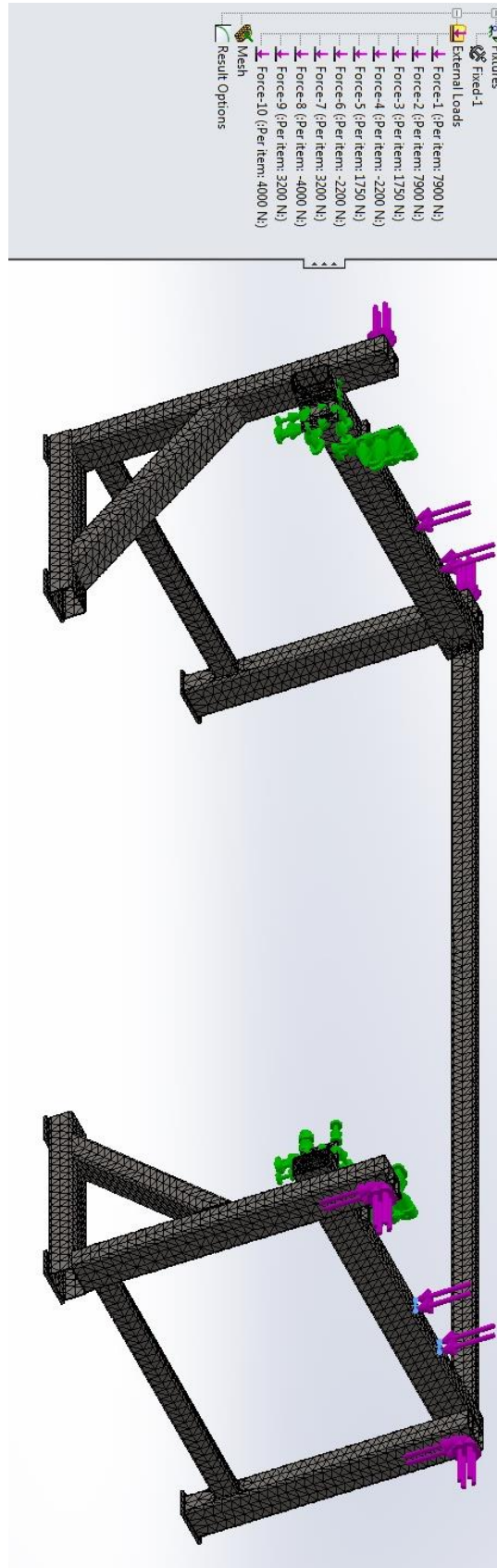
Bild på hur kraften, från UL, blev inlagd i monterings- och testningsfixturen.



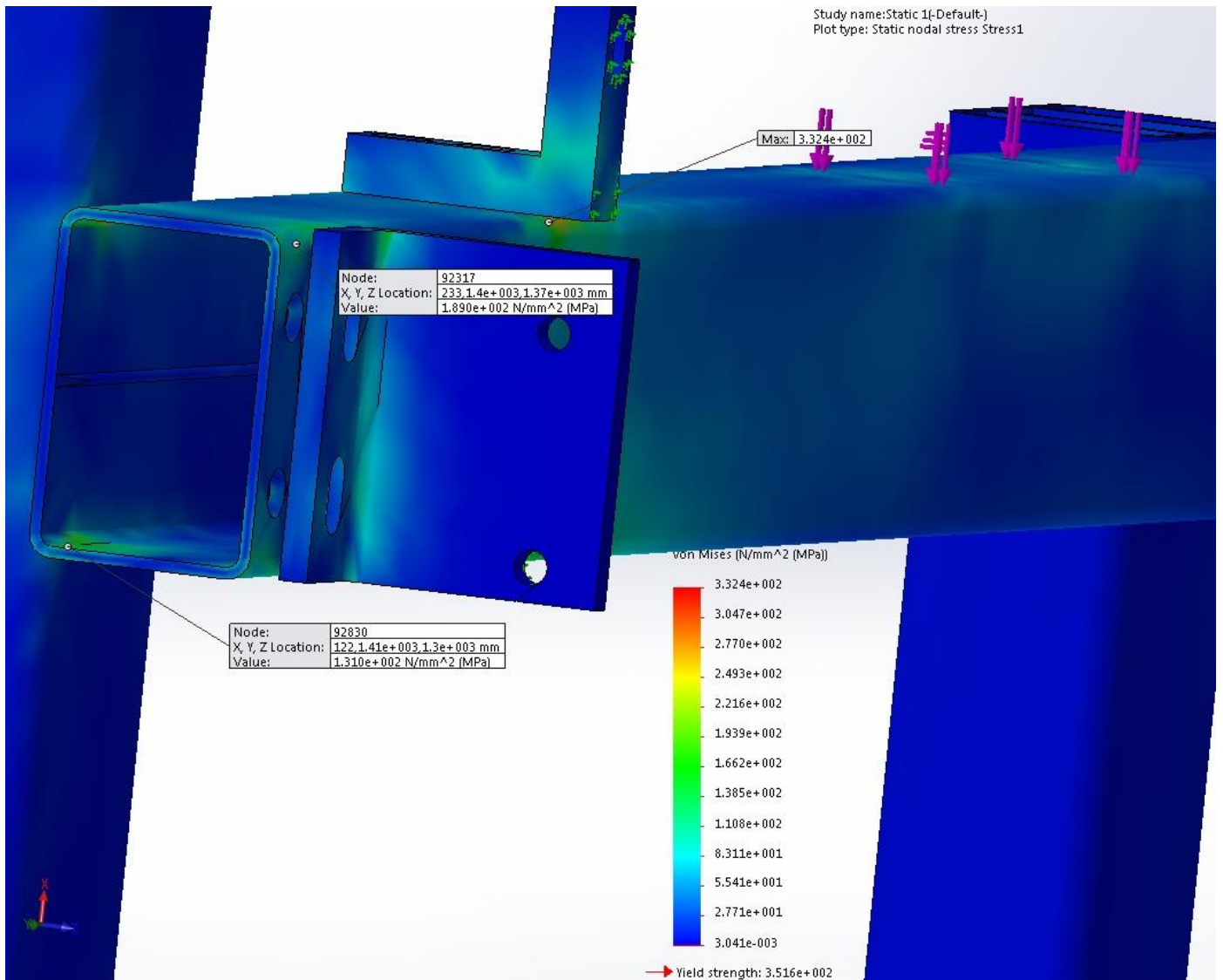
Deformationen av fixturen under driftsförhållanden. Notera att deformationerna har överdrivits för att lättare se vad som händer.



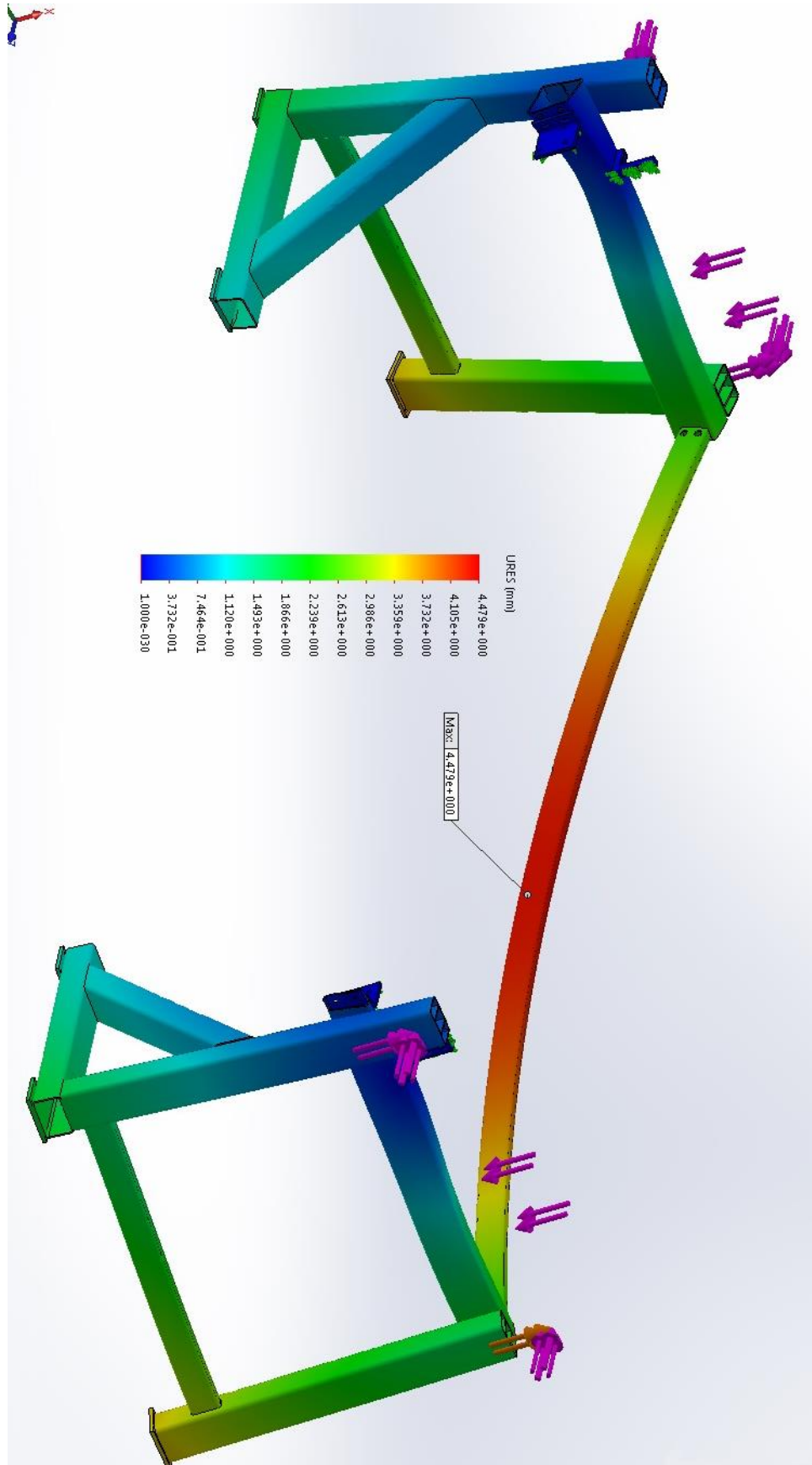
Monterings- och testningsfixturen klar för simulering. Här simuleras fallet när fixturen utsätts för lyft. Observera att krafterna, som egentligen skulle gå i en lutande riktning uppåt från kedjorna, har förenklats till krafter i vertikal samt horisontell riktning.



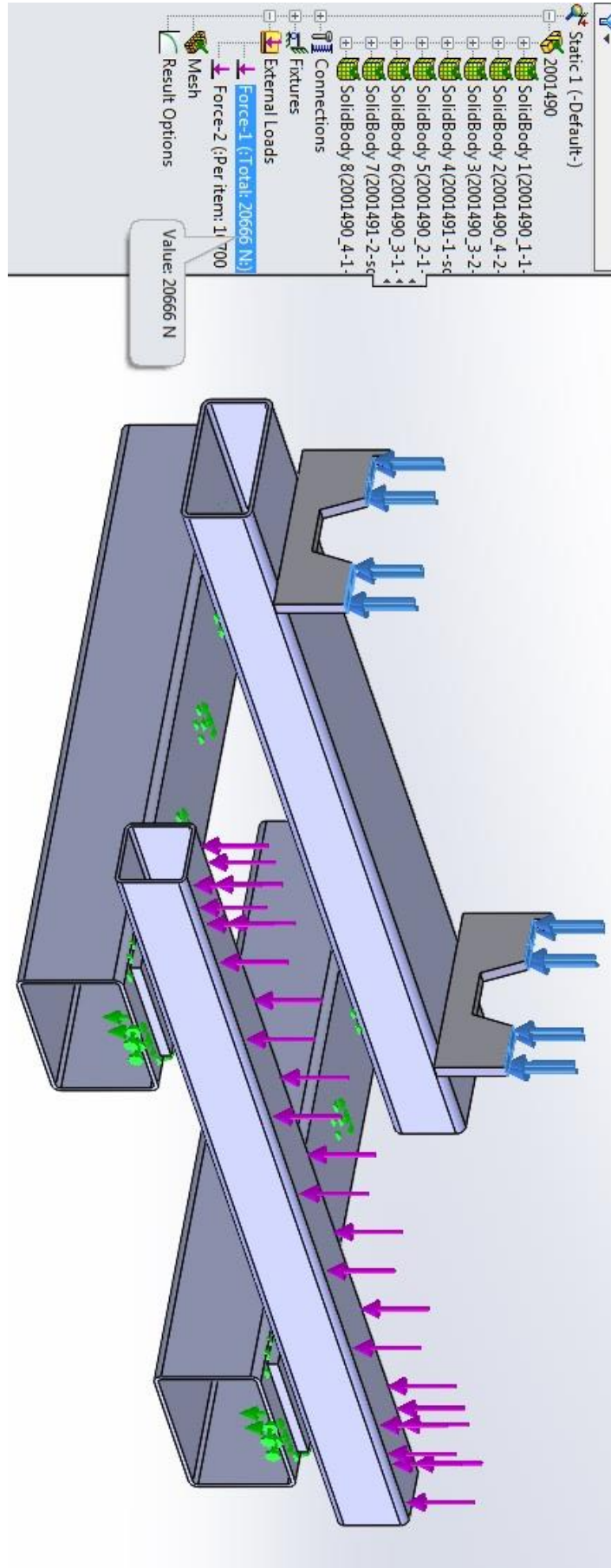
Spänningsvärdena vid intressanta ställen. Fixturen utsätts för lyft.



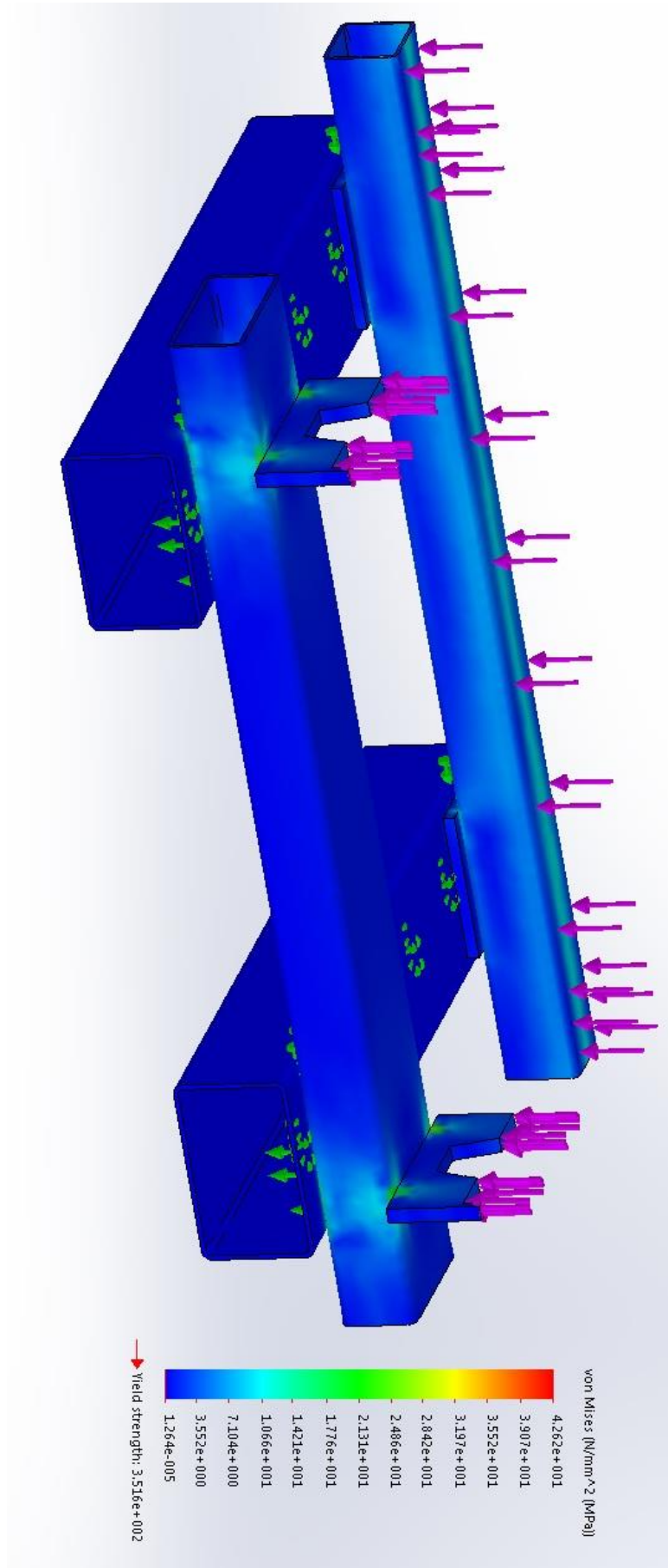
Monterings- och testningsfixturens deformation under lyft. Notera att deformationerna har överdrivits för att lättare se vad som händer.



Lyftfixturen med krafter och randvillkoren inlagda.



Spänningarna som uppstår vid belastning av lyftfixturen.



Deformationen som uppstår vid belastning av lyftfixturen.

