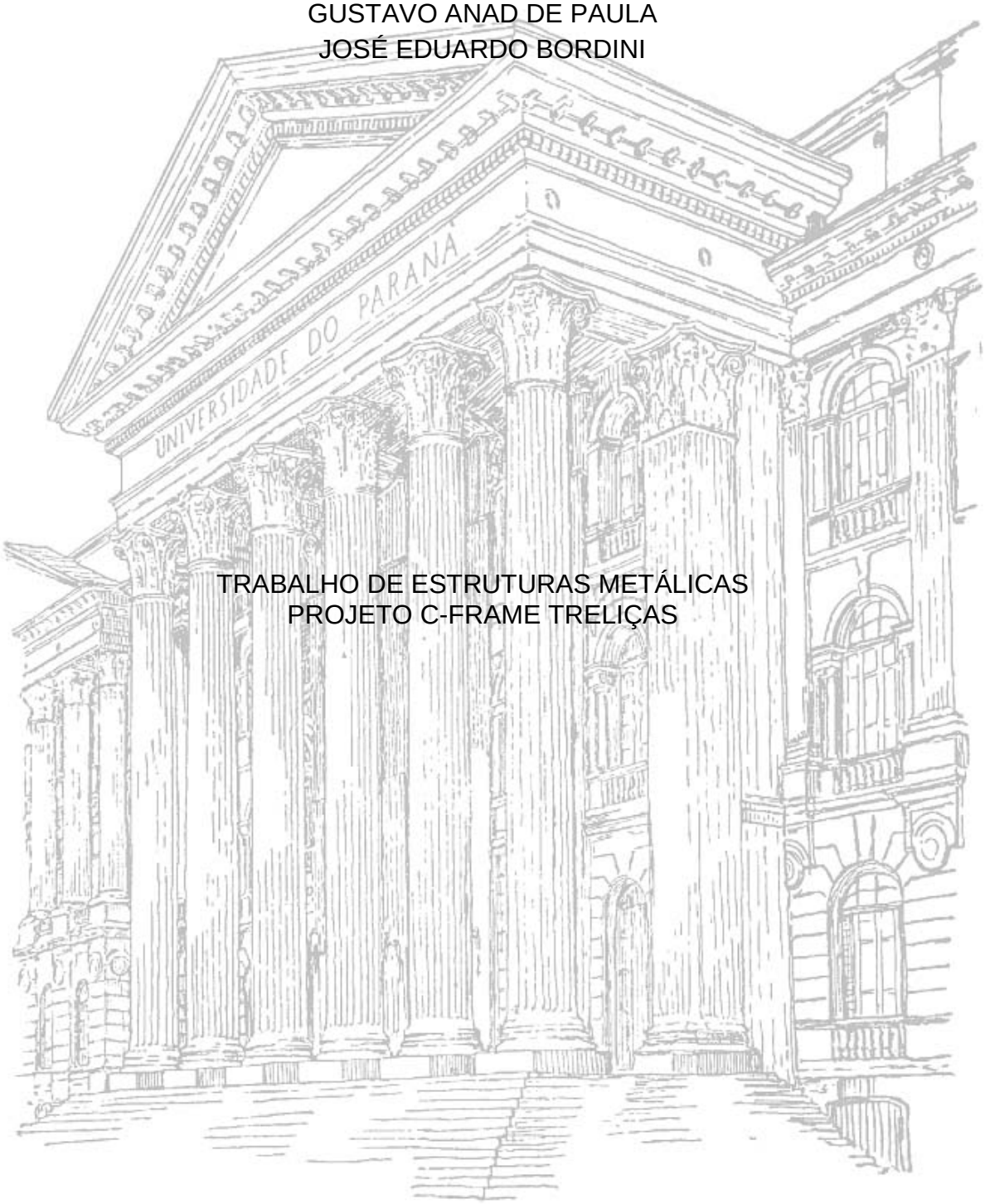
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANTONIO HENRIQUE BUBNA
GUSTAVO ANAD DE PAULA
JOSÉ EDUARDO BORDINI

Nota: 100



TRABALHO DE ESTRUTURAS METÁLICAS
PROJETO C-FRAME TRELIÇAS

CURITIBA
2016

ANTONIO HENRIQUE BUBNA
GUSTAVO ANAD DE PAULA
JOSÉ EDUARDO BORDINI

TRABALHO DE ESTRUTURAS METÁLICAS
PROJETO C-FRAME TRELIÇAS

Relatório de projeto de c-frame realizada em sala de aula do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Paraná – UFPR – como requisito da disciplina Estruturas Metálicas.

Orientador: Prof. Dr. Walter Antonio Kapp.

CURITIBA
2016

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Foi solicitado o dimensionamento de uma estrutura do tipo C-frame, utilizada para operações de rebitamento durante a fabricação de componentes da indústria aeronáutica.

Os requisitos estruturais e operacionais a serem atendidos foram: peso máximo de 500 kg, garganta de 300 mm, comprimento do braço de 2000 mm, deformação máxima de 2 mm para cada lado, sendo que a estrutura estará sujeita a um esforço de 30 kN.

O c-frame deve ser acoplado em um robô modelo KR 1000 Titan, cujos dados de carga são apresentados abaixo:

Robots	KR 1000 titan KR 1000 F titan
In-line wrist	IW 1000
Rated payload	1,000 kg
Distance of the load center of gravity L_z	400 mm
Distance of the load center of gravity L_{xy}	450 mm
Permissible moment of inertia	500 kgm^2
Max. total load	1,050 kg
Supplementary load, arm	100 kg
Supplementary load, link arm	0 kg
Supplementary load, rotating column	0 kg
Supplementary load, base frame	0 kg

Tabela 1- Cargas suportadas pelo robô

Figura 1 – Robô KR 1000 Titan

SOLUÇÃO PROPOSTA

A solução proposta se trata de uma estrutura de treliça, formada por tubos retangulares e barras chatas. Desta forma é possível aliviar o peso do equipamento, além de que o uso de perfis comerciais facilita a fabricação da estrutura, pela disponibilidade dos itens no mercado e por permitir juntas soldadas sem maiores complicações. O perfil da treliça também acompanha a variação do momento fletor ao longo da estrutura.

2. ANÁLISE ANALÍTICA

Nesta análise que esta detalhada em anexo, fornecida pelo software autodesk inventor, pode-se vislumbrar tanto visualmente quanto numericamente os pontos de interesse, bem como os dados relevantes para o desenvolvimento do projeto; tal análise foi utilizada na otimização da geometria da estrutura em questão, sempre que visualizadas as tensões e deslocamentos fornecidos, alterando medidas e perfis estruturais quando necessário.

Na otimização prática da estrutura foram inseridas “janelas” nas regiões de junção dos tubos com a barra chata, bem como evitou-se a congruência de vários seguimentos no mesmo nó, para aliviar as tensões que a estrutura se sujeita devido a execução da solda da estrutura.

A análise deve considerar a aplicação dinâmica do projeto, portanto deve-se levar em conta a Tensão Final de Fadiga, considerando vida infinita em fadiga. Portanto os resultados relevantes a serem verificados são o Smax, Smin e Saxial; nos resultados pode-se verificar que os valores fornecidos pouco excedem os 30 Mpa, bem abaixo dos limites desejados.

Na sequência é apresentado um dos resultados, e em anexo todos os resultados são apresentados.

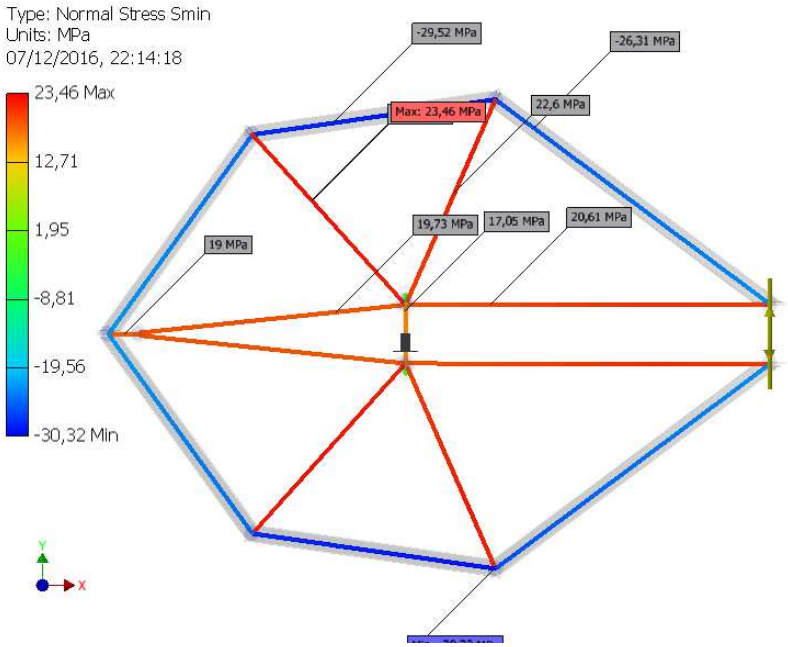


Figura 2 – Tensão normal miníma

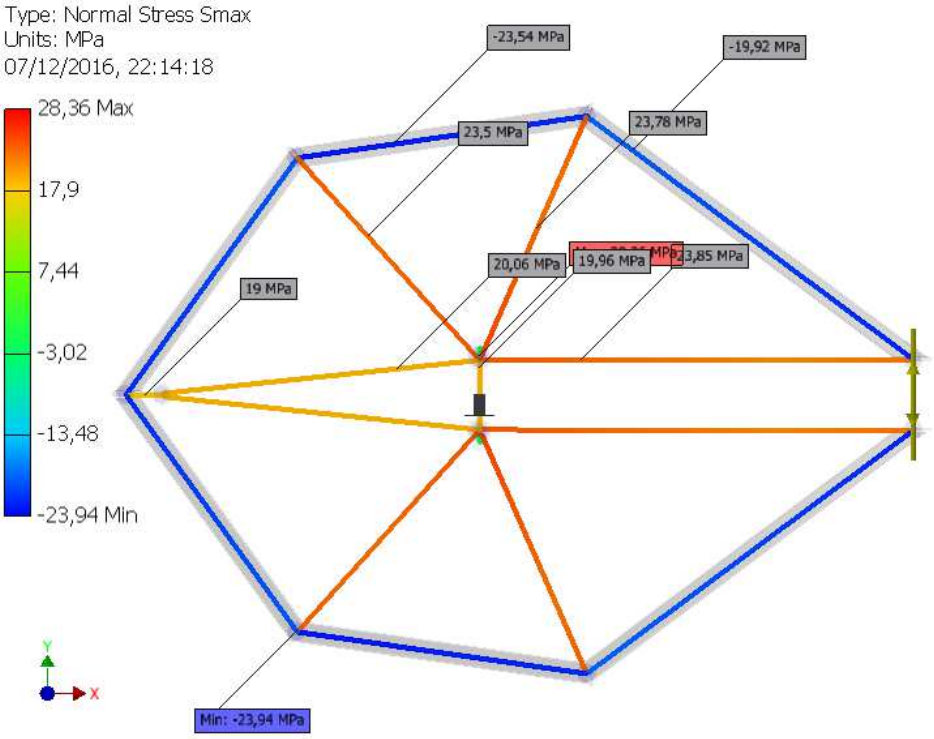


Figura 3 – Tensão normal máxima

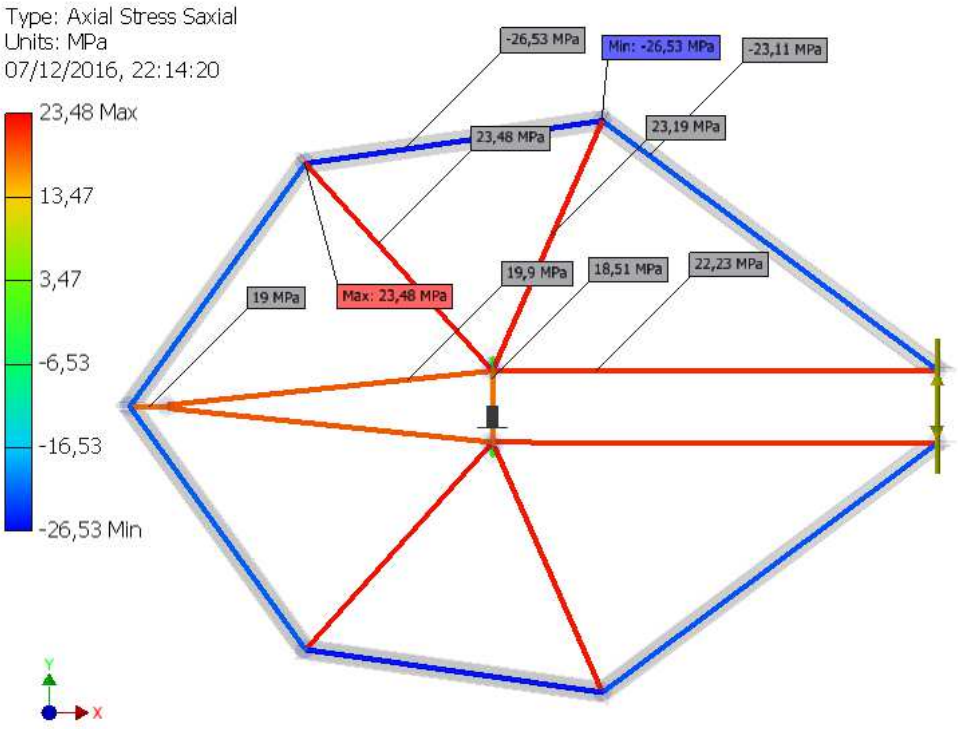


Figura 4 – Tensão axial

3. FLAMBAGEM

Sempre que se projeta um elemento estrutural comprido e esbelto sujeito a uma forma de compressão axial, deve-se atentar a ocorrência de deflexão lateral (flambagem). Com muita frequência a flambagem de uma coluna pode ocasionar uma falha abrupta que compromete a estabilidade e rigidez, muitas vezes causando o colapso da estrutura.

A carga máxima que uma coluna pode suportar quando está na iminência de sofrer flambagem é denominada carga crítica.

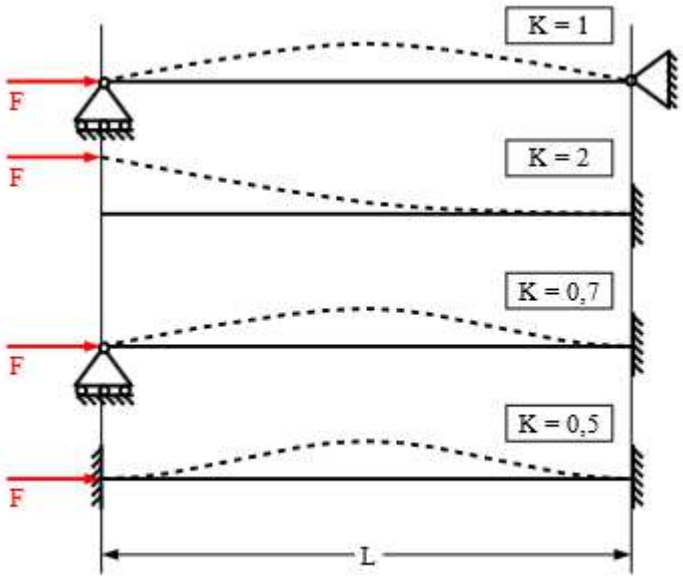
$E = 207\ GPa$ Módulo de elasticidade

$I = 3114741.8\ mm^4$ Momento de inércia de um tubo 100x100x12.5

$A = 2163.3\ mm^2$ Área da secção

$L = 1902\ mm$ Comprimento do maior tubo em compressão na estrutura em treliça

Figura 5 – Índice de esbeltez



$L_e = L \cdot K = L \cdot 1\ mm$ Comprimento equivalente do maior elemento.

A carga de compressão crítica é dada por:

$$C_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{{L_e}^2} = 1759\ KN$$

Raio de giração:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = 37.945\ mm$$

Substituindo Momento de inércia por A e raio:

$$C_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{{L_e}^2} = \frac{\pi^2 \cdot A \cdot E \cdot r^2}{{L_e}^2}$$

Separando Le/r:

$$C_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot A \cdot E}{\left(\frac{L_e}{r}\right)^2}$$

Índice de esbeltez da coluna:

$$C_E = \frac{L_e}{r} = 50.125$$

Carga crítica :

$$C_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot A \cdot E}{{C_e}^2} = 1.759\ MN$$

Tensão crítica, ou seja o tubo não flambará por flexão lateral:

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E}{{C_e}^2} = 813.119\ MPa$$

4. ANÁLISE NUMÉRICA (FEA)

Após a análise analítica e a definição da geometria da estrutura, seguida pela análise de flambagem do tubo. Acrescentou-se as uniões dos tubos da estrutura, feitas por solda; após a definição de tais junções foi feita a análise numérica. Os resultados são apresentados no anexo Stress Analisys Report.

.

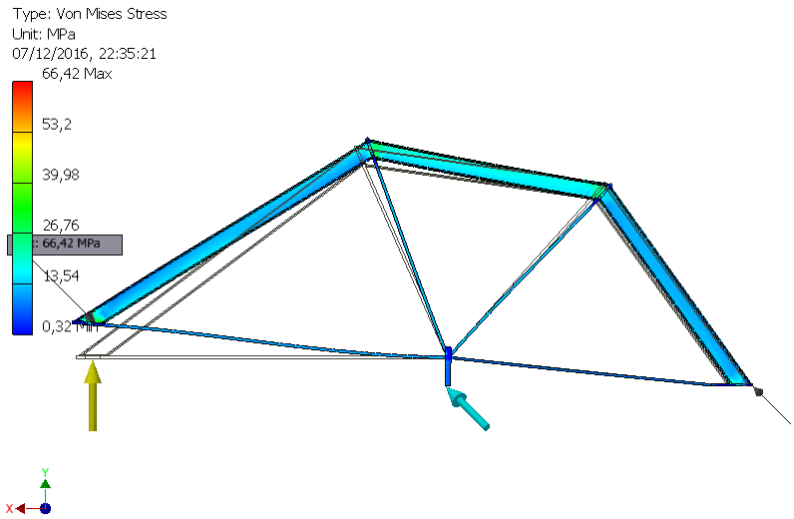


Figura 6 – Tensões por Von Mises

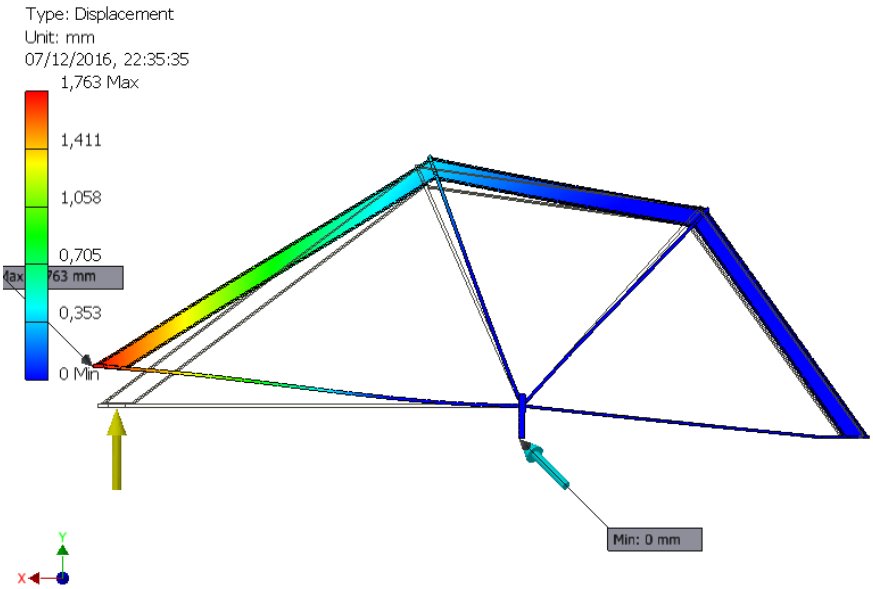
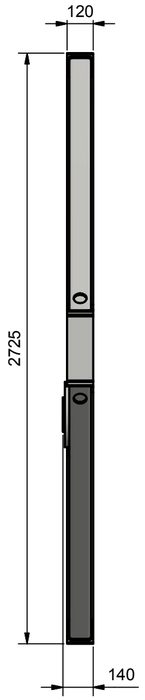


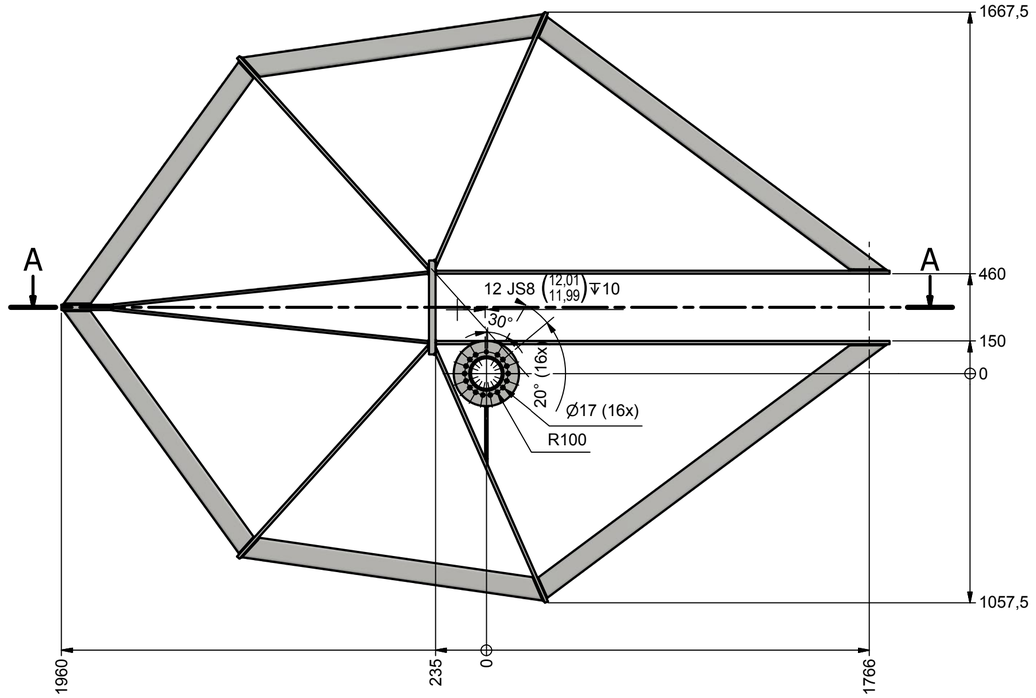
Figura 7 – Deslocamentos

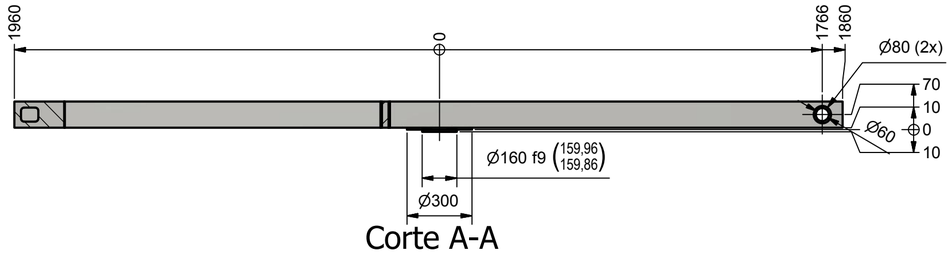
CONCLUSÃO

Constatamos ao decorrer desse trabalho que a utilização de um programa de análise estrutural é indispensável, porém é evidente que um software não substitui o ser humano, a capacidade de analisar com objetividade o problema, propor uma solução e aperfeiçoa-la são aspectos que só o engenheiro adicionará ao projeto com sua experiência e conhecimento técnico.

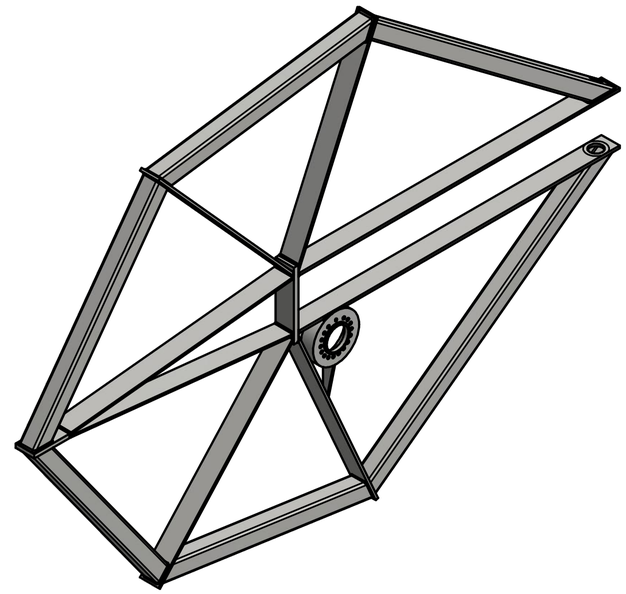
Conforme vimos nos resultados apresentados anteriormente, nossa estrutura atendeu todos os requisitos iniciais, bem como ficou com esforços distribuídos de maneira quase homogênea ao longo de cada elemento, o que significa que o projeto ficou bem otimizado.



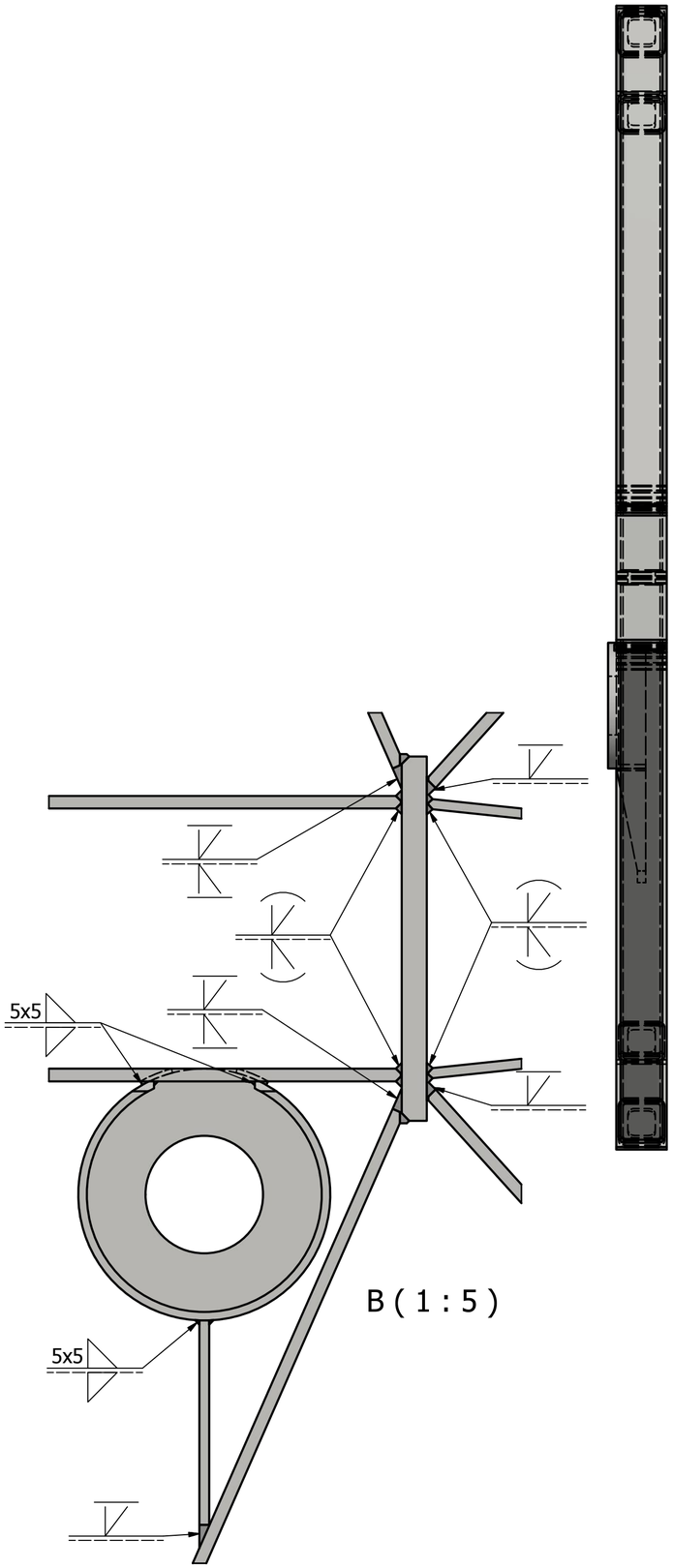


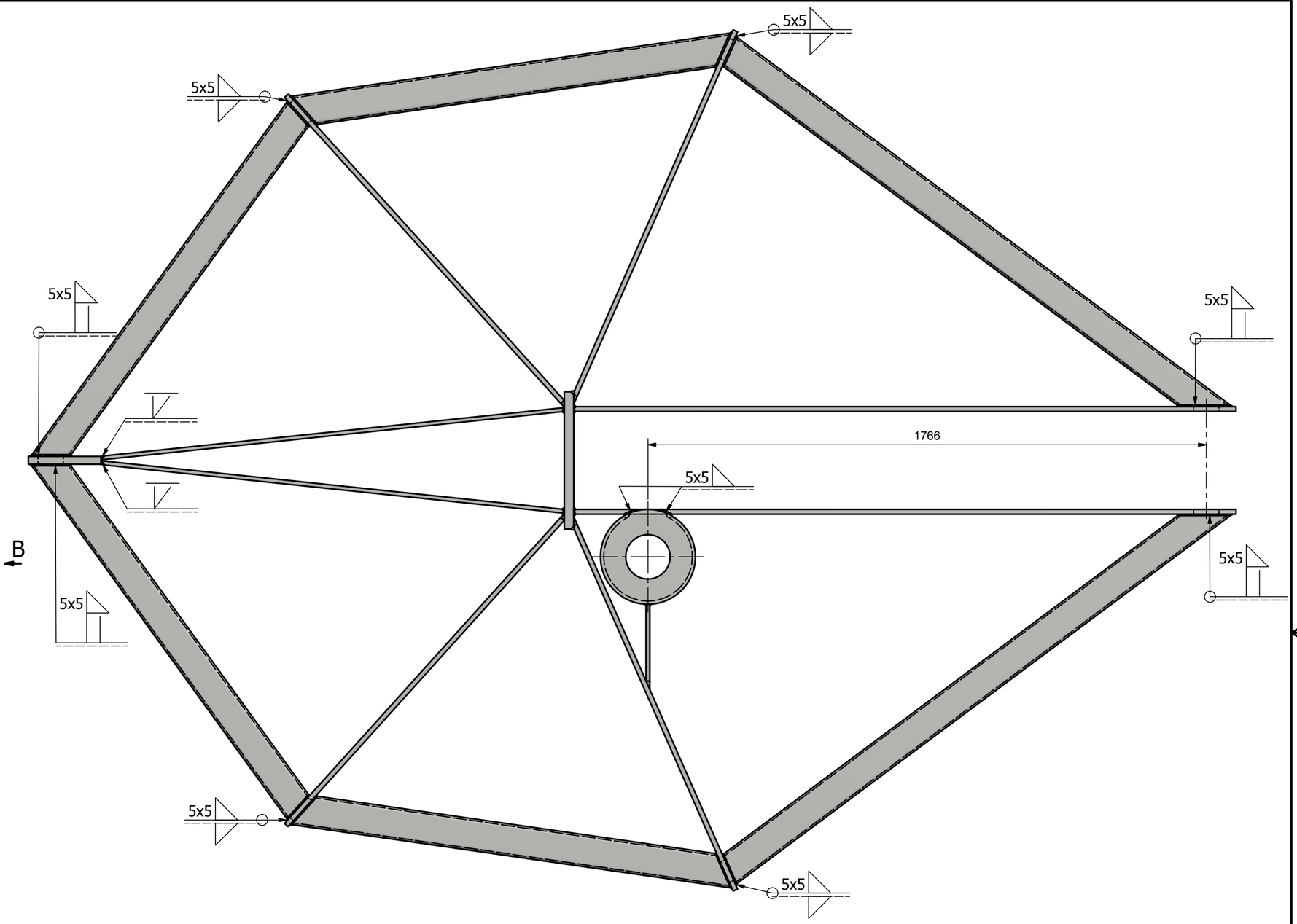


Corte A-A

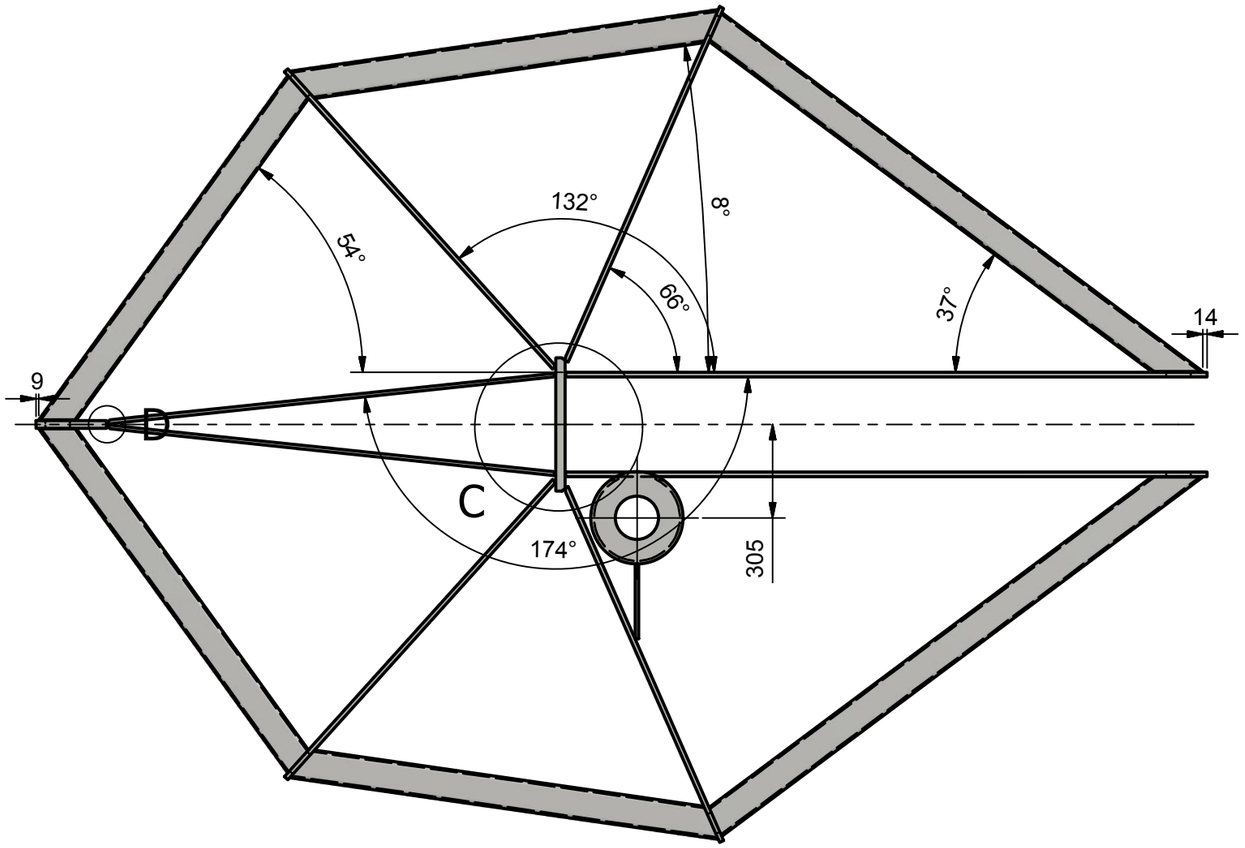


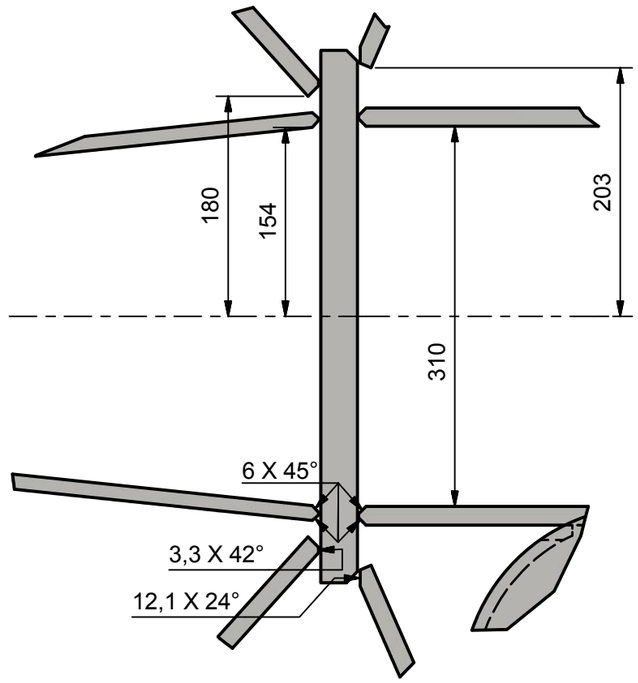
Modelo: Walter A. Kapp	Data: 01/11/2016	D. rev.:	Rev.:	1º Diedro	Descrição:
Desenho: Walter A. Kapp	Data: 08/12/2016	D. rev.:	Rev.:	Prior.:	Projeto: RES
Resp.Téc.: Walter A. Kapp	Resp. Contr.: Walter A. Kapp			Tolerância:	Contrato: Auto financiado
EngeMOVI	Material: Welded Steel Mild		Massa: N/A	Rugosidade:	Cliente: EngeMOVI
	Acabamento:			Qtd:	Arq.: Treliça_José_1.iam / Escala:
	Este desenho é propriedade da EngeMOVI, sendo proibida a sua reprodução, divulgação total ou parcial sem a autorização prévia da mesma.				Peça nº: / Folha: 1 de 13



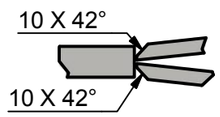


Modelo: Walter A. Kapp	Data: 01/11/2016	D. rev.:	Rev.:	1º Diedro	Descrição:
Desenho: Walter A. Kapp	Data: 08/12/2016	D. rev.:	Rev.:	Prior.:	Projeto: RES
Resp.Téc.: Walter A. Kapp	Resp. Contr.: Walter A. Kapp			Tolerância:	Contrato: Auto financiado
EngeMOVI	Material: Welded Steel Mild		Massa: N/A	Rugosidade:	Cliente: EngeMOVI
	Acabamento:			Qtd:	Arq.: Treliça_José_1.iam — Escala:
	Este desenho é propriedade da EngeMOVI, sendo proibida a sua reprodução, divulgação total ou parcial sem a autorização prévia da mesma.				Peça nº: — Folha: 2 de 13



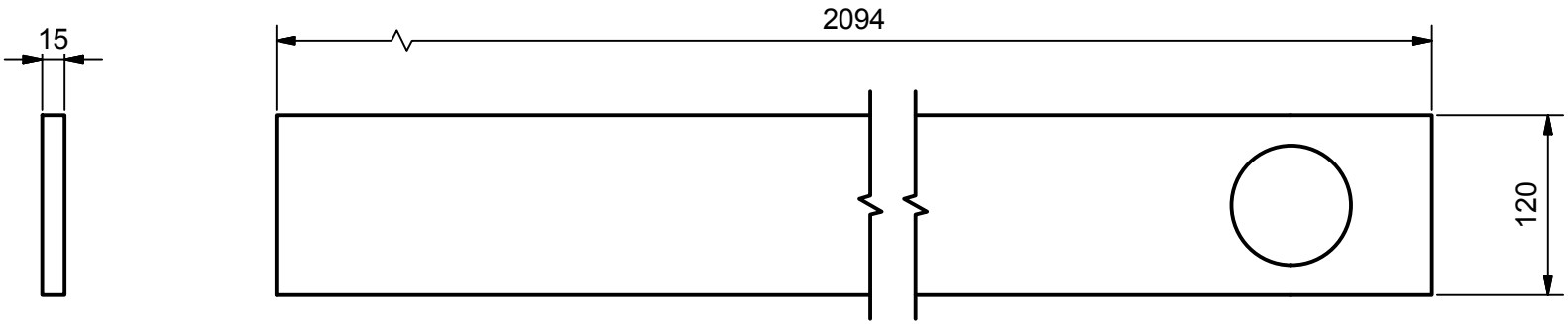


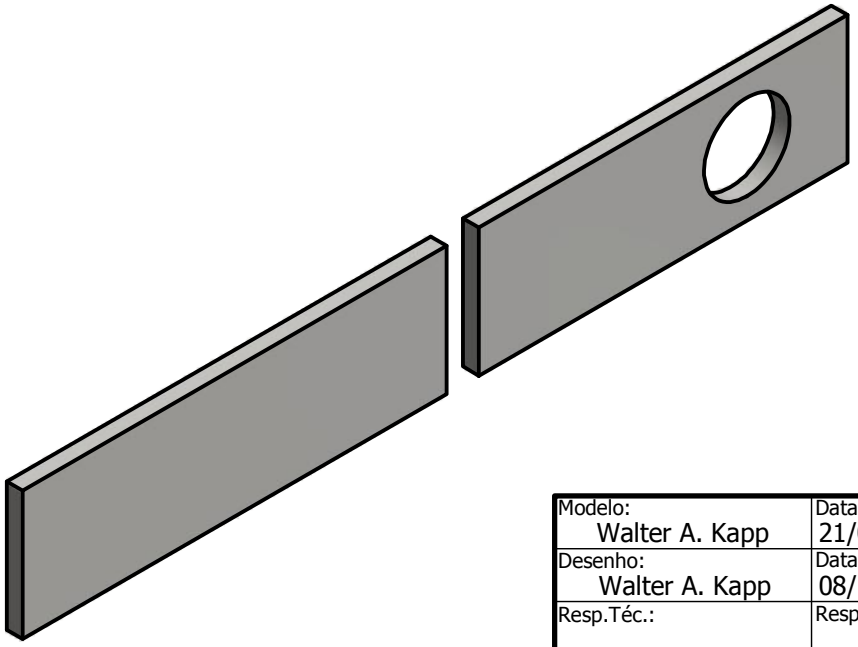
C (1 : 5)



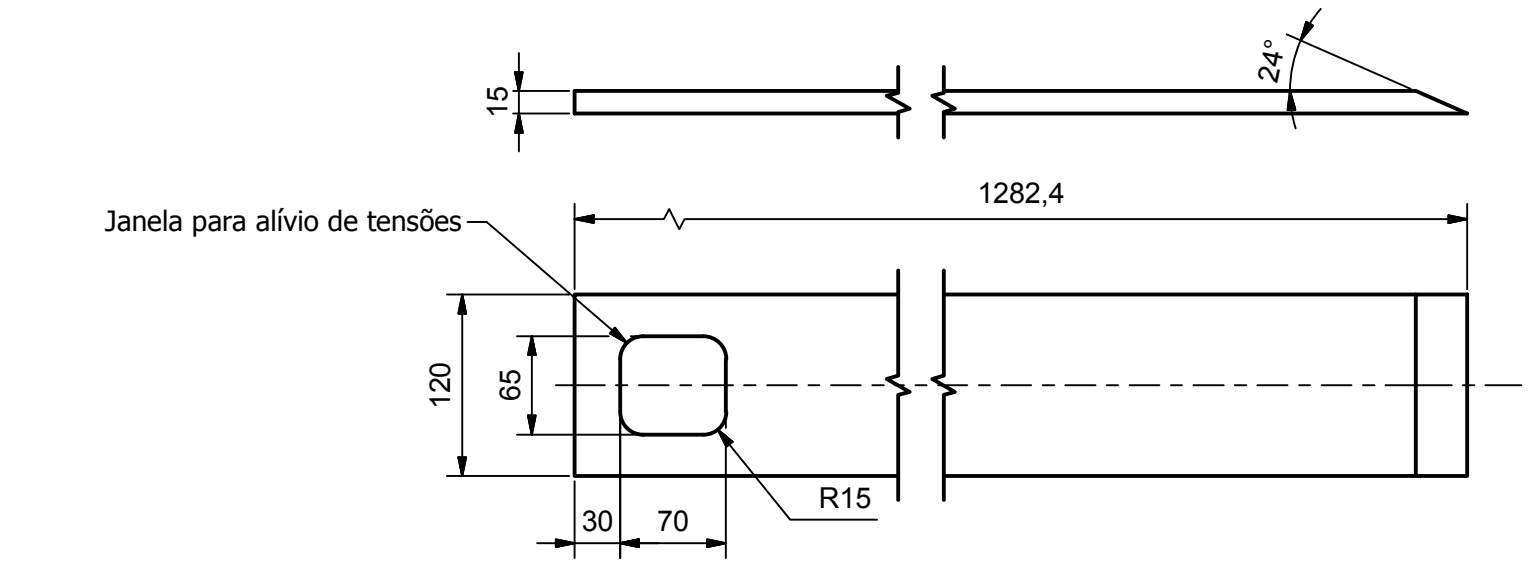
D (1 : 5)

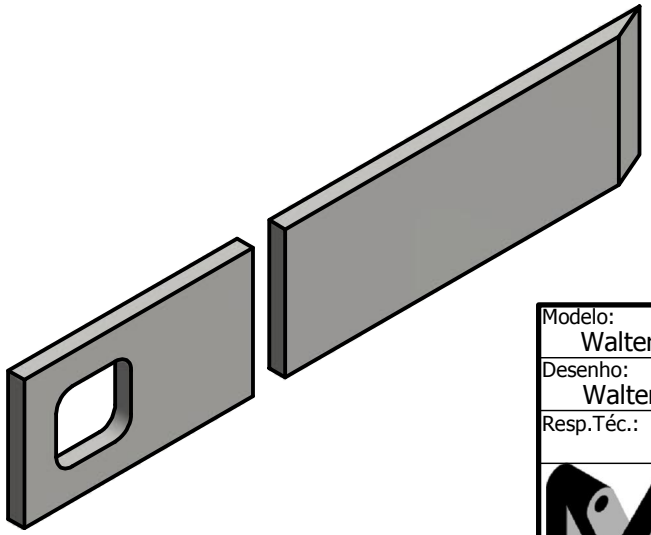
Modelo: Walter A. Kapp	Data: 01/11/2016	D. rev.:	Rev.:	1º Diedro	Descrição:
Desenho: Walter A. Kapp	Data: 08/12/2016	D. rev.:	Rev.:	Prior.:	Projeto: RES
Resp.Téc.: Walter A. Kapp	Resp. Contr.: Walter A. Kapp			Tolerância:	Contrato: Auto financiado
EngeMOVI	Material: Welded Steel Mild		Massa: N/A	Rugosidade:	Cliente: EngeMOVI
	Acabamento:			Qtd:	Arq.: Treliça_José_1.iam / Escala:
	Este desenho é propriedade da EngeMOVI, sendo proibida a sua reprodução, divulgação total ou parcial sem a autorização prévia da mesma.				Peça nº: / Folha: 3 de 13



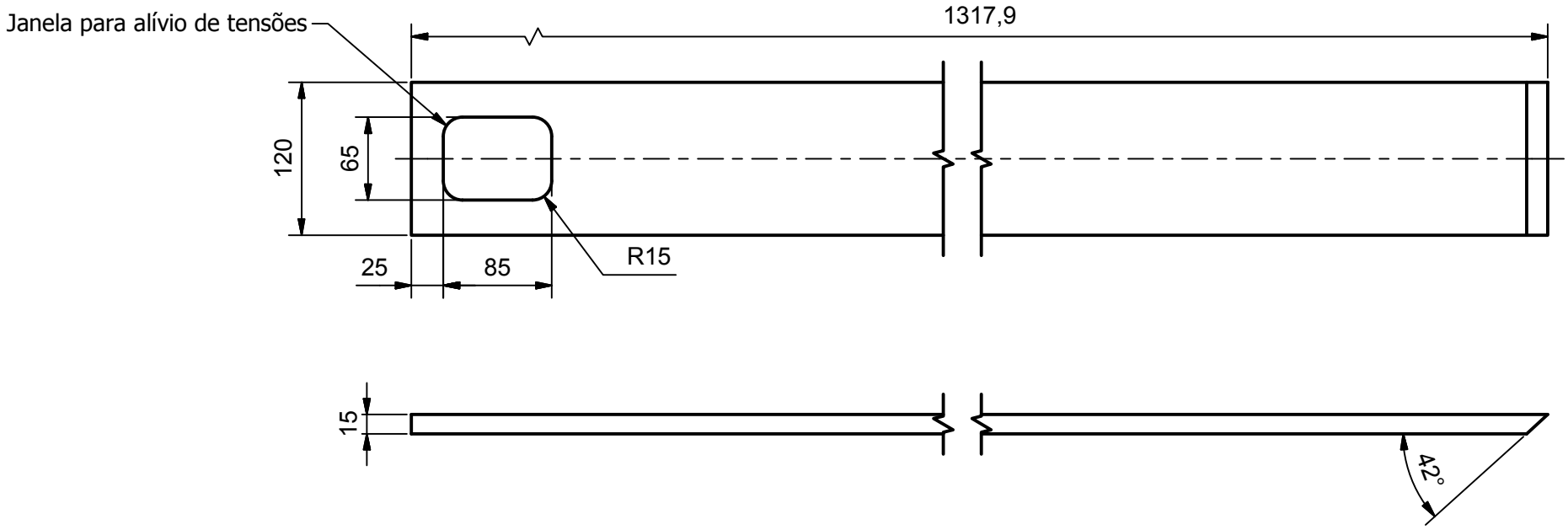


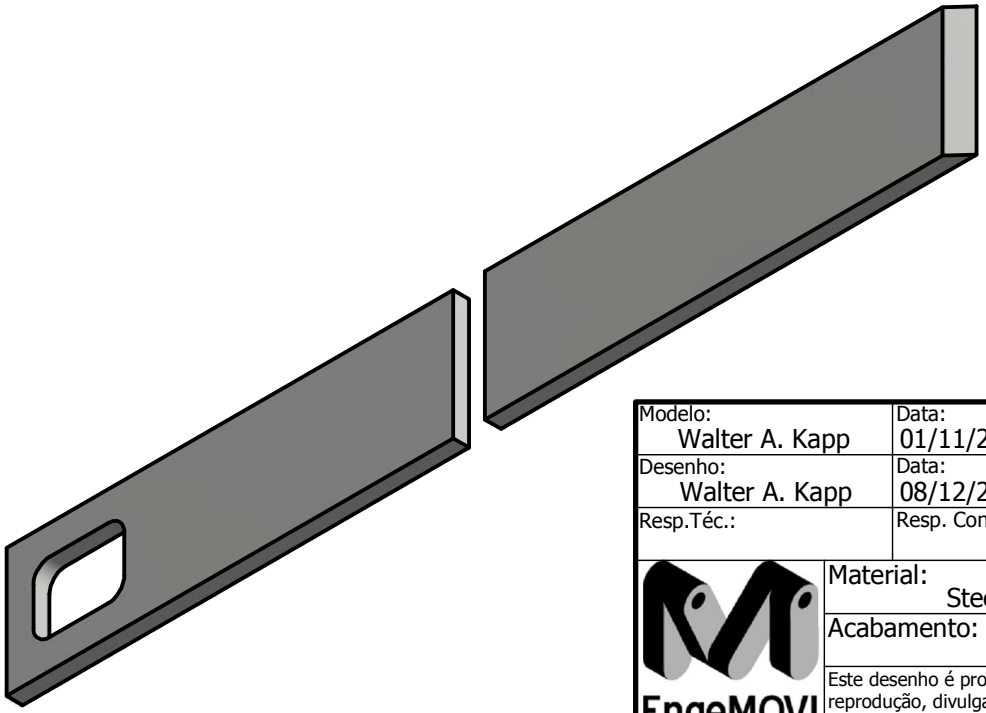
Modelo: Walter A. Kapp	Data: 21/02/2016	D. rev.:	Rev.:	1º Diedro	Descrição: Hot-rolled steel bars - Part 3: flat bars
Desenho: Walter A. Kapp	Data: 08/12/2016	D. rev.:	Rev.:	Prior.:	Projeto:
Resp.Téc.:	Resp. Contr.:			Tolerância:	Contrato:
EngeMOVI	Material: Steel, Mild		Massa: N/A	Rugosidade:	Cliente:
	Acabamento:			Qtd:	Arq.: ISO 120x 15 00000046.ipt / Escala:
	Este desenho é propriedade da , sendo proibida a sua reprodução, divulgação total ou parcial sem a autorização prévia da mesma.				Peça nº: 120x 15 / Folha: 4 de 13



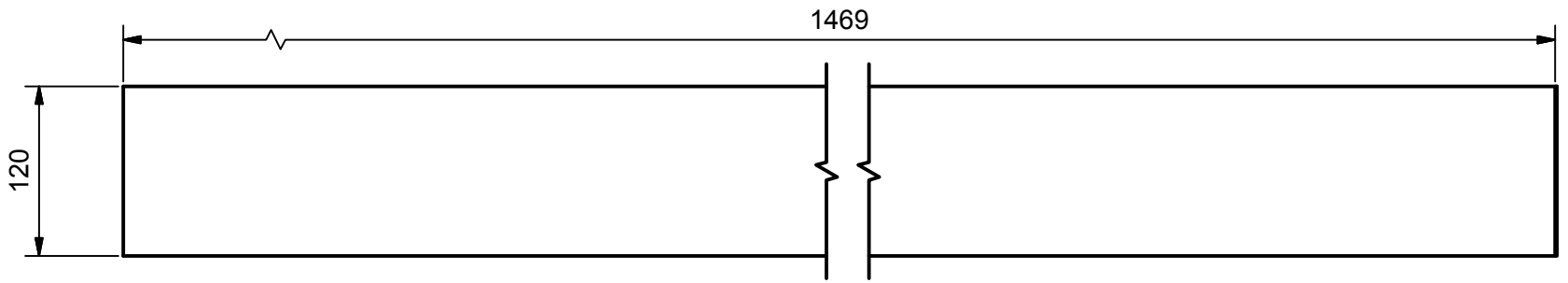


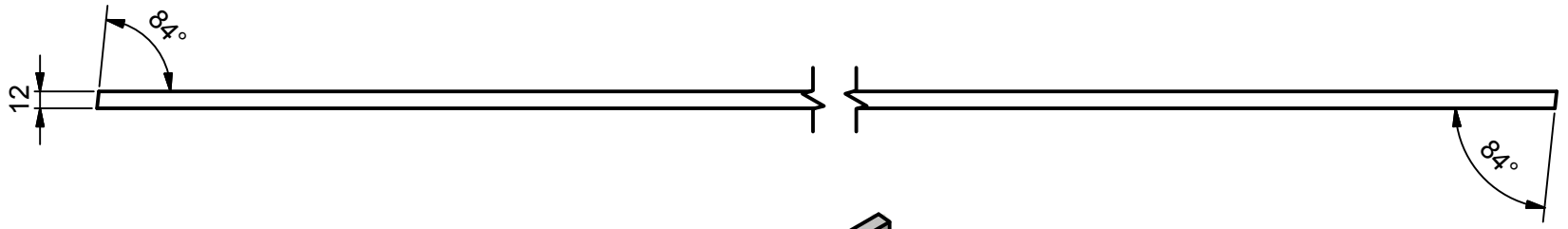
Modelo: Walter A. Kapp	Data: 01/11/2016	D. rev.:	Rev.:	1º Diedro	Descrição: Hot-rolled steel bars - Part 3: flat bars
Desenho: Walter A. Kapp	Data: 08/12/2016	D. rev.:	Rev.:	Prior.:	Projeto:
Resp.Téc.:	Resp. Contr.:			Tolerância:	Contrato:
EngeMOVI	Material: Steel, Mild		Massa: 17,39 kg	Rugosidade:	Cliente:
	Acabamento:			Qtd:	Arq.: ISO 120x 15 00000045.ipt / Escala:
	Este desenho é propriedade da , sendo proibida a sua reprodução, divulgação total ou parcial sem a autorização prévia da mesma.				Peça nº: 120x 15 / Folha: 5 de 13

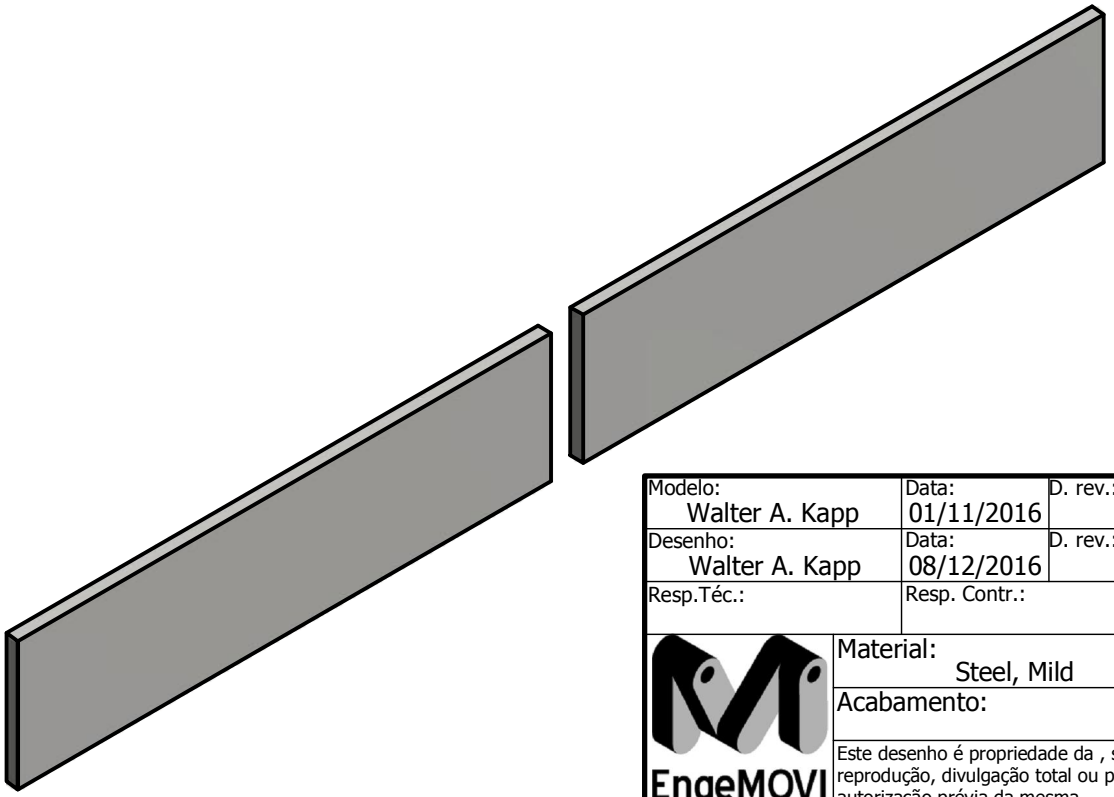




Modelo: Walter A. Kapp	Data: 01/11/2016	D. rev.:	Rev.:	1º Diedro	Descrição: Hot-rolled steel bars - Part 3: flat bars
Desenho: Walter A. Kapp	Data: 08/12/2016	D. rev.:	Rev.:	Prior.:	Projeto:
Resp.Téc.:	Resp. Contr.:			Tolerância:	Contrato:
EngeMOVI	Material: Steel, Mild		Massa: 17,90 kg	Rugosidade:	Cliente:
	Acabamento:			Qtd:	Arq.: ISO 120x 15 00000044.ipt / Escala:
	Este desenho é propriedade da , sendo proibida a sua reprodução, divulgação total ou parcial sem a autorização prévia da mesma.				Peça nº: 120x 15 / Folha: 6 de 13

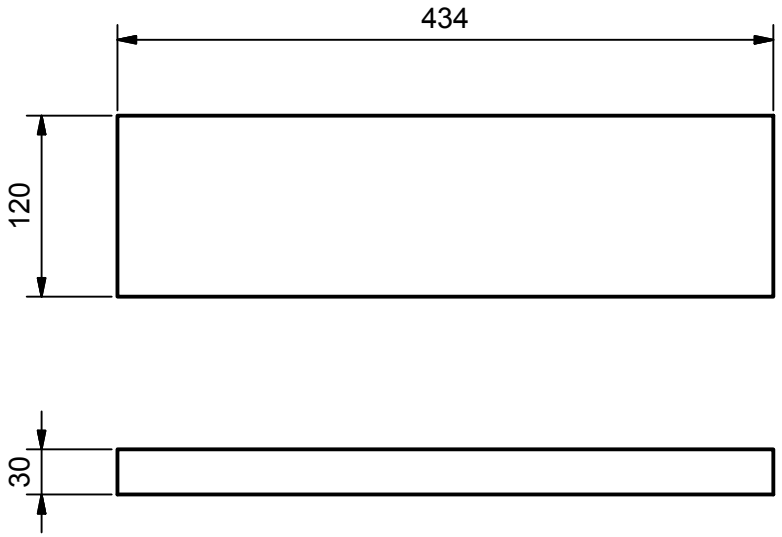


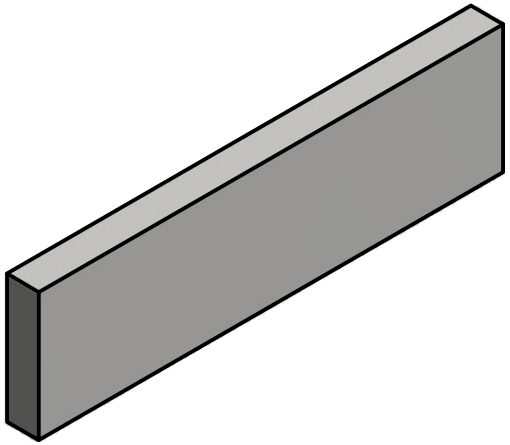




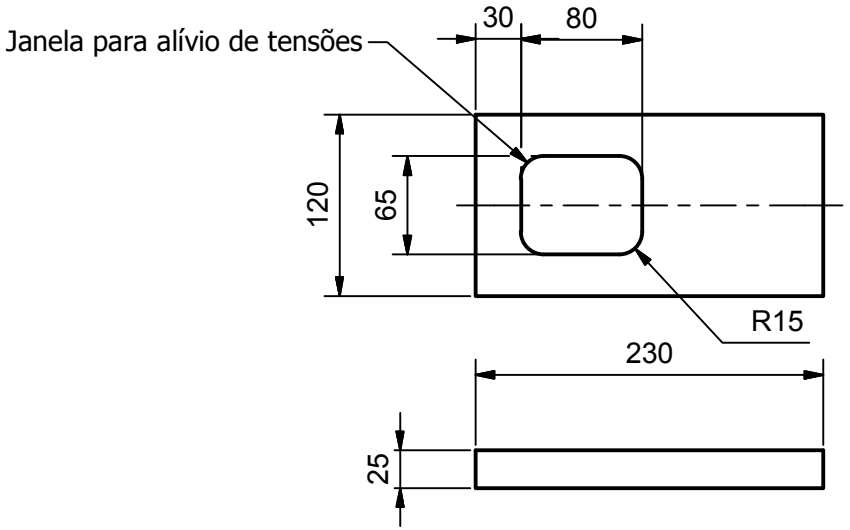
Modelo: Walter A. Kapp	Data: 01/11/2016	D. rev.:	Rev.:	1º Diedro	Descrição: Hot-rolled steel bars - Part 3: flat bars
Desenho: Walter A. Kapp	Data: 08/12/2016	D. rev.:	Rev.:	Prior.:	Projeto:
Resp.Téc.:	Resp. Contr.:			Tolerância:	Contrato:
Material: Steel, Mild			Massa: 16,63 kg	Rugosidade:	Cliente:
Acabamento:				Qtd:	Arq.: ISO 120x 12 00000043.ipt / Escala:
					Peça nº: 120x 12 / Folha: 7 de 13

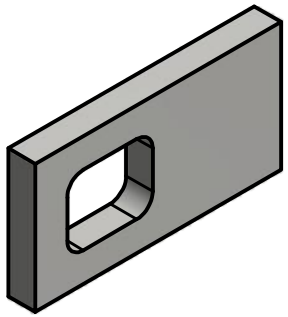
EngeMOVI



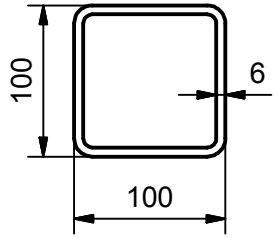


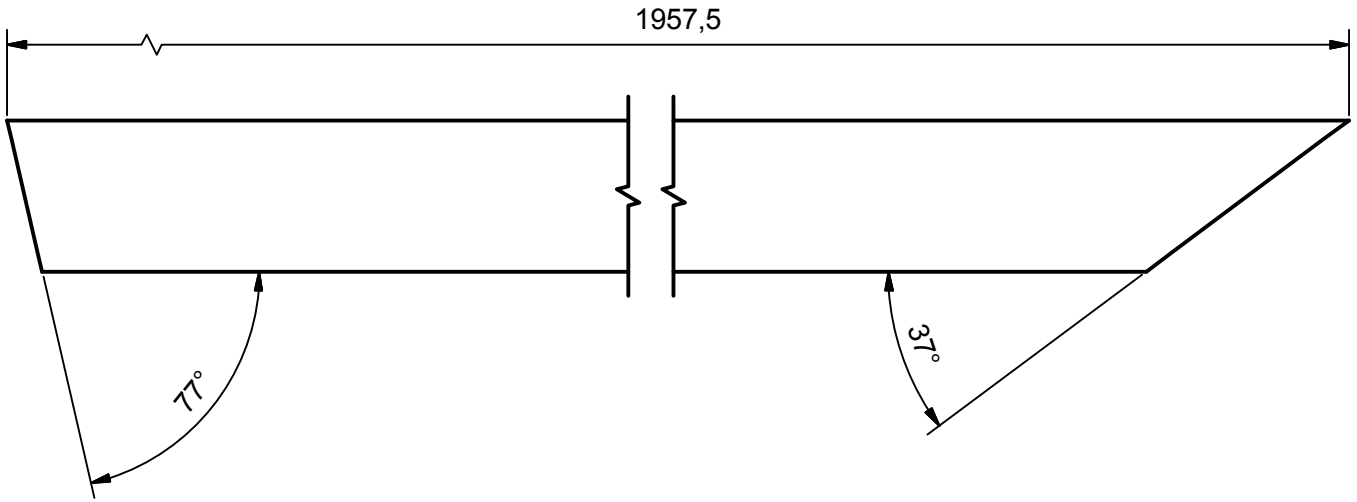
Modelo: Walter A. Kapp	Data: 21/02/2016	D. rev.:	Rev.:	1º Diedro	Descrição: Hot-rolled steel bars - Part 3: flat bars
Desenho: Walter A. Kapp	Data: 08/12/2016	D. rev.:	Rev.:	Prior.:	Projeto:
Resp.Téc.:	Resp. Contr.:			Tolerância:	Contrato:
EngeMOVI	Material: Steel, Mild		Massa: 12,28 kg	Rugosidade:	Cliente:
	Acabamento:			Qtd:	Arq.: ISO 120x 30 00000048.ipt / Escala:
	Este desenho é propriedade da , sendo proibida a sua reprodução, divulgação total ou parcial sem a autorização prévia da mesma.				Peça nº: 120x 30 / Folha: 8 de 13

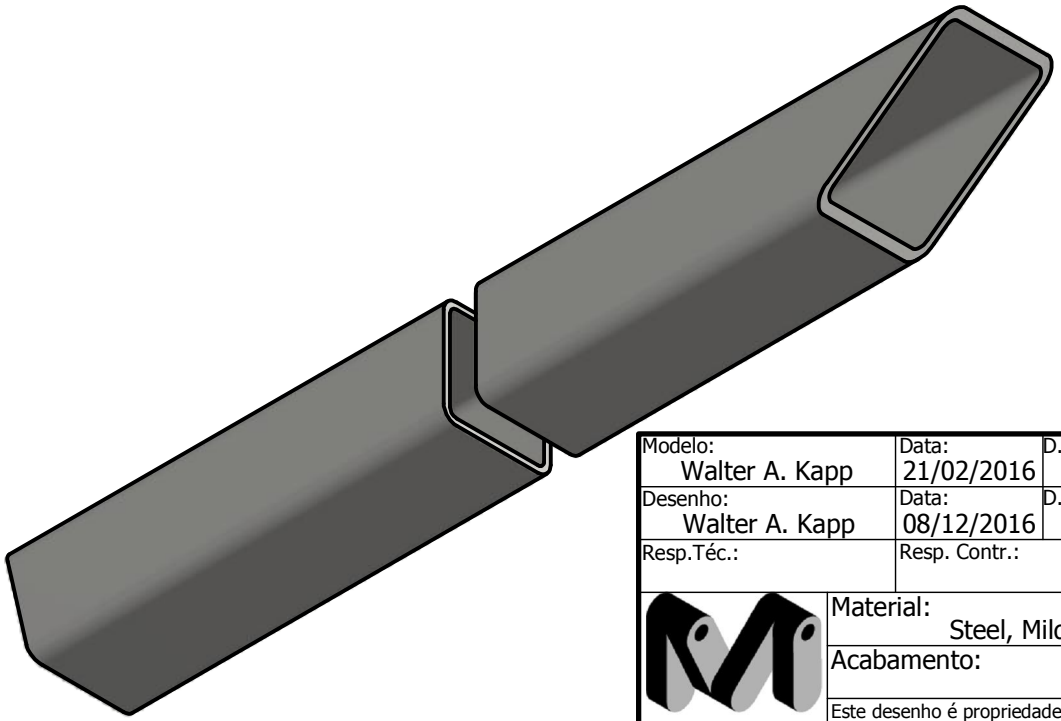




Modelo: Walter A. Kapp	Data: 21/02/2016	D. rev.:	Rev.:	1º Diedro	Descrição: Hot-rolled steel bars - Part 3: flat bars
Desenho: Walter A. Kapp	Data: 08/12/2016	D. rev.:	Rev.:	Prior.:	Projeto:
Resp.Téc.:	Resp. Contr.:			Tolerância:	Contrato:
EngeMOVI	Material: Steel, Mild		Massa: N/A	Rugosidade:	Cliente:
	Acabamento:			Qtd:	Arq.: ISO 120x 25 00000050.ipt / Escala:
	Este desenho é propriedade da , sendo proibida a sua reprodução, divulgação total ou parcial sem a autorização prévia da mesma.				Peça nº: 120x 25 / Folha: 9 de 13

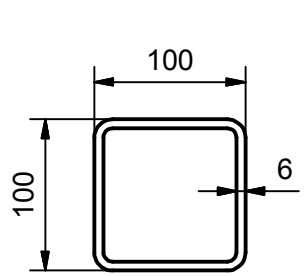


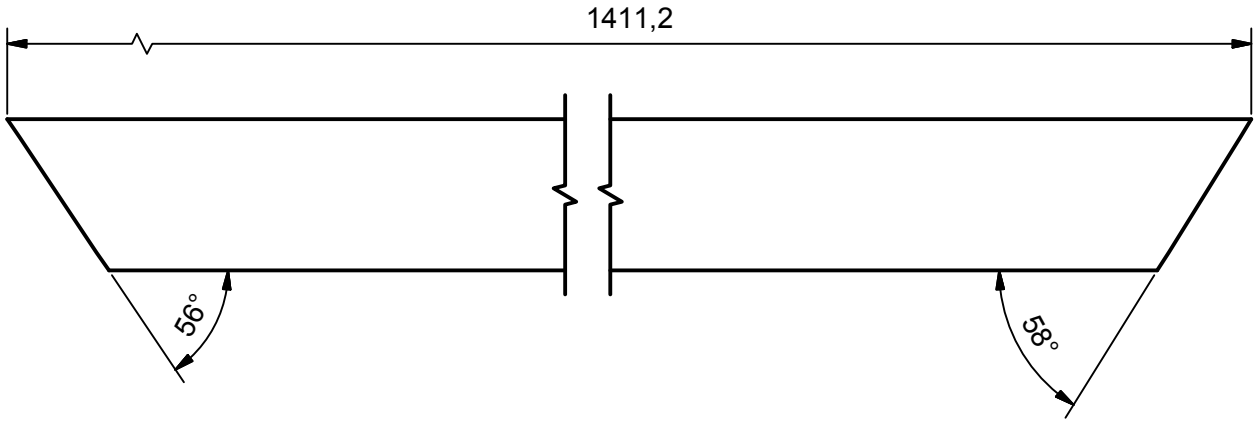


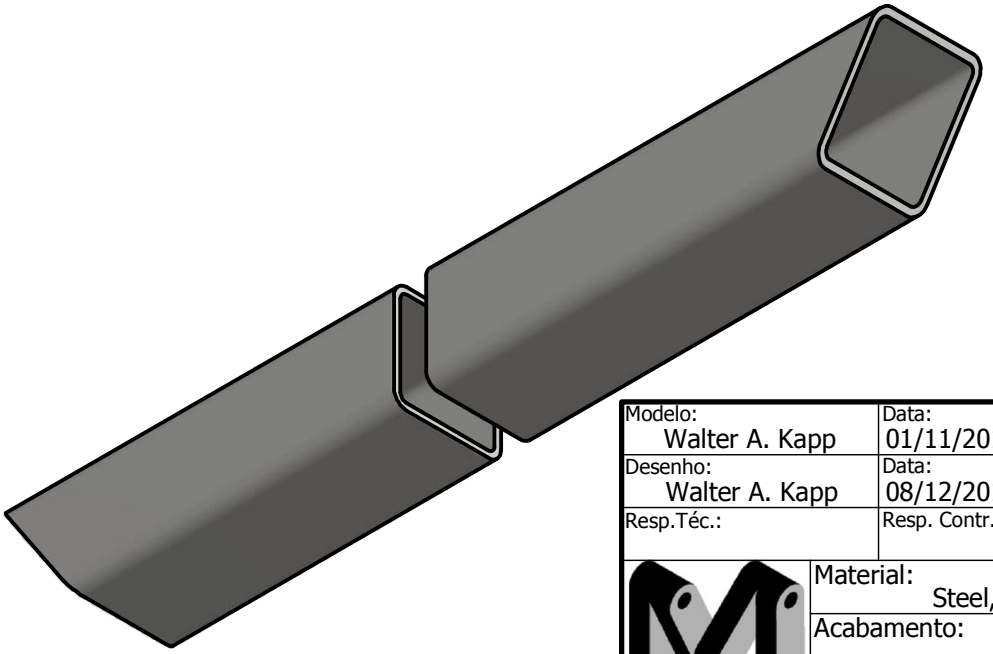


Modelo: Walter A. Kapp	Data: 21/02/2016	D. rev.:	Rev.:	1º Diedro	Descrição: Structural steels - Cold-formed, welded, structural hollow sections
Desenho: Walter A. Kapp	Data: 08/12/2016	D. rev.:	Rev.:		
Resp.Téc.:	Resp. Contr.:			Prior.:	Projeto:
				Tolerância:	Contrato:
Material: Steel, Mild			Massa: 31,95 kg	Rugosidade:	Cliente:
Acabamento:				Qtd:	Arq.: ISO 100x100x6 00000038.ipt / Escala:
Este desenho é propriedade da , sendo proibida a sua reprodução, divulgação total ou parcial sem a autorização prévia da mesma.					Peça nº: 100x100x6 / Folha: 10 de 13

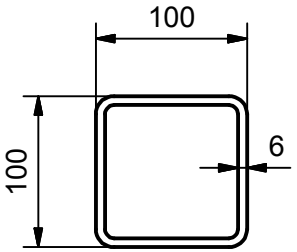
EngeMOVI

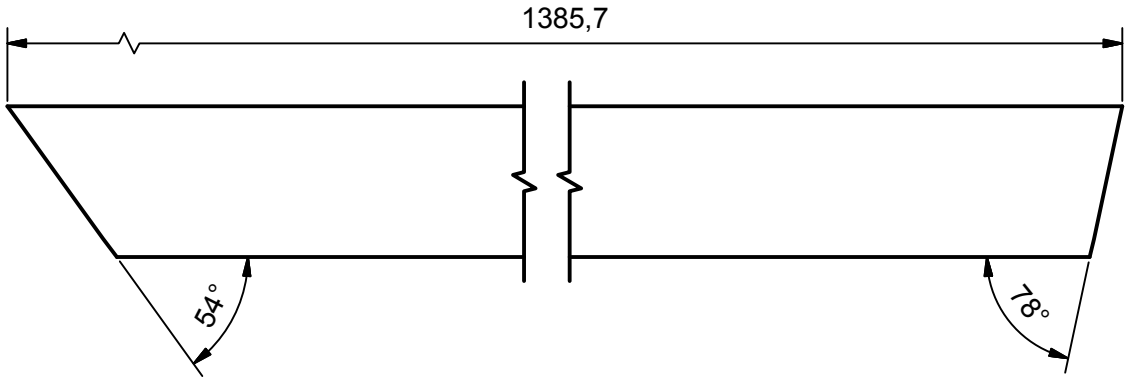


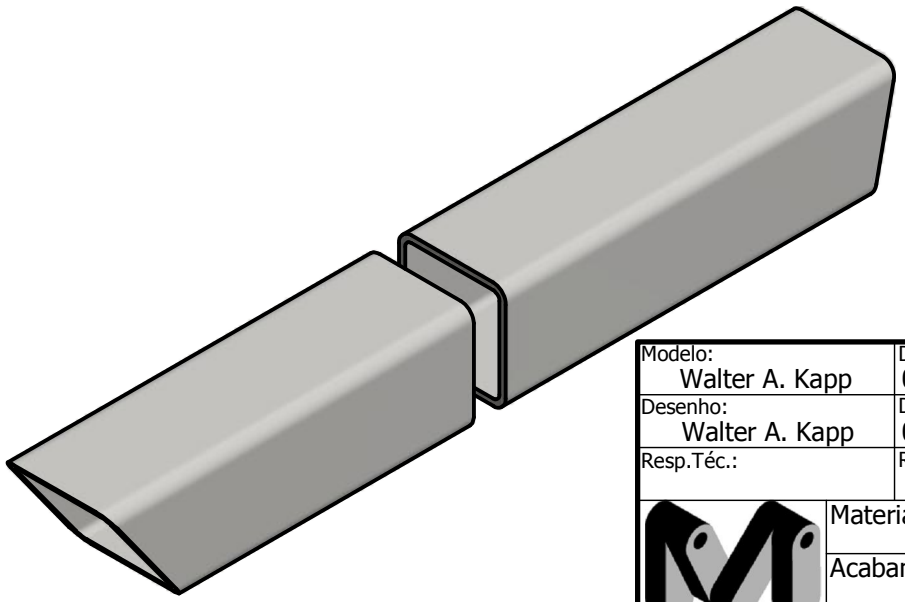




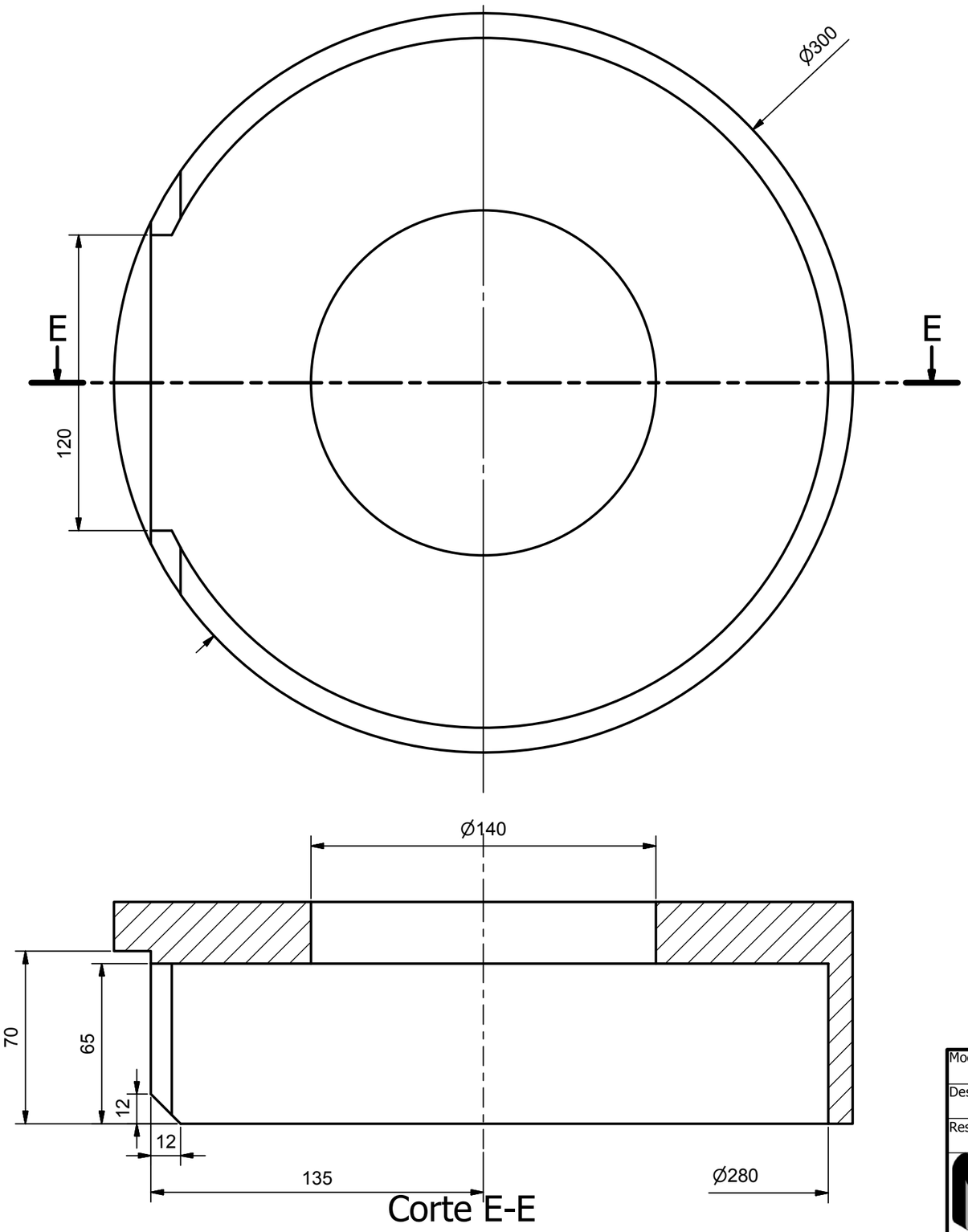
Modelo: Walter A. Kapp	Data: 01/11/2016	D. rev.:	Rev.:	1º Diedro	Descrição: Aços estruturais - Perfis vazados conformados a frio, soldados, estruturais
Desenho: Walter A. Kapp	Data: 08/12/2016	D. rev.:	Rev.:	Prior.:	Projeto:
Resp.Téc.:	Resp. Contr.:			Tolerância:	Contrato:
EngeMOVI	Material: Steel, Mild		Massa: 22,90 kg	Rugosidade:	Cliente:
	Acabamento:			Qtd:	Arq.: ISO 100x100x6 00000005.ipt / Escala:
	Este desenho é propriedade da , sendo proibida a sua reprodução, divulgação total ou parcial sem a autorização prévia da mesma.				Peça nº: 100x100x6 / Folha: 11 de 13



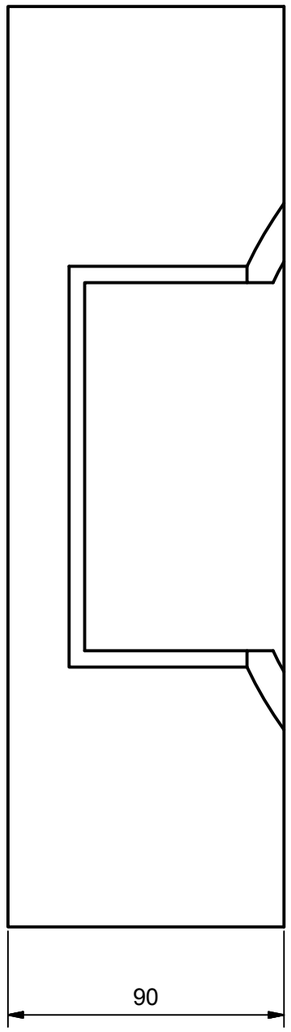


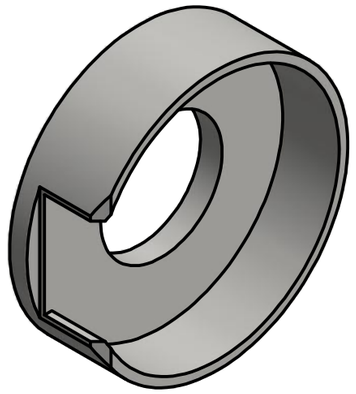


Modelo: Walter A. Kapp	Data: 01/11/2016	D. rev.:	Rev.:	1º Diedro	Descrição: Aços estruturais - Perfis vazados conformados a frio, soldados, estruturais
Desenho: Walter A. Kapp	Data: 08/12/2016	D. rev.:	Rev.:	Prior.:	Projeto:
Resp.Téc.:	Resp. Contr.:			Tolerância:	Contrato:
EngeMOVI	Material: Steel, Mild		Massa: 22,77 kg	Rugosidade:	Cliente:
	Acabamento:			Qtd:	Arq.: ISO 100x100x6 00000006.ipt / Escala:
	Este desenho é propriedade da , sendo proibida a sua reprodução, divulgação total ou parcial sem a autorização prévia da mesma.				Peça nº: 100x100x6 / Folha: 12 de 13



Corte E-E





Modelo: Walter A. Kapp	Data: 03/12/2016	D. rev.:	Rev.:	1º Diedro	Descrição:
Desenho: Walter A. Kapp	Data: 08/12/2016	D. rev.:	Rev.:	Prior.:	Projeto:
Resp.Téc.:	Resp. Contr.:			Tolerância:	Contrato:
EngeMOVI	Material: Aço ABNT1025~1040		Massa: 14,78 kg	Rugosidade:	Cliente:
	Acabamento:			Qtd:	Arq.: Flange_robô.ipt / Escala:
	Este desenho é propriedade da , sendo proibida a sua reprodução, divulgação total ou parcial sem a autorização prévia da mesma.				Peça nº: / Folha: 13 de 13

Frame Analysis Report

Analyzed File:	Treliça_José_1.iam
Version:	2017.2 (Build 212233000, 233)
Creation Date:	07/12/2016, 22:14
Simulation Author:	Walter A. Kapp
Summary:	

Project Info (iProperties)

Summary

Title	Auto financiado
Subject	Robo EngeMOVI serial de 7 juntas
Author	Walter A. Kapp
Manager	Walter A. Kapp
Company	EngeMOVI

Project

Part Number	Treliça_José_1
Project	RES
Designer	Walter A. Kapp
Engineer	Walter A. Kapp
Cost	R$ 0,00
Date Created	01/11/2016

Status

Design Status	WorkInProgress

Custom

Cliente	EngeMOVI

Physical

Mass	334,604 kg
Area	102095,817 mm^2
Volume	42570,490 mm^3
Center of Gravity	x=112,199 mm y=0,839 mm z=-0,000 mm

Simulation:1

General objective and settings:

Simulation Type	Static Analysis
Last Modification Date	07/12/2016, 22:09

Material(s)

Name	Steel, Mild	
General	Mass Density	7,860 g/cm^3
	Yield Strength	207,000 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345,000 MPa
Stress	Young's Modulus	220,000 GPa
	Poisson's Ratio	0,275 ul
Part Name(s)	ISO 120x 15 00000046.ipt ISO 120x 30 00000048.ipt ISO 100x100x6 00000038.ipt ISO 100x100x6 00000005.ipt ISO 100x100x6 00000006.ipt ISO 120x 12 00000043.ipt ISO 120x 15 00000044.ipt ISO 120x 15 00000045.ipt ISO 120x 25 00000050.ipt	

Cross Section(s)

Geometry Properties	Section Area (A)	1800,000 mm^2
	Section Width	15,000 mm
	Section Height	120,000 mm
	Section Centroid (x)	7,500 mm
	Section Centroid (y)	60,000 mm
Mechanical Properties	Moment of Inertia (I_x)	2160000,000 mm^4
	Moment of Inertia (I_y)	33750,000 mm^4
	Torsional Rigidity Modulus (J)	124325,239 mm^4
	Section Modulus (W_x)	36000,000 mm^3
	Section Modulus (W_y)	4500,000 mm^3
	Torsional Section Modulus (W_z)	8288,398 mm^3
	Reduced Shear Area (A_x)	1200,000 mm^2
	Reduced Shear Area (A_y)	1200,000 mm^2
Part Name(s)	ISO 120x 15 00000046.ipt ISO 120x 15 00000044.ipt ISO 120x 15 00000045.ipt	

Geometry Properties	Section Area (A)	3600,000 mm^2
	Section Width	30,000 mm
	Section Height	120,000 mm
	Section Centroid (x)	15,000 mm
	Section Centroid (y)	60,000 mm
Mechanical Properties	Moment of Inertia (I_x)	4320000,000 mm^4
	Moment of Inertia (I_y)	270000,000 mm^4
	Torsional Rigidity Modulus (J)	909636,007 mm^4
	Section Modulus (W_x)	72000,000 mm^3
	Section Modulus (W_y)	18000,000 mm^3
	Torsional Section Modulus (W_z)	30414,403 mm^3
	Reduced Shear Area (A_x)	2400,000 mm^2
	Reduced Shear Area (A_y)	2400,000 mm^2
Part Name(s)	ISO 120x 30 00000048.ipt	

Geometry Properties	Section Area (A)	2163,292 mm^2
	Section Width	100,000 mm
	Section Height	100,000 mm
	Section Centroid (x)	50,000 mm
	Section Centroid (y)	50,000 mm
Mechanical Properties	Moment of Inertia (I_x)	3114741,798 mm^4
	Moment of Inertia (I_y)	3114741,798 mm^4
	Torsional Rigidity Modulus (J)	4900290,954 mm^4
	Section Modulus (W_x)	62294,836 mm^3
	Section Modulus (W_y)	62294,836 mm^3
	Torsional Section Modulus (W_z)	20000,000 mm^3
	Reduced Shear Area (A_x)	995,376 mm^2
	Reduced Shear Area (A_y)	995,376 mm^2
Part Name(s)	ISO 100x100x6 00000038.ipt	

Geometry Properties	Section Area (A)	2163,292 mm^2
	Section Width	100,000 mm
	Section Height	100,000 mm
	Section Centroid (x)	50,000 mm
	Section Centroid (y)	50,000 mm
Mechanical Properties	Moment of Inertia (I_x)	3114741,798 mm^4
	Moment of Inertia (I_y)	3114741,798 mm^4
	Torsional Rigidity Modulus (J)	4900290,954 mm^4
	Section Modulus (W_x)	62294,836 mm^3
	Section Modulus (W_y)	62294,836 mm^3
	Torsional Section Modulus (W_z)	0,000 mm^3
	Reduced Shear Area (A_x)	995,376 mm^2
	Reduced Shear Area (A_y)	995,376 mm^2
Part Name(s)	ISO 100x100x6 00000005.ipt ISO 100x100x6 00000006.ipt	

Geometry Properties	Section Area (A)	1440,000 mm^2
	Section Width	12,000 mm
	Section Height	120,000 mm
	Section Centroid (x)	6,000 mm
	Section Centroid (y)	60,000 mm
Mechanical Properties	Moment of Inertia (I_x)	1728000,000 mm^4
	Moment of Inertia (I_y)	17280,000 mm^4
	Torsional Rigidity Modulus (J)	64744,007 mm^4
	Section Modulus (W_x)	28800,000 mm^3
	Section Modulus (W_y)	2880,000 mm^3
	Torsional Section Modulus (W_z)	5395,335 mm^3
	Reduced Shear Area (A_x)	960,000 mm^2
	Reduced Shear Area (A_y)	960,000 mm^2
Part Name(s)	ISO 120x 12 00000043.ipt	

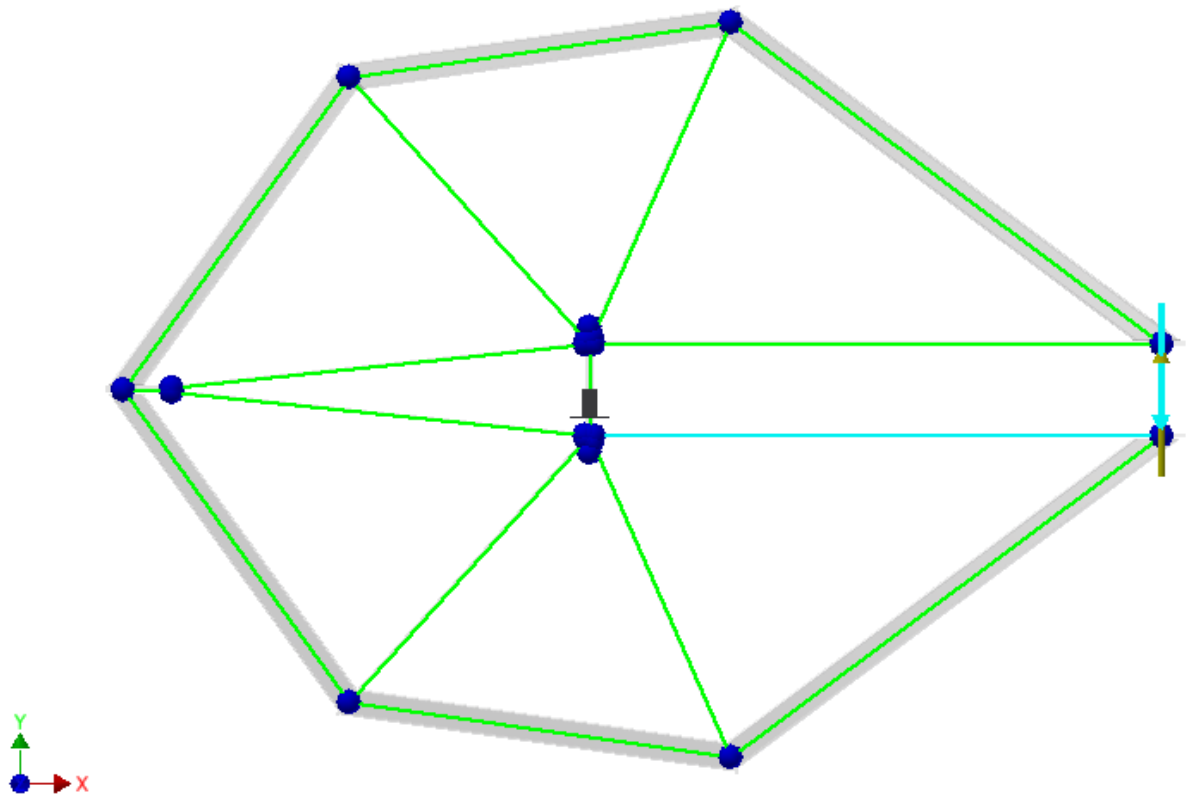
Geometry Properties	Section Area (A)	3000,000 mm^2
	Section Width	25,000 mm
	Section Height	120,000 mm
	Section Centroid (x)	12,500 mm
	Section Centroid (y)	60,000 mm
Mechanical Properties	Moment of Inertia (I_x)	3600000,000 mm^4
	Moment of Inertia (I_y)	156250,000 mm^4
	Torsional Rigidity Modulus (J)	542810,405 mm^4
	Section Modulus (W_x)	60000,000 mm^3
	Section Modulus (W_y)	12500,000 mm^3
	Torsional Section Modulus (W_z)	21731,440 mm^3
	Reduced Shear Area (A_x)	2000,000 mm^2
	Reduced Shear Area (A_y)	2000,000 mm^2
Part Name(s)	ISO 120x 25 00000050.ipt	

⊟ Operating conditions

⊟ Force:1

Load Type	Force
Magnitude	30000,000 N
Beam Coordinate System	No
Angle of Plane	270,00 deg
Angle in Plane	90,00 deg
Fx	0,000 N
Fy	-30000,000 N
Fz	0,000 N
Offset	0,000 mm

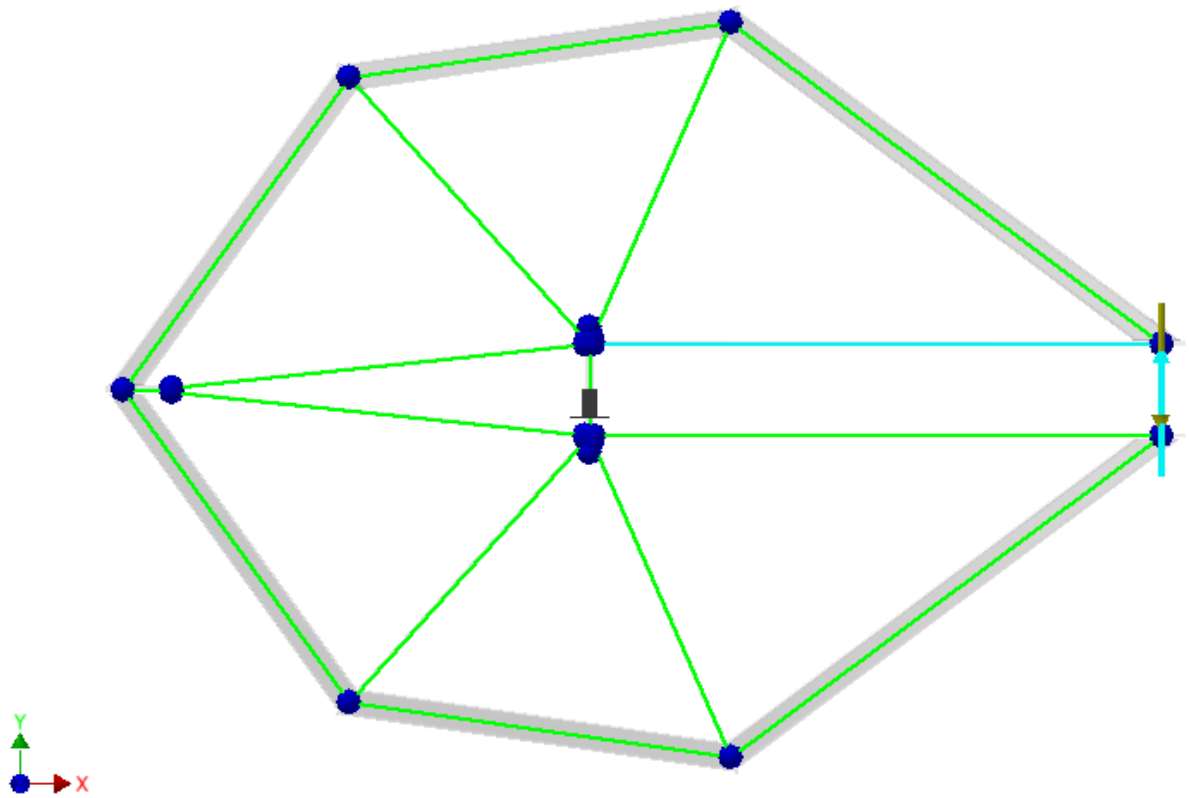
⊟ Selected Reference(s)



⊟ Force:2

Load Type	Force
Magnitude	30000,000 N
Beam Coordinate System	No
Angle of Plane	90,00 deg
Angle in Plane	90,00 deg
Fx	0,000 N
Fy	30000,000 N
Fz	0,000 N
Offset	0,000 mm

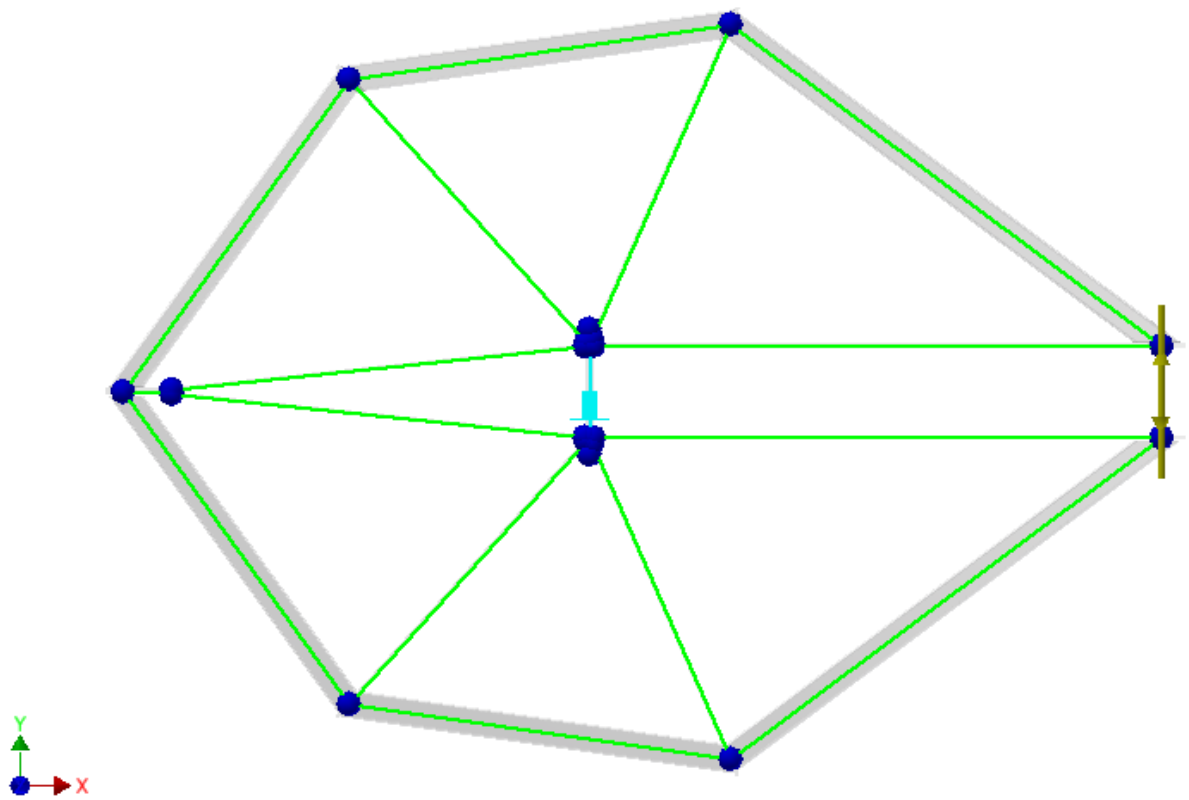
⊟ Selected Reference(s)



⊟ Fixed Constraint:1

Constraint Type	Fixed
Offset	0,50000 ul

⊟ Selected Reference(s)



Results

Reaction Force and Moment on Constraints

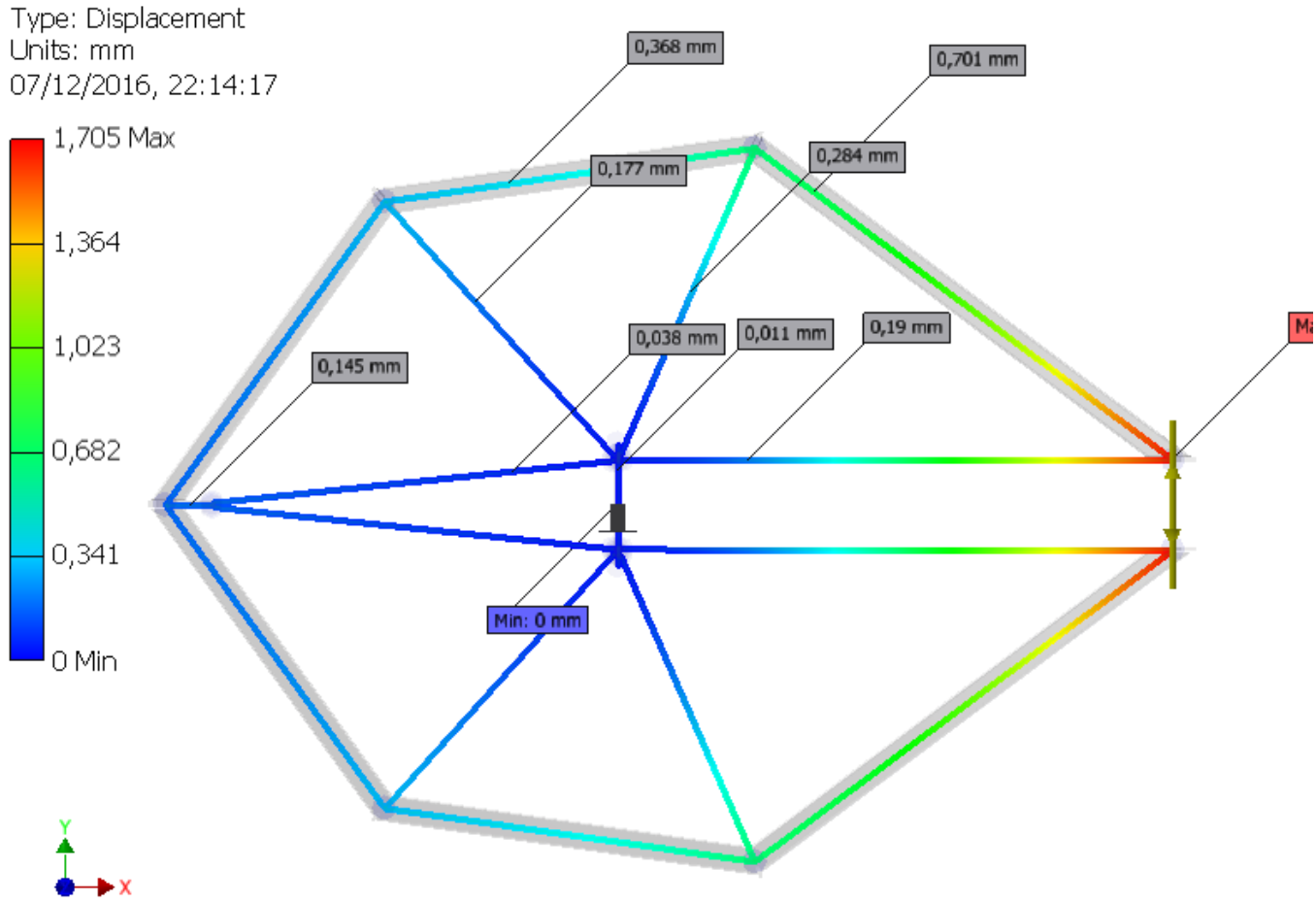
Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Components (Fx,Fy,Fz)	Magnitude	Components (Mx,My,Mz)
Fixed Constraint:1	0,000 N	0,000 N	0,000 N mm	-0,000 N mm
		-0,000 N		0,000 N mm
		-0,000 N		-0,000 N mm

Static Result Summary

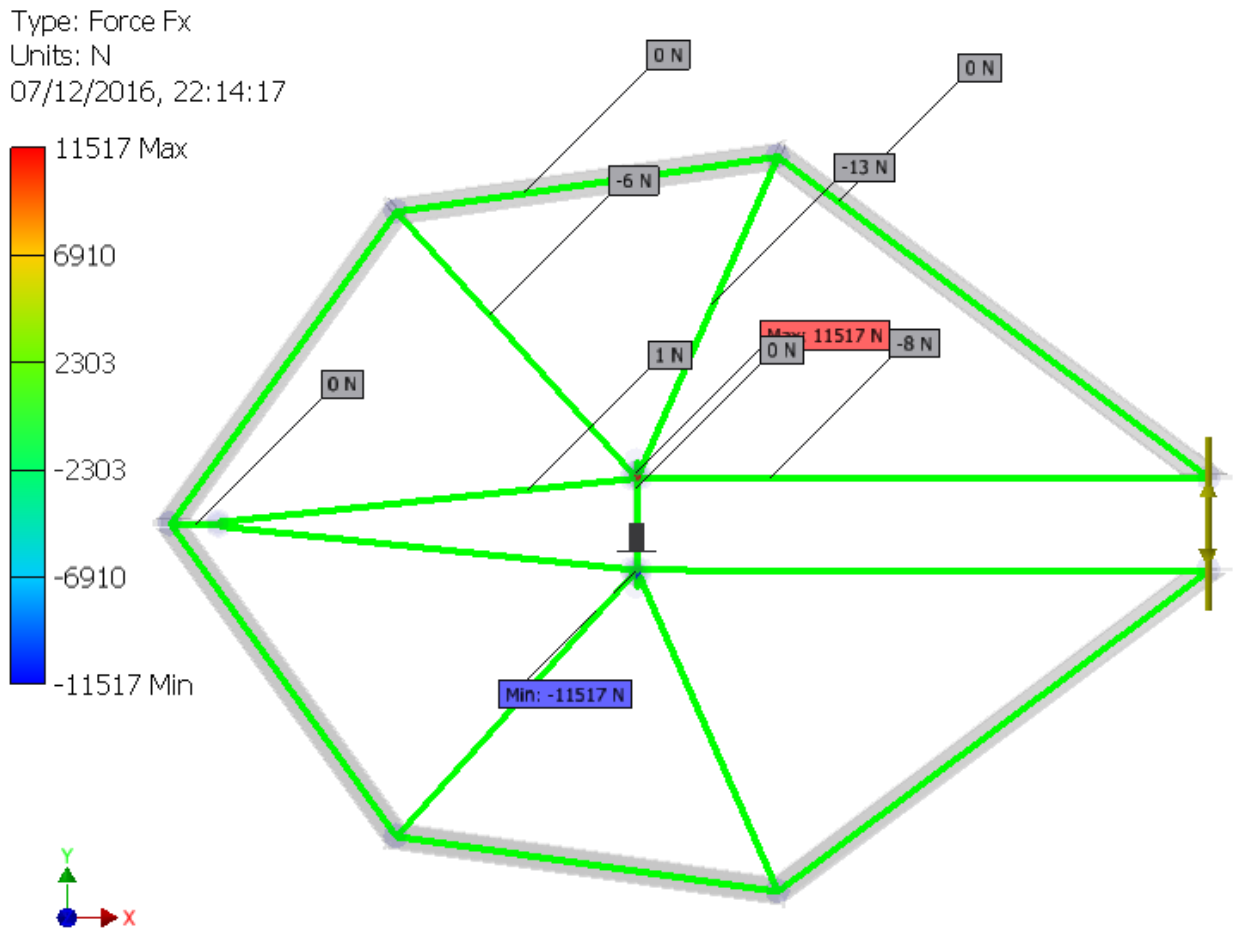
Name		Minimum	Maximum
Displacement		0,000 mm	1,705 mm
Forces	Fx	-11516,704 N	11516,704 N
	Fy	-117,832 N	119,152 N
	Fz	-69597,962 N	57389,644 N
Moments	Mx	-0,000 N mm	236057,240 N mm
	My	-26162,487 N mm	162577,731 N mm
	Mz	-0,000 N mm	0,000 N mm
Normal Stresses	Smax	-23,940 MPa	28,365 MPa
	Smin	-30,318 MPa	23,462 MPa
	Smax(Mx)	-0,000 MPa	3,789 MPa
	Smin(Mx)	-3,789 MPa	0,000 MPa
	Smax(My)	-0,000 MPa	9,032 MPa
	Smin(My)	-9,032 MPa	0,000 MPa
	Saxial	-26,529 MPa	23,476 MPa
Shear Stresses	Tx	-4,799 MPa	4,799 MPa
	Ty	-0,120 MPa	0,118 MPa
Torsional Stresses	T	-0,000 MPa	0,000 MPa

Figures

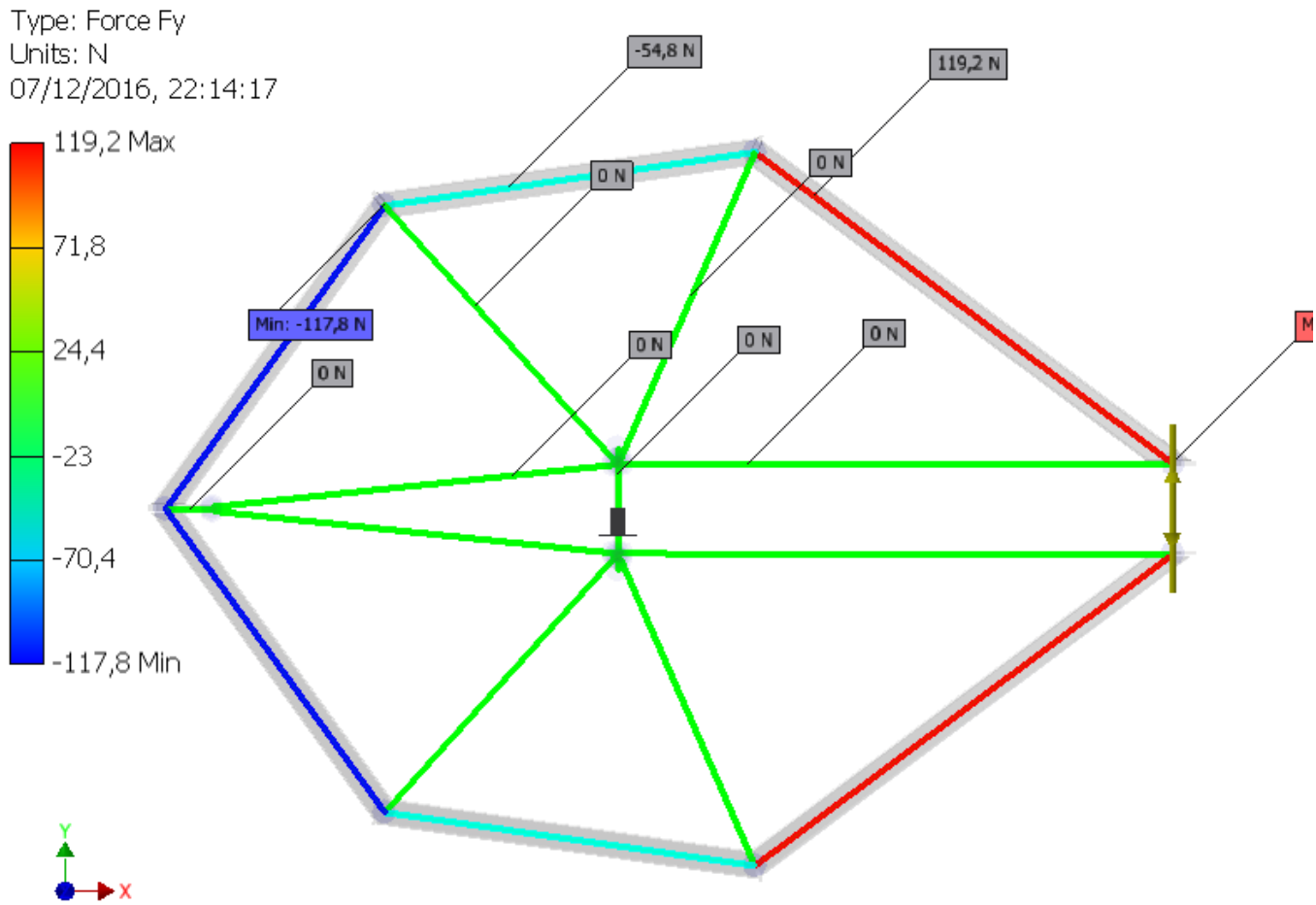
Displacement


Type: Displacement
Units: mm
07/12/2016, 22:14:17
1,705 Max
1,364
1,023
0,682
0,341
0 Min
0,368 mm
0,701 mm
0,177 mm
0,284 mm
0,038 mm
0,011 mm
0,19 mm
0,145 mm
Min: 0 mm
Y
X

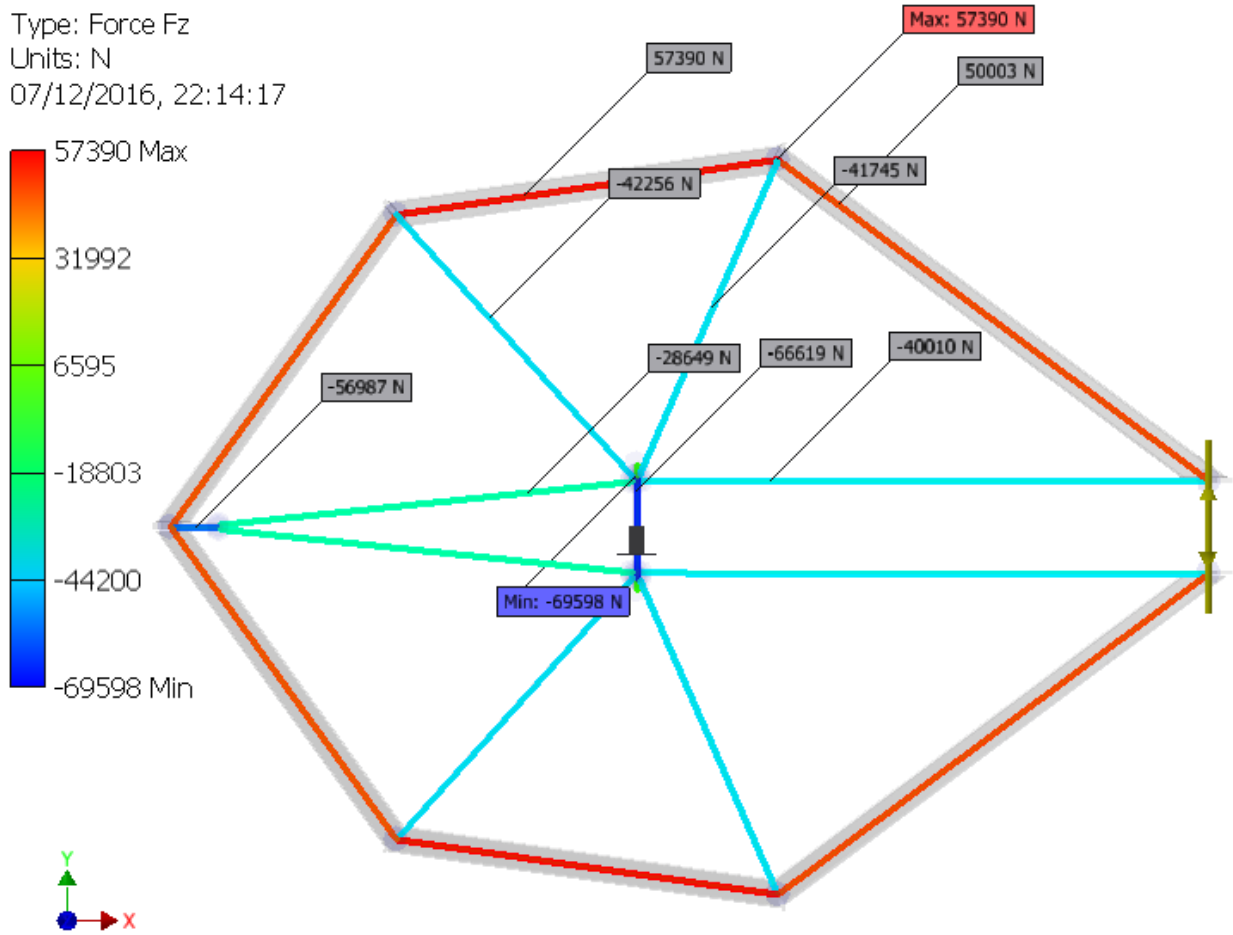
⊟ **Fx**


Type: Force Fx
Units: N
07/12/2016, 22:14:17
11517 Max
6910
2303
-2303
-6910
-11517 Min
0 N
0 N
-6 N
-13 N
1 N
0 N
11517 N
-8 N
0 N
Min: -11517 N
Y
X

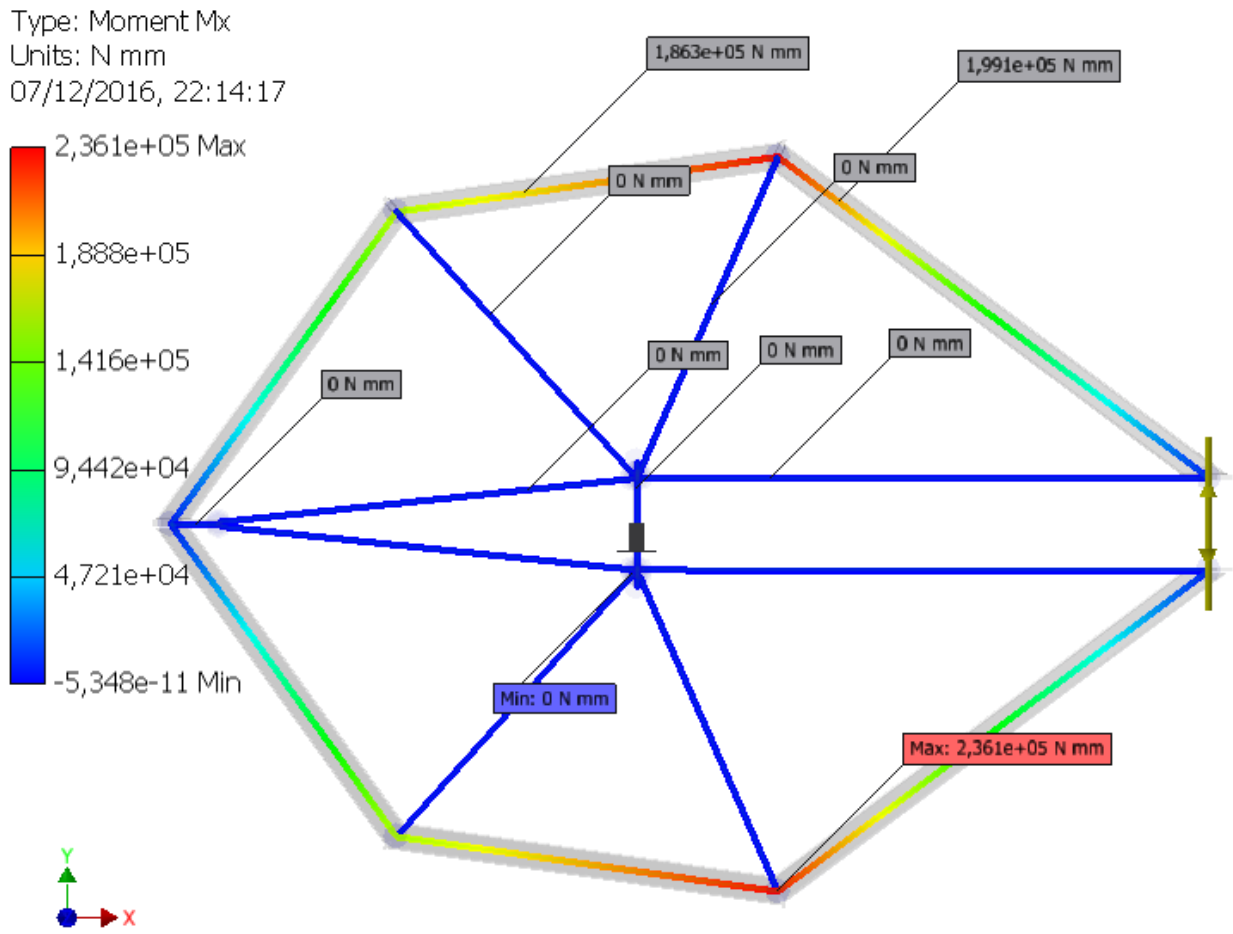
⊟ **Fy**


Type: Force Fy
Units: N
07/12/2016, 22:14:17
119,2 Max
71,8
24,4
-23
-70,4
-117,8 Min
-54,8 N
119,2 N
0 N
0 N
Min: -117,8 N
0 N
0 N
0 N
0 N
Y
X

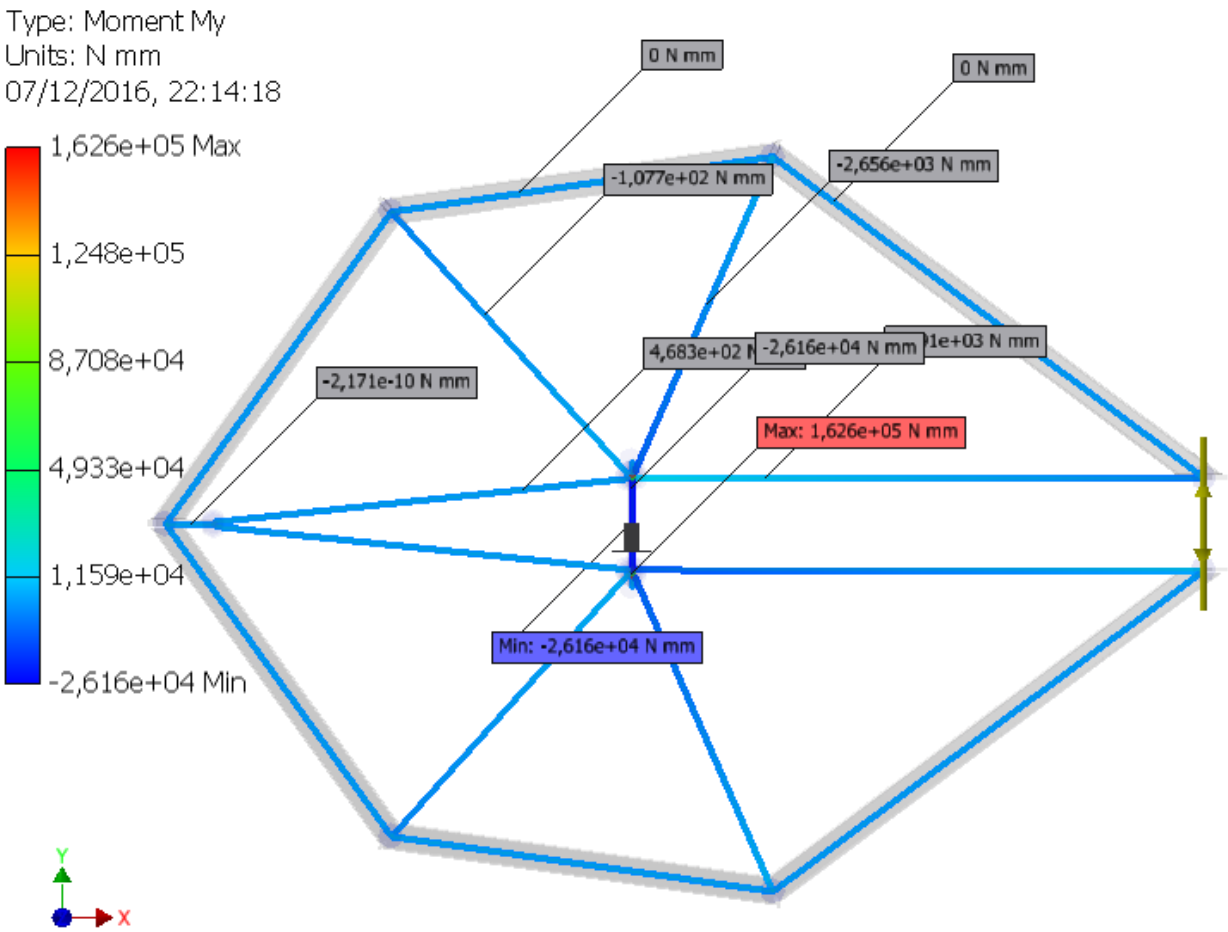
Fz


Type: Force Fz
Units: N
07/12/2016, 22:14:17
57390 Max
31992
6595
-18803
-44200
-69598 Min
Max: 57390 N
57390 N
50003 N
-42256 N
-41745 N
-28649 N
-66619 N
-40010 N
-56987 N
Min: -69598 N
Y
X

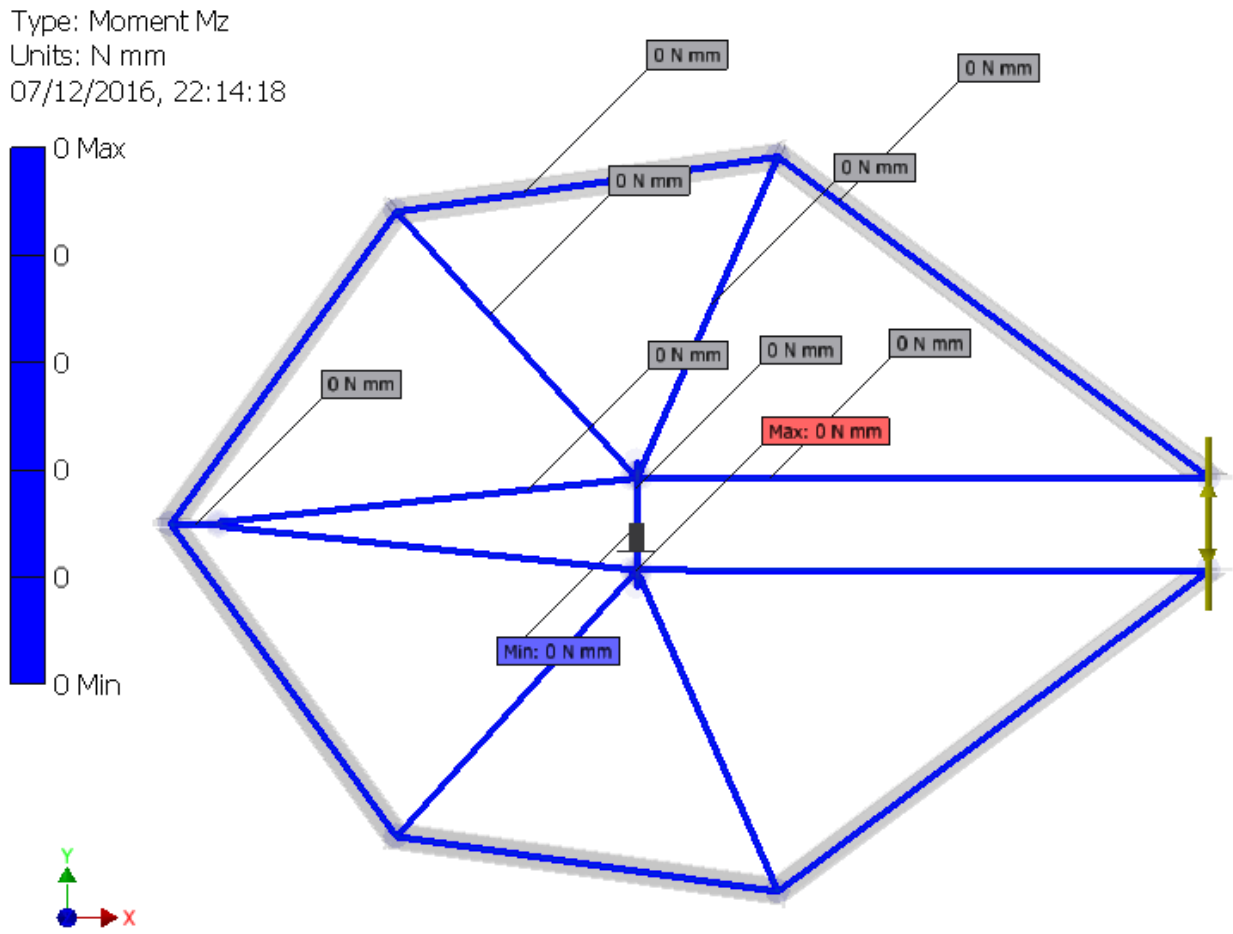
⊟ **Mx**


Type: Moment Mx
Units: N mm
07/12/2016, 22:14:17
2,361e+05 Max
1,888e+05
1,416e+05
9,442e+04
4,721e+04
-5,348e-11 Min
1,863e+05 N mm
1,991e+05 N mm
0 N mm
0 N mm
0 N mm
0 N mm
0 N mm
0 N mm
Min: 0 N mm
Max: 2,361e+05 N mm
Y
X

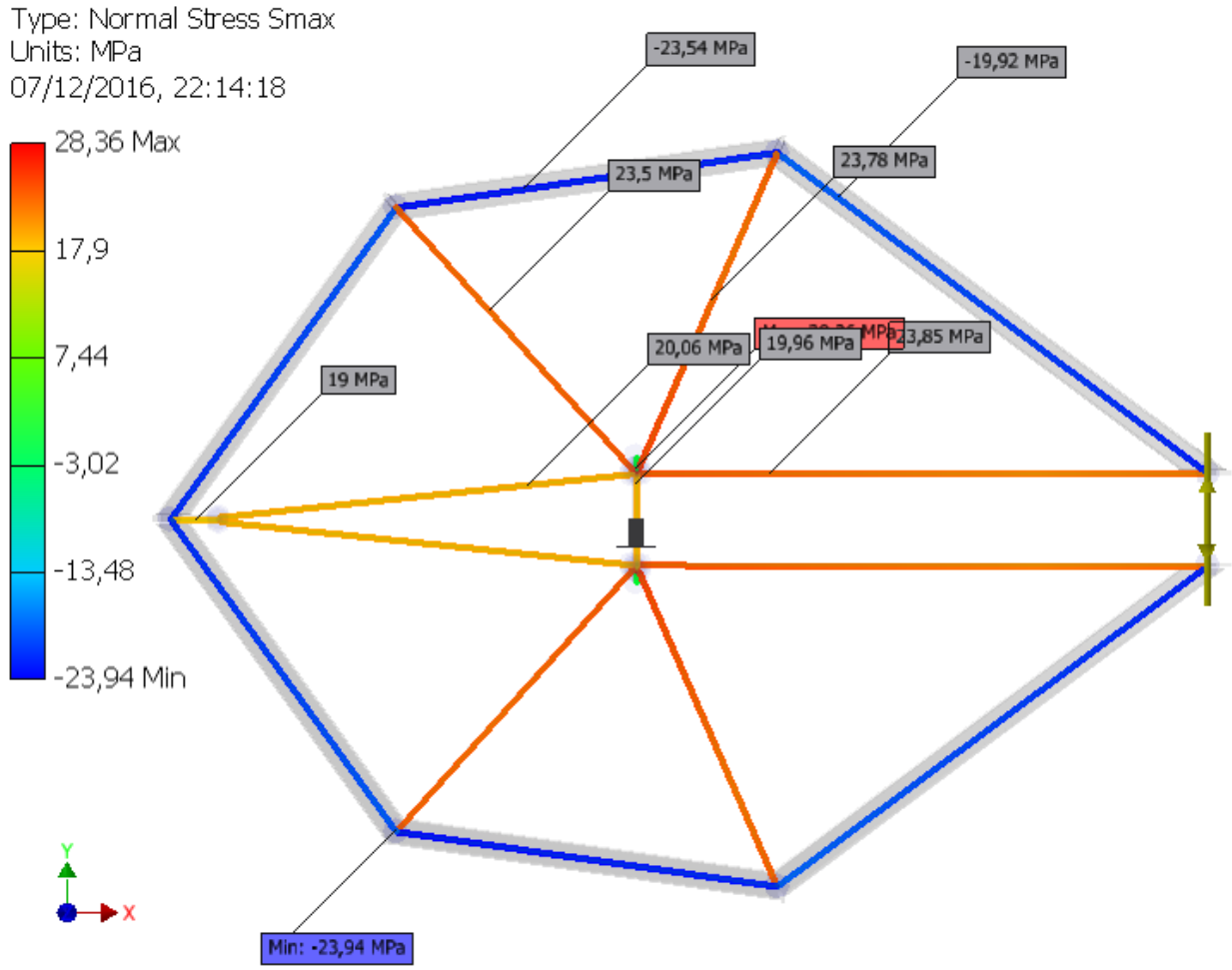
My


Type: Moment My
Units: N mm
07/12/2016, 22:14:18
1,626e+05 Max
1,248e+05
8,708e+04
4,933e+04
1,159e+04
-2,616e+04 Min
0 N mm
0 N mm
-1,077e+02 N mm
-2,656e+03 N mm
-2,171e-10 N mm
-2,616e+04 N mm
Max: 1,626e+05 N mm
Min: -2,616e+04 N mm
Y
X

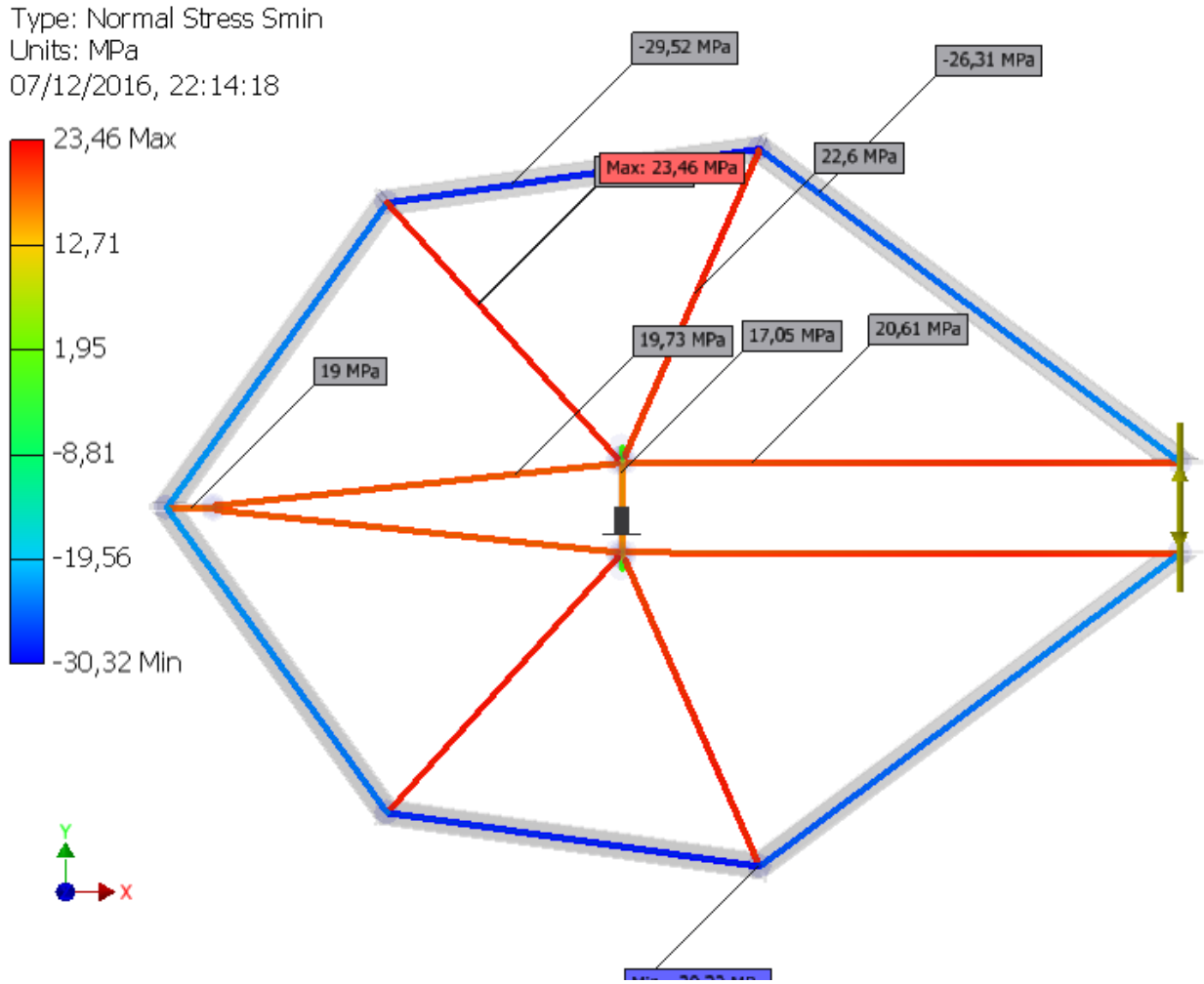
Mz


Type: Moment Mz
Units: N mm
07/12/2016, 22:14:18
0 Max
0
0
0
0
0 Min
0 N mm
0 N mm
0 N mm
0 N mm
0 N mm
0 N mm
0 N mm
0 N mm
Max: 0 N mm
Min: 0 N mm
Y
X

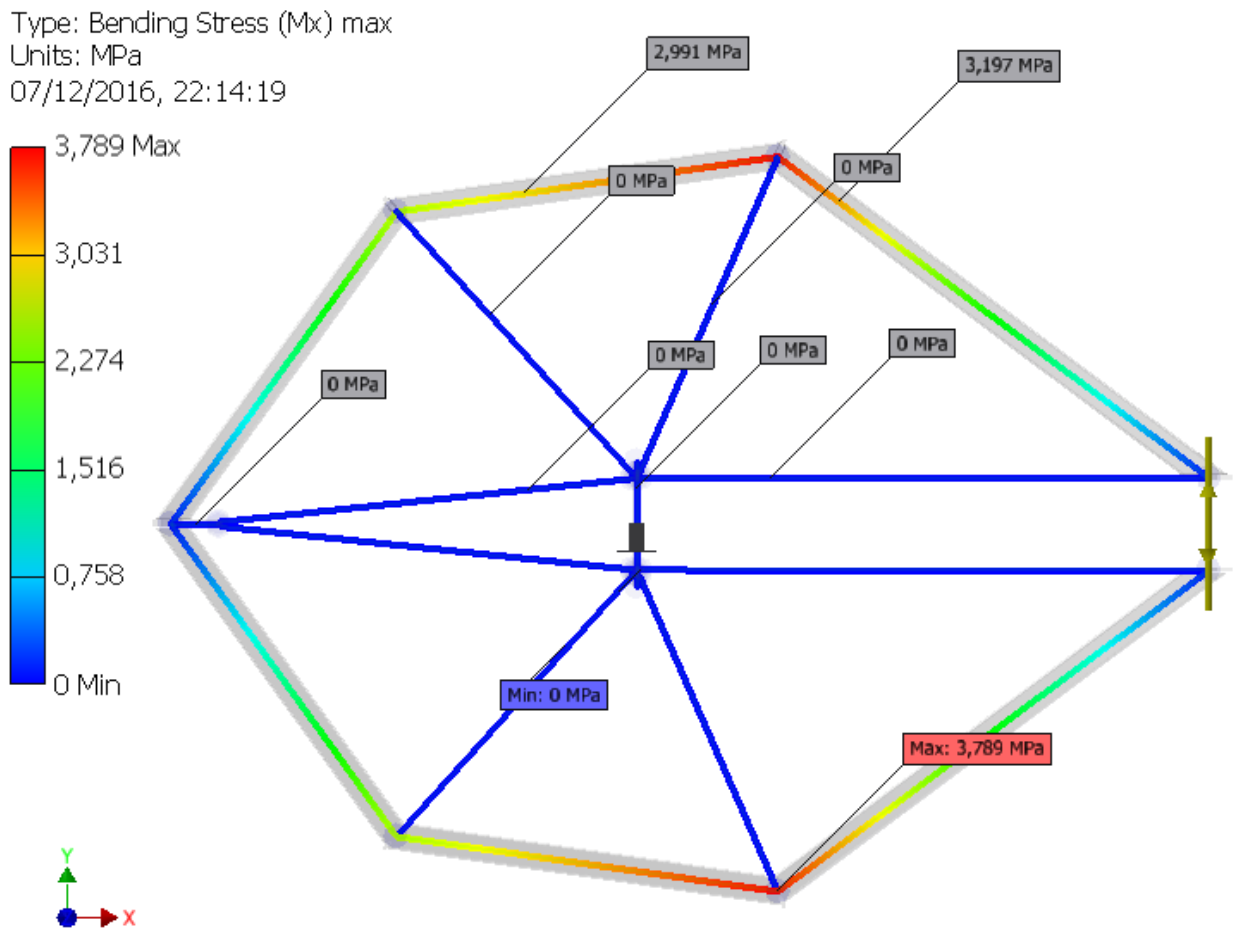
⊟ **Smax**


Type: Normal Stress Smax
Units: MPa
07/12/2016, 22:14:18
28,36 Max
17,9
7,44
-3,02
-13,48
-23,94 Min
-23,54 MPa
-19,92 MPa
23,5 MPa
23,78 MPa
20,06 MPa
19,96 MPa
23,85 MPa
19 MPa
Min: -23,94 MPa
Y
X

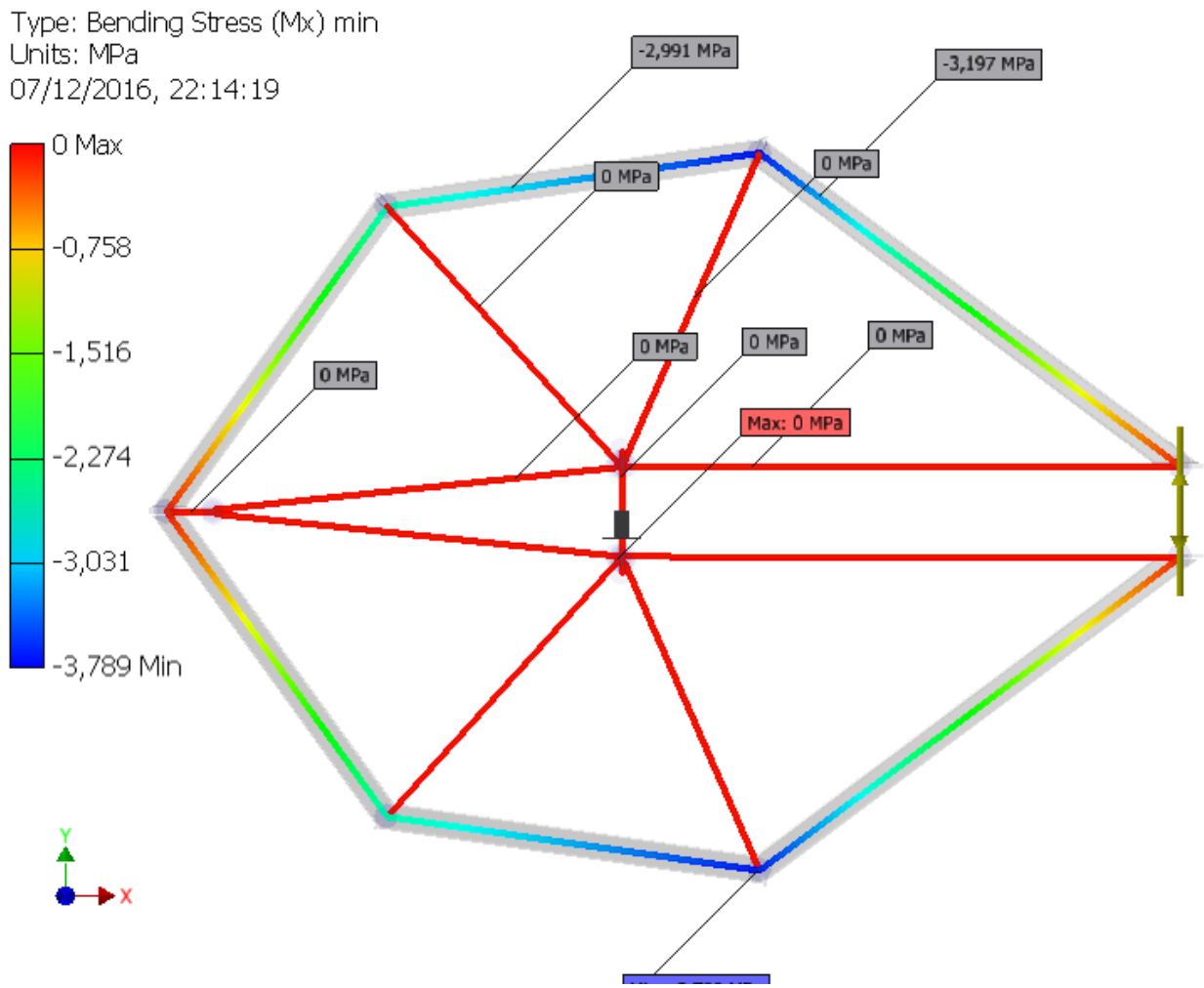
⊟ **Smin**


Type: Normal Stress Smin
Units: MPa
07/12/2016, 22:14:18
23,46 Max
12,71
1,95
-8,81
-19,56
-30,32 Min
-29,52 MPa
-26,31 MPa
Max: 23,46 MPa
22,6 MPa
19,73 MPa
17,05 MPa
20,61 MPa
19 MPa
Y
X

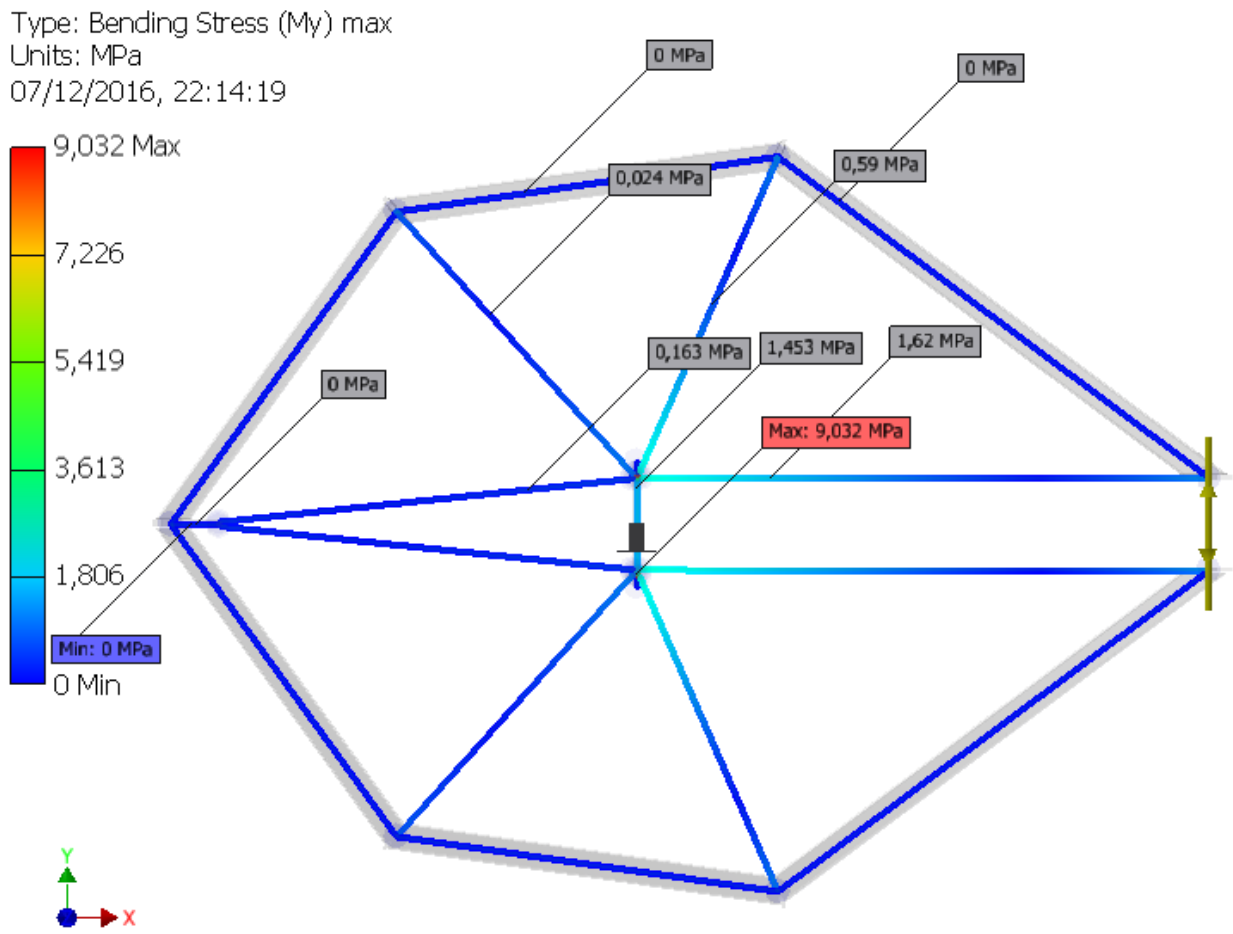
Smax(Mx)


Type: Bending Stress (Mx) max
Units: MPa
07/12/2016, 22:14:19
3,789 Max
3,031
2,274
1,516
0,758
0 Min
2,991 MPa
3,197 MPa
0 MPa
0 MPa
0 MPa
0 MPa
0 MPa
0 MPa
Min: 0 MPa
Max: 3,789 MPa
Y
X

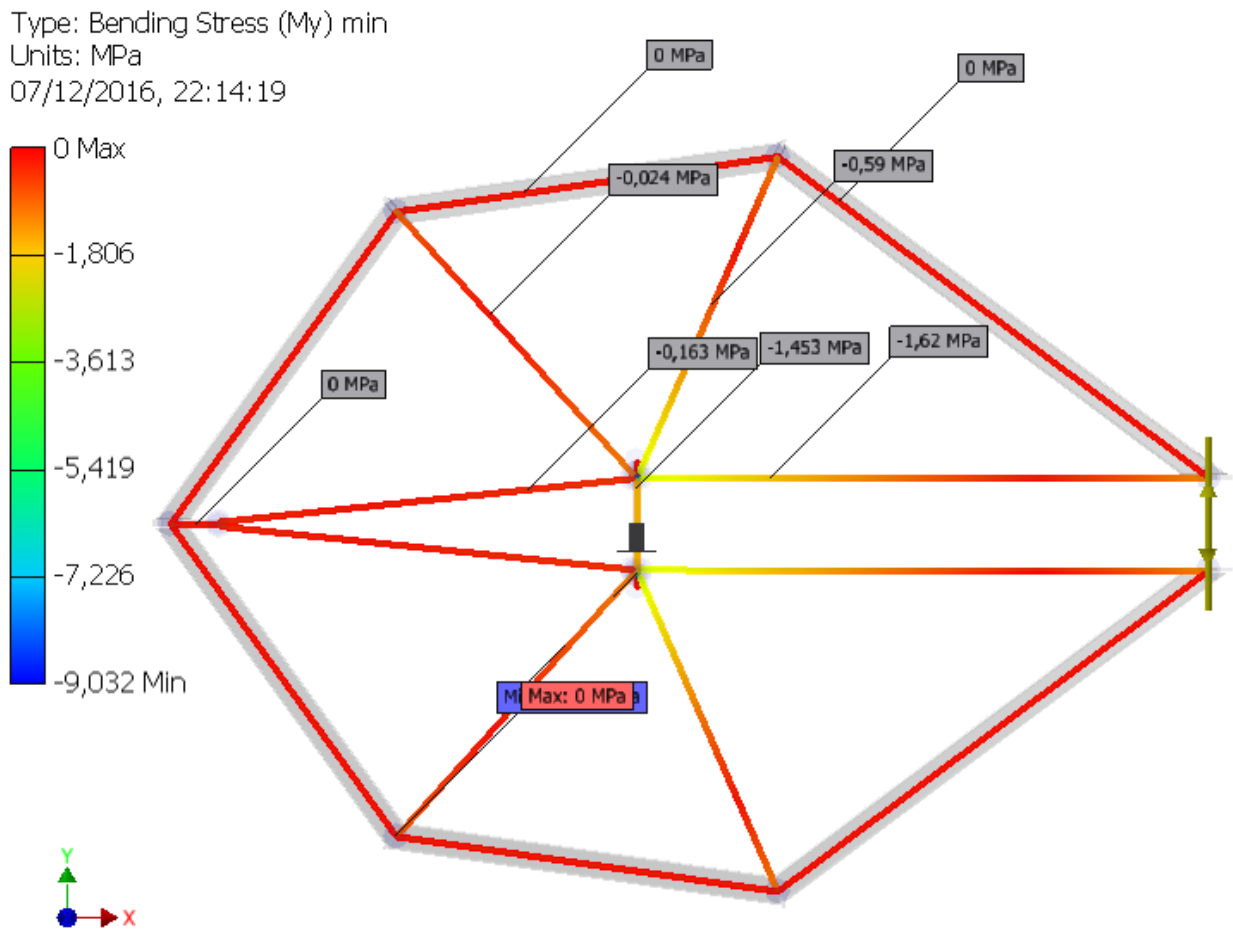
Smin(Mx)


Type: Bending Stress (Mx) min
Units: MPa
07/12/2016, 22:14:19
0 Max
-0,758
-1,516
-2,274
-3,031
-3,789 Min
-2,991 MPa
-3,197 MPa
0 MPa
0 MPa
0 MPa
0 MPa
0 MPa
0 MPa
Max: 0 MPa
Y
X

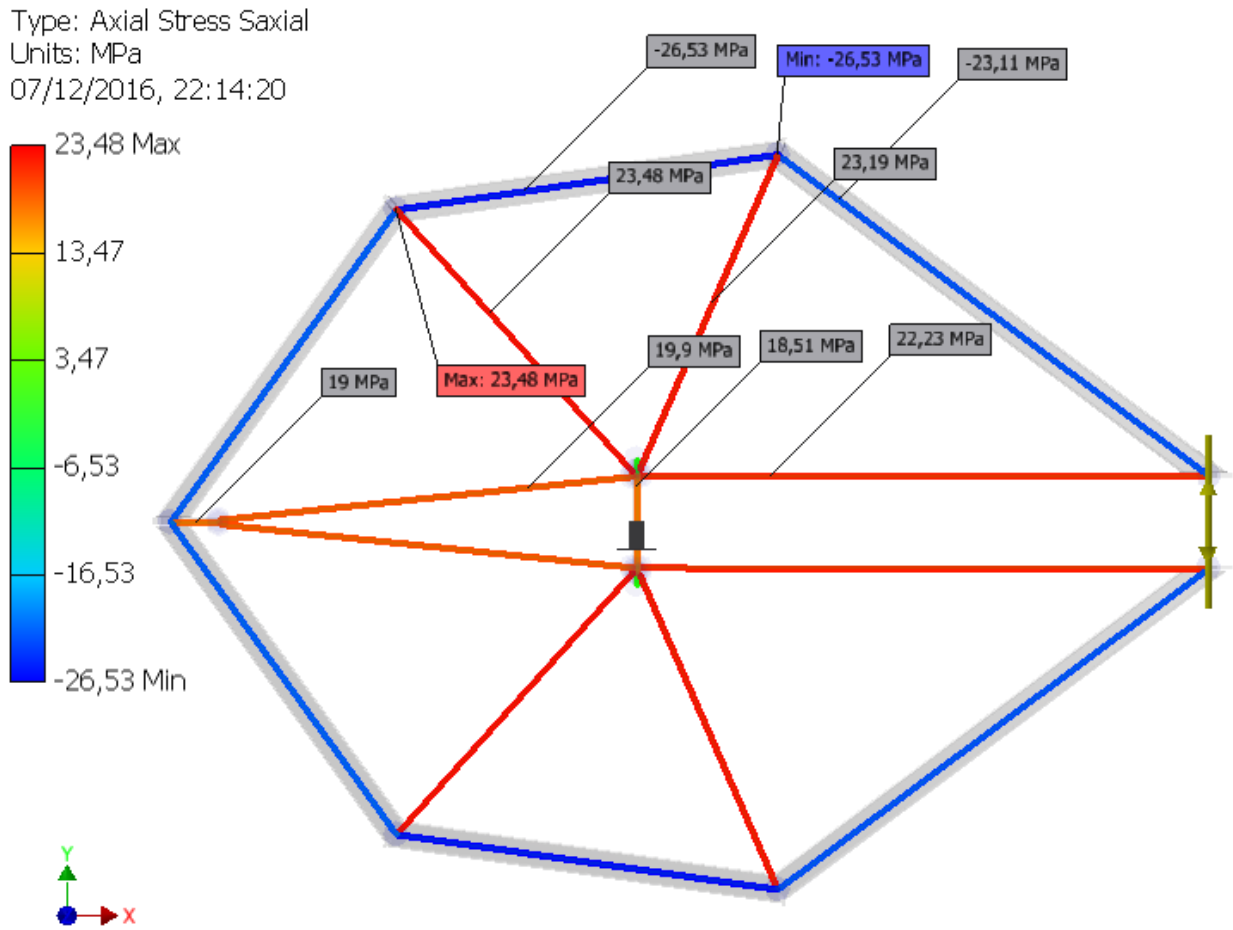
Smax(My)


Type: Bending Stress (My) max
Units: MPa
07/12/2016, 22:14:19
9,032 Max
7,226
5,419
3,613
1,806
Min: 0 MPa
0 Min
0 MPa
0 MPa
0,024 MPa
0,59 MPa
0,163 MPa
1,453 MPa
1,62 MPa
0 MPa
Max: 9,032 MPa
Y
X

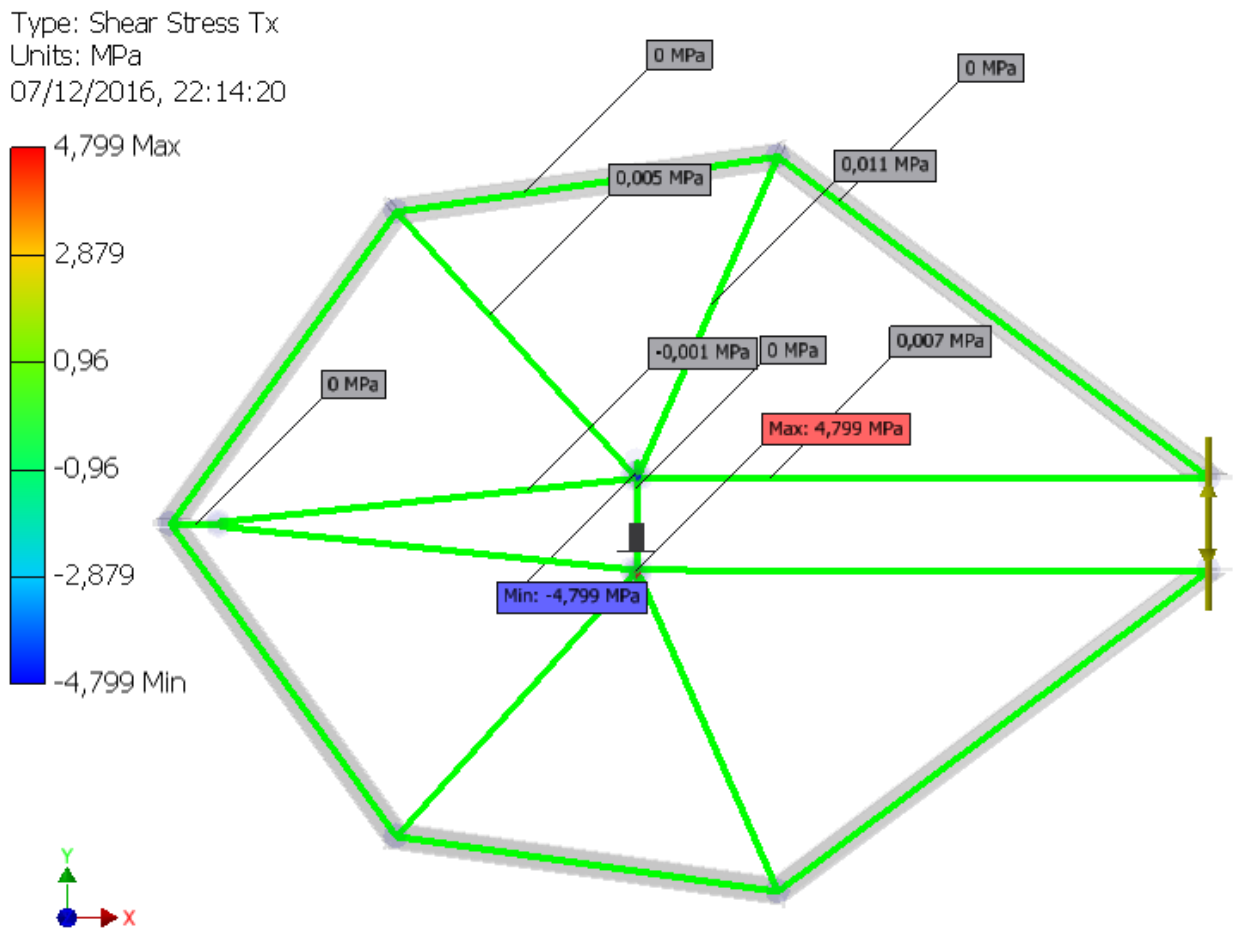
⊟ **Smin(My)**


Type: Bending Stress (My) min
Units: MPa
07/12/2016, 22:14:19
0 Max
-1,806
-3,613
-5,419
-7,226
-9,032 Min
0 MPa
0 MPa
-0,024 MPa
-0,59 MPa
-0,163 MPa
-1,453 MPa
-1,62 MPa
0 MPa
Max: 0 MPa
Y
X

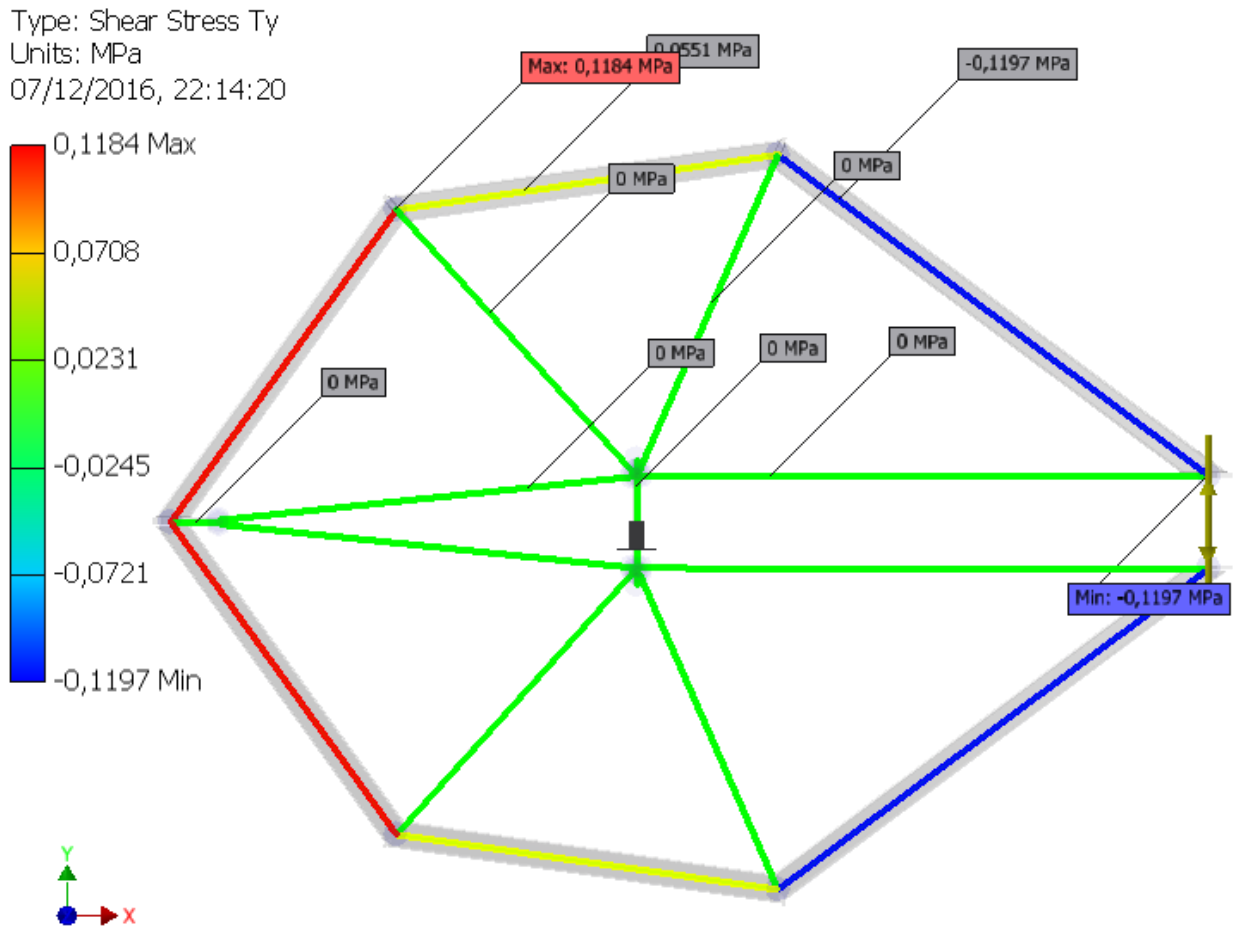
⊟ **Saxial**


Type: Axial Stress Saxial
Units: MPa
07/12/2016, 22:14:20
23,48 Max
13,47
3,47
-6,53
-16,53
-26,53 Min
-26,53 MPa
Min: -26,53 MPa
-23,11 MPa
23,48 MPa
23,19 MPa
19,9 MPa
18,51 MPa
22,23 MPa
19 MPa
Max: 23,48 MPa
Y
X

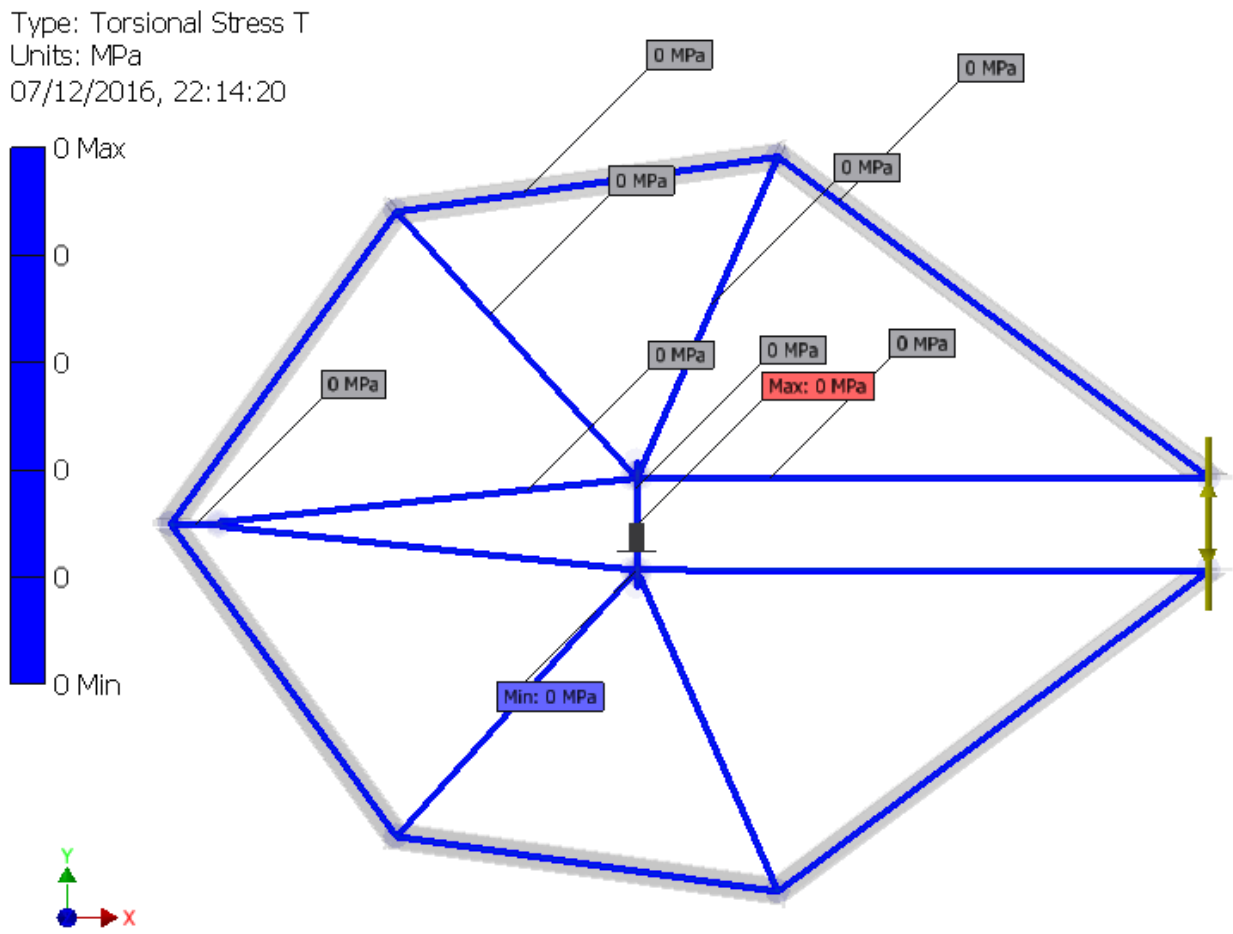
⊟ **Tx**


Type: Shear Stress Tx
Units: MPa
07/12/2016, 22:14:20
4,799 Max
2,879
0,96
-0,96
-2,879
-4,799 Min
0 MPa
0 MPa
0,005 MPa
0,011 MPa
-0,001 MPa
0 MPa
0,007 MPa
0 MPa
Max: 4,799 MPa
Min: -4,799 MPa
Y
X

⊟ **Ty**


Type: Shear Stress Ty
Units: MPa
07/12/2016, 22:14:20
0,1184 Max
0,0708
0,0231
-0,0245
-0,0721
-0,1197 Min
Max: 0,1184 MPa
0,0551 MPa
-0,1197 MPa
0 MPa
0 MPa
0 MPa
0 MPa
0 MPa
0 MPa
Min: -0,1197 MPa
Y
X

⊟ **T**



D:\Users\WAK\Documents\Aulas UFPR\TM370 - estruturas metálicas\Walter\CAD\Treliça\Treliça_José_1.iam

Stress Analysis Report

Analyzed File:	Treliça_José_1.iam
Autodesk Inventor Version:	2017.2 (Build 212233000, 233)
Creation Date:	07/12/2016, 22:35
Study Author:	Walter A. Kapp
Summary:	

⊟ Project Info (iProperties)

⊟ Summary

Title	Auto financiado
Subject	Robo EngeMOVI serial de 7 juntas
Author	Walter A. Kapp
Manager	Walter A. Kapp
Company	EngeMOVI

⊟ Project

Part Number	Treliça_José_1
Project	RES
Designer	Walter A. Kapp
Engineer	Walter A. Kapp
Cost	R$ 0,00
Date Created	01/11/2016

⊟ Status

Design Status	WorkInProgress

⊟ Custom

Cliente	EngeMOVI

⊟ Physical

Mass	83,7758 kg
Area	2734620 mm^2
Volume	10658500 mm^3
Center of Gravity	x=110,84 mm y=571,847 mm z=32,4082 mm

Note: Physical values could be different from Physical values used by FEA reported below.

⊟ Static Analysis:1

General objective and settings:

Design Objective	Single Point
Study Type	Static Analysis
Last Modification Date	07/12/2016, 22:32
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No
Separate Stresses Across Contact Surfaces	No
Motion Loads Analysis	No

Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,2
Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	No
Use part based measure for Assembly mesh	Yes

⊟ Material(s)

Name	Generic	
General	Mass Density	1 g/cm^3
	Yield Strength	0 MPa
	Ultimate Tensile Strength	0 MPa
Stress	Young's Modulus	0,0000001 GPa
	Poisson's Ratio	0 ul
	Shear Modulus	0,00000005 GPa
Part Name(s)	esqueleto Skeleton0001	

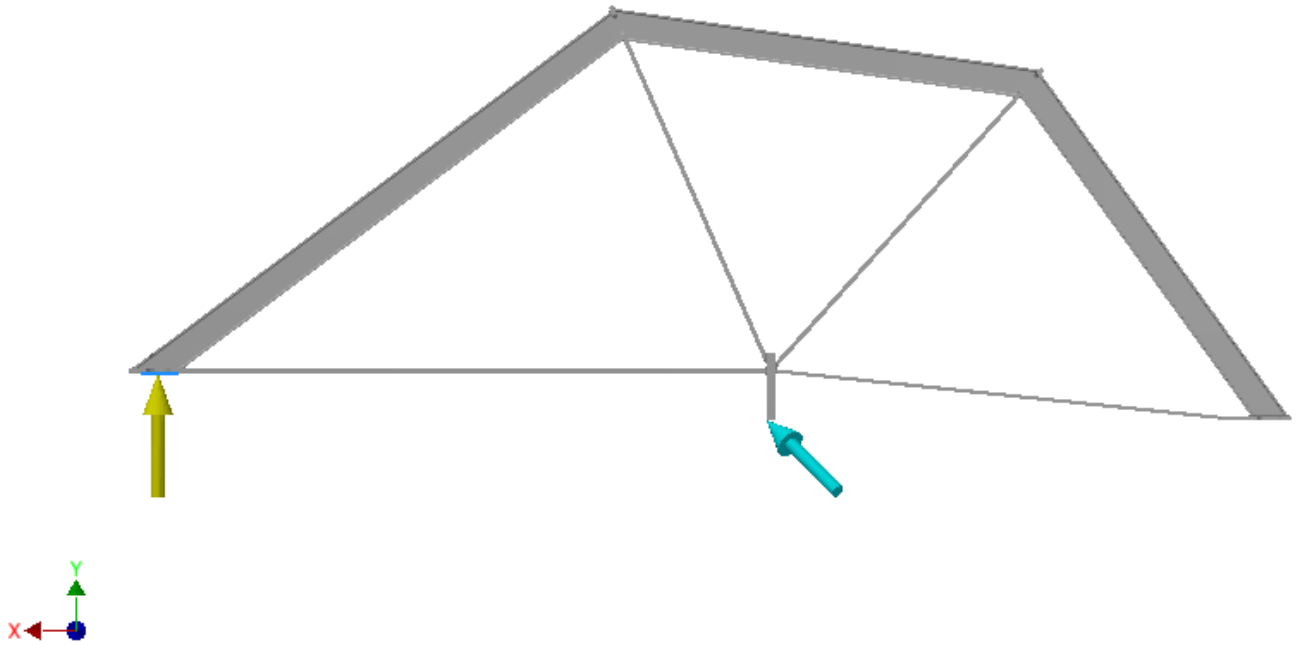
Name	Steel, Mild	
General	Mass Density	7,86 g/cm^3
	Yield Strength	207 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa
Stress	Young's Modulus	220 GPa
	Poisson's Ratio	0,275 ul
	Shear Modulus	86,2745 GPa
Part Name(s)	ISO 120x 30 00000048.ipt ISO 120x 25 00000050.ipt ISO 120x 15 00000045.ipt ISO 120x 15 00000045.ipt ISO 120x 15 00000044.ipt ISO 120x 15 00000044.ipt ISO 120x 12 00000043.ipt ISO 120x 12 00000043.ipt ISO 120x 15 00000046.ipt ISO 120x 15 00000046.ipt ISO 100x100x6 00000038.ipt ISO 100x100x6 00000038.ipt ISO 100x100x6 00000005.ipt ISO 100x100x6 00000005.ipt ISO 100x100x6 00000006.ipt ISO 100x100x6 00000006.ipt	

⊟ Operating conditions

⊟ Force:1

Load Type	Force
Magnitude	15000,000 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	15000,000 N
Vector Z	-0,000 N

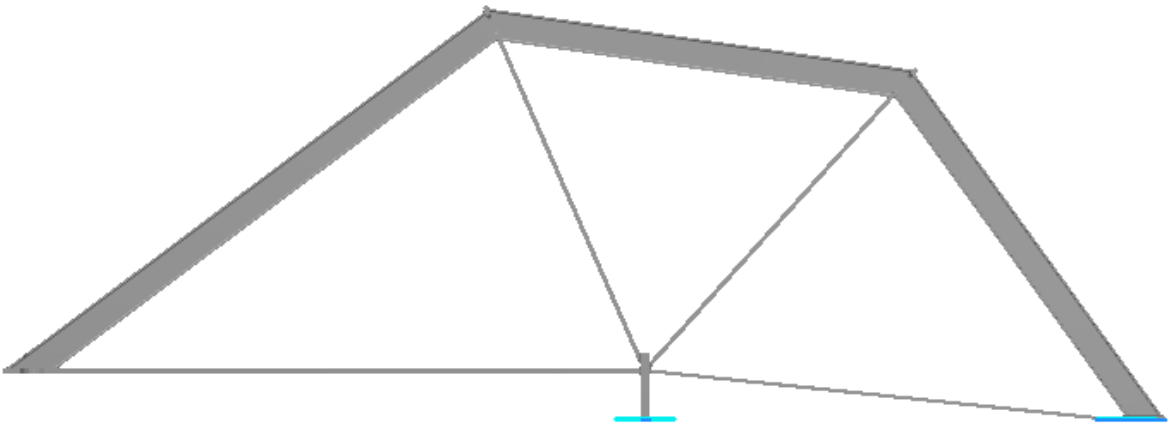
⊟ Selected Face(s)



⊟ Frictionless Constraint:1

Constraint Type	Frictionless Constraint

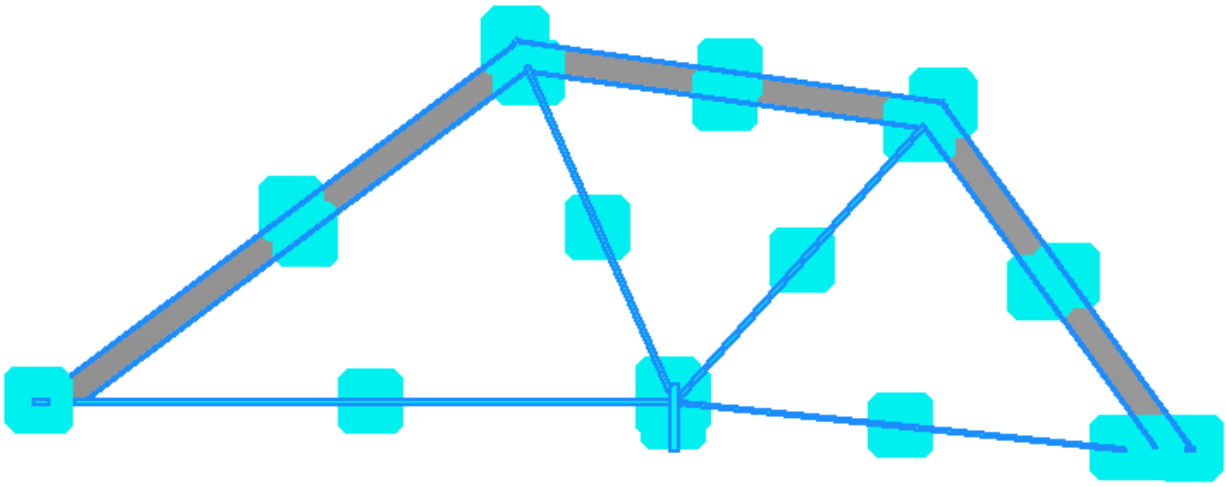
⊟ Selected Face(s)



⊟ Frictionless Constraint:2

Constraint Type	Frictionless Constraint

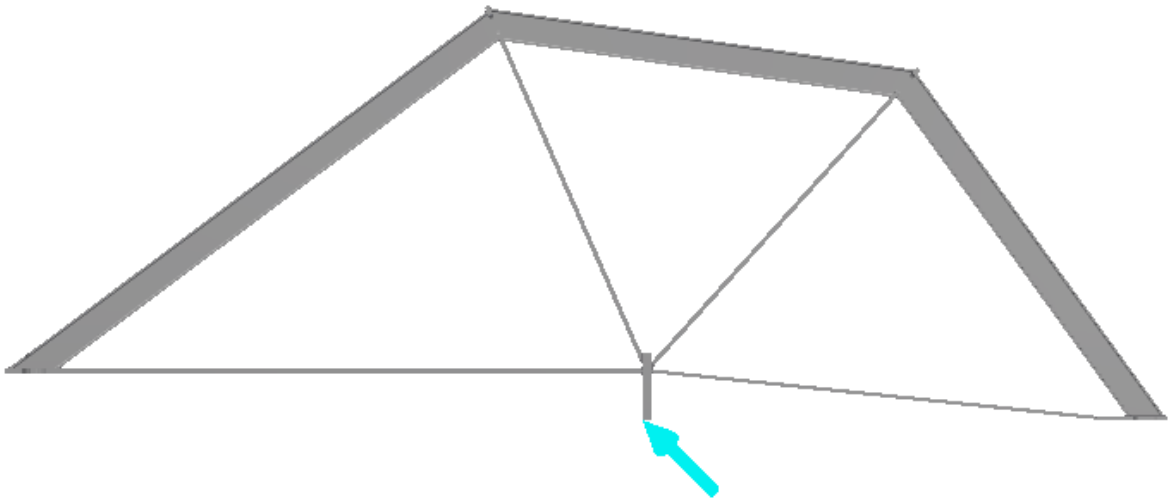
⊟ Selected Face(s)



⊟ Fixed Constraint:1

Constraint Type	Fixed Constraint
Vector X	0,000 mm

⊟ Selected Face(s)



Contacts (Bonded)

Name	Part Name(s)
Bonded:1	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 120x 15 00000044:1
Bonded:2	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 120x 15 00000045:1
Bonded:3	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 120x 30 00000048:1
Bonded:4	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 120x 30 00000048:1
Bonded:5	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000038:1
Bonded:6	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 120x 12 00000043:1
Bonded:7	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000006:1
Bonded:8	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000006:1
Bonded:9	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 120x 15 00000046:1
Bonded:10	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 120x 12 00000043:1
Bonded:11	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 120x 12 00000043:1
Bonded:12	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 120x 12 00000043:1
Bonded:13	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 120x 30 00000048:1
Bonded:14	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 120x 15 00000044:1
Bonded:19	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000006:1
Bonded:20	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000006:1
Bonded:21	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 120x 25 00000050:1
Bonded:22	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000006:1

Bonded:23	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000006:1
Bonded:24	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 120x 25 00000050:1
Bonded:25	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 120x 12 00000043:1
Bonded:26	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000006:1
Bonded:27	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000006:1
Bonded:28	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000006:1
Bonded:29	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000006:1
Bonded:30	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000006:1
Bonded:31	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000005:1
Bonded:32	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000005:1
Bonded:33	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000005:1
Bonded:34	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000005:1
Bonded:35	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000005:1
Bonded:36	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 120x 15 00000044:1
Bonded:37	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 120x 15 00000044:1
Bonded:38	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 120x 15 00000045:1
Bonded:39	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 120x 15 00000045:1
Bonded:40	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 120x 30 00000048:1
Bonded:41	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 120x 15 00000046:1
Bonded:42	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 120x 30 00000048:1
Bonded:43	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000005:1
Bonded:44	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000005:1
Bonded:45	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000005:1
Bonded:46	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000005:1
Bonded:47	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000005:1
Bonded:48	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 120x 15 00000045:1
Bonded:49	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000038:1
Bonded:50	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000038:1
Bonded:51	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000038:1
Bonded:52	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000038:1
Bonded:53	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000038:1
Bonded:54	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 120x 15 00000046:1
Bonded:55	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000038:1
Bonded:56	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000038:1
Bonded:57	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000038:1
Bonded:58	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000038:1
Bonded:59	_Weldbead:1 Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000038:1
Bonded:60	Frame0001:1/ISO 120x 15 00000046:1 Frame0001:1/ISO 120x 30 00000048:1

⊟ Contacts (Separation)

Name	Part Name(s)
Separation:1	Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000038:1 Frame0001:1/ISO 120x 15 00000045:1
Separation:2	Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000006:1 Frame0001:1/ISO 120x 15 00000044:1
Separation:3	Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000005:1 Frame0001:1/ISO 120x 15 00000044:1
Separation:4	Frame0001:1/ISO 100x100x6 00000005:1 Frame0001:1/ISO 120x 15 00000045:1

Results

Reaction Force and Moment on Constraints

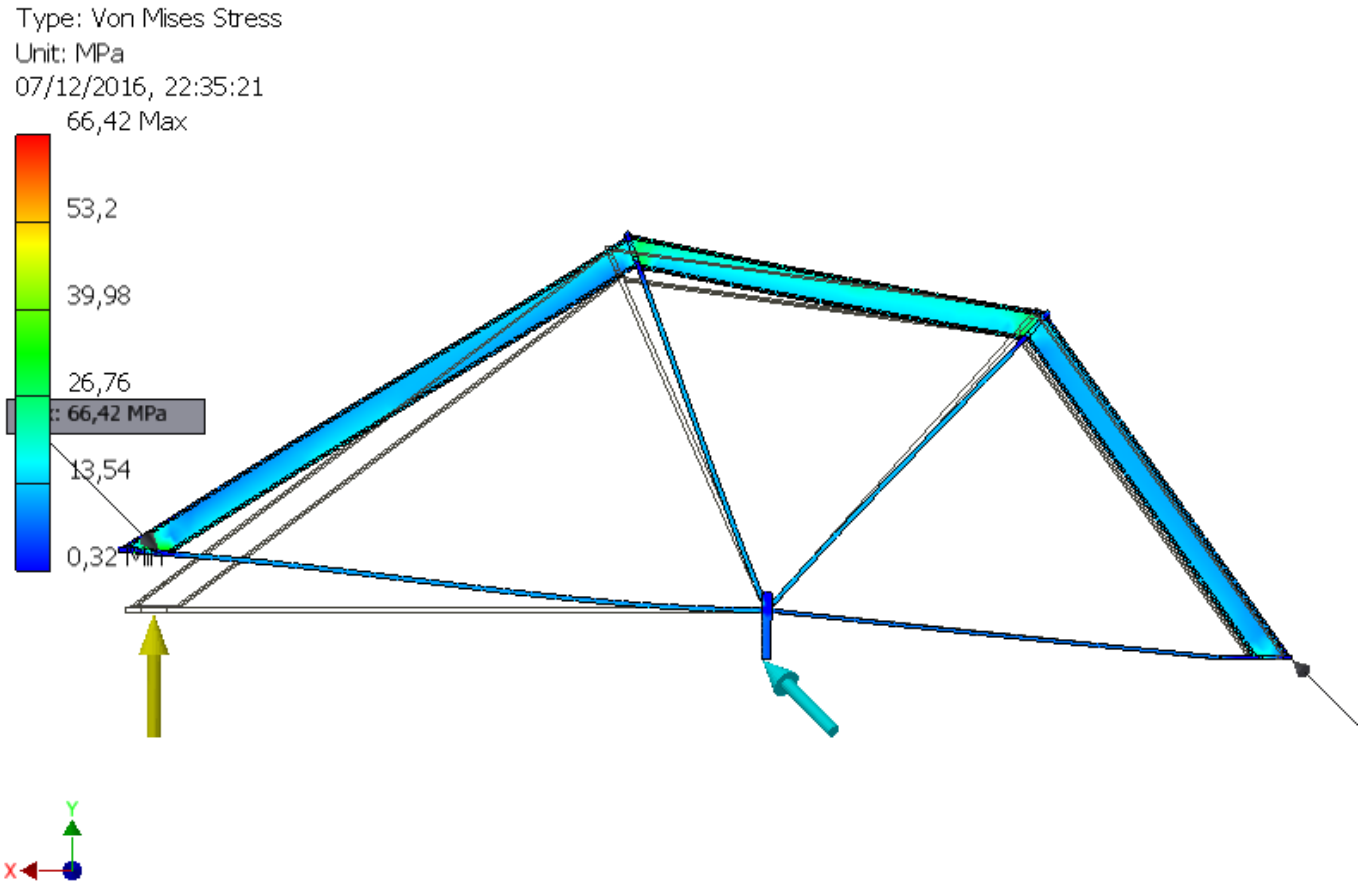
Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Frictionless Constraint:1	11235,6 N	-6,86653 N	1224,8 N m	-63,9705 N m
		-11235,2 N		-13,2623 N m
		-86,6618 N		-1223,06 N m
Frictionless Constraint:2	813,318 N	11,9587 N	1411,56 N m	550,733 N m
		-804,381 N		1298,52 N m
		119,641 N		55,1288 N m
Fixed Constraint:1	2962,94 N	2,61605 N	0,92491 N m	-0,22797 N m
		-2962,93 N		-0,896375 N m
		-2,37133 N		0 N m

Result Summary

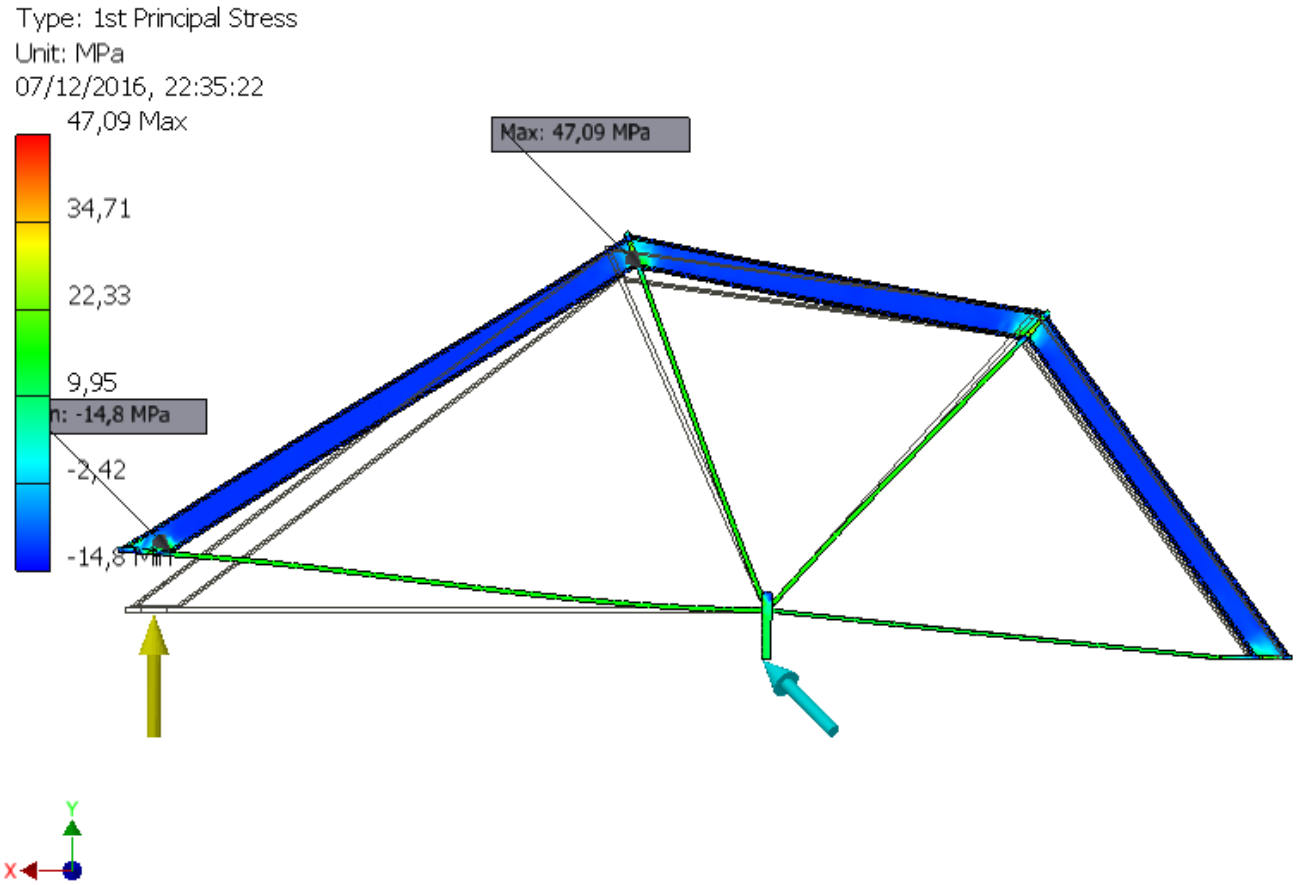
Name	Minimum	Maximum
Volume	10658500 mm^3	
Mass	83,7758 kg	
Von Mises Stress	0,318578 MPa	66,4151 MPa
1st Principal Stress	-14,8019 MPa	47,0884 MPa
3rd Principal Stress	-66,7147 MPa	10,6481 MPa
Displacement	0 mm	1,76347 mm
Safety Factor	3,11676 ul	15 ul
Stress XX	-38,9101 MPa	35,6659 MPa
Stress XY	-27,2509 MPa	35,7552 MPa
Stress XZ	-13,7835 MPa	14,8425 MPa
Stress YY	-59,2004 MPa	43,9656 MPa
Stress YZ	-13,0983 MPa	18,5333 MPa
Stress ZZ	-45,7563 MPa	27,4407 MPa
Y Displacement	-0,0745193 mm	1,7521 mm
Contact Pressure	0 MPa	710,354 MPa

Figures

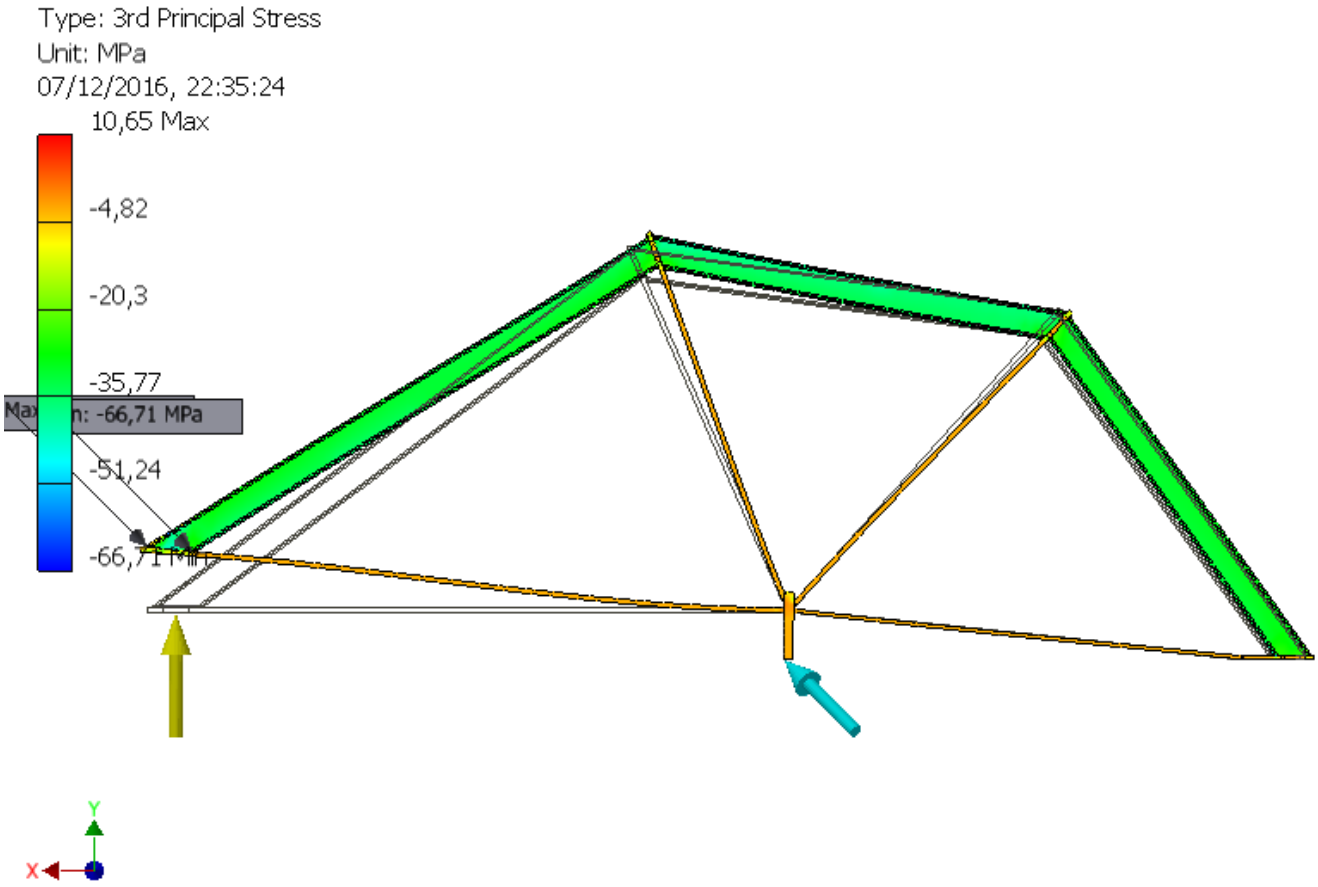
Von Mises Stress



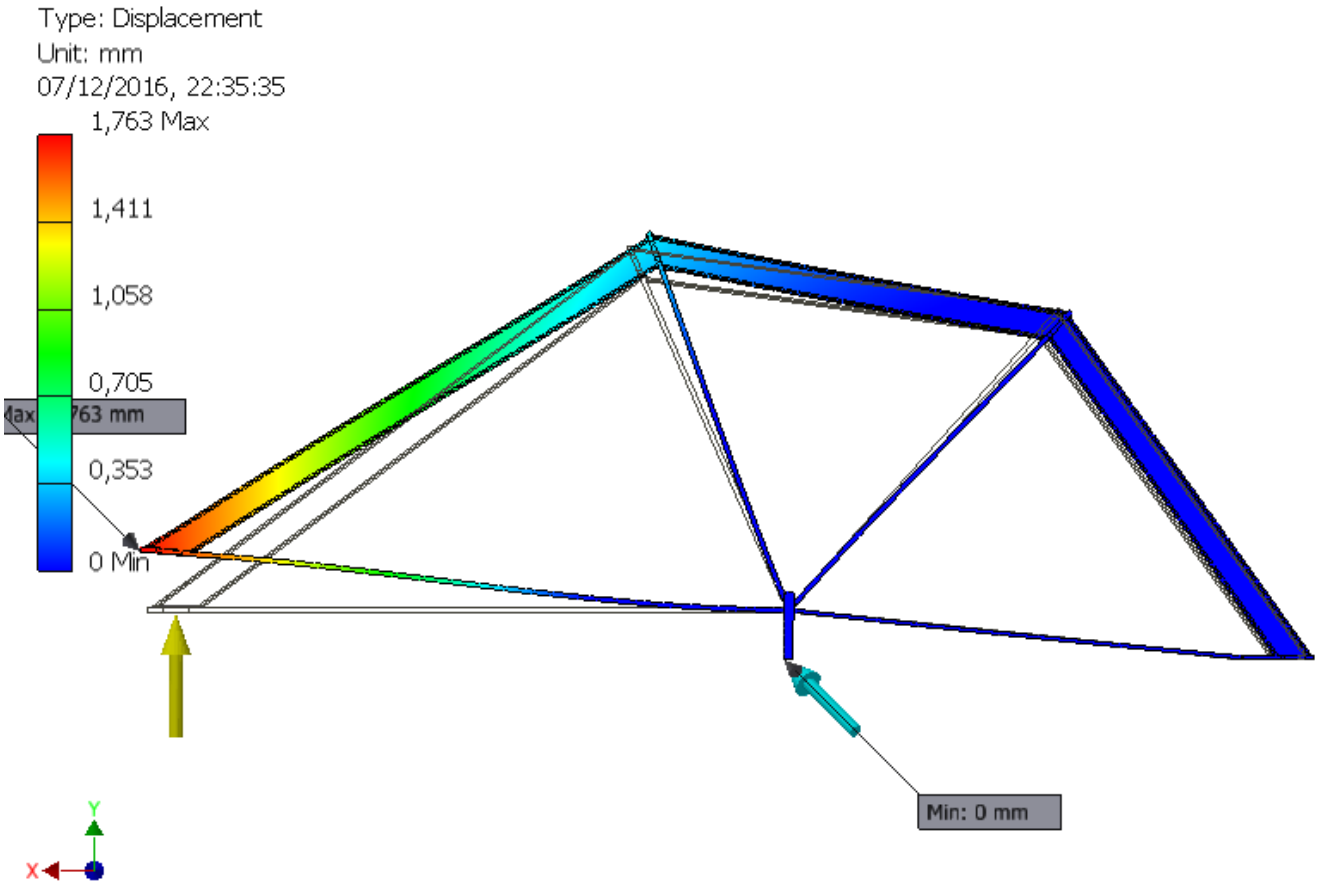
1st Principal Stress



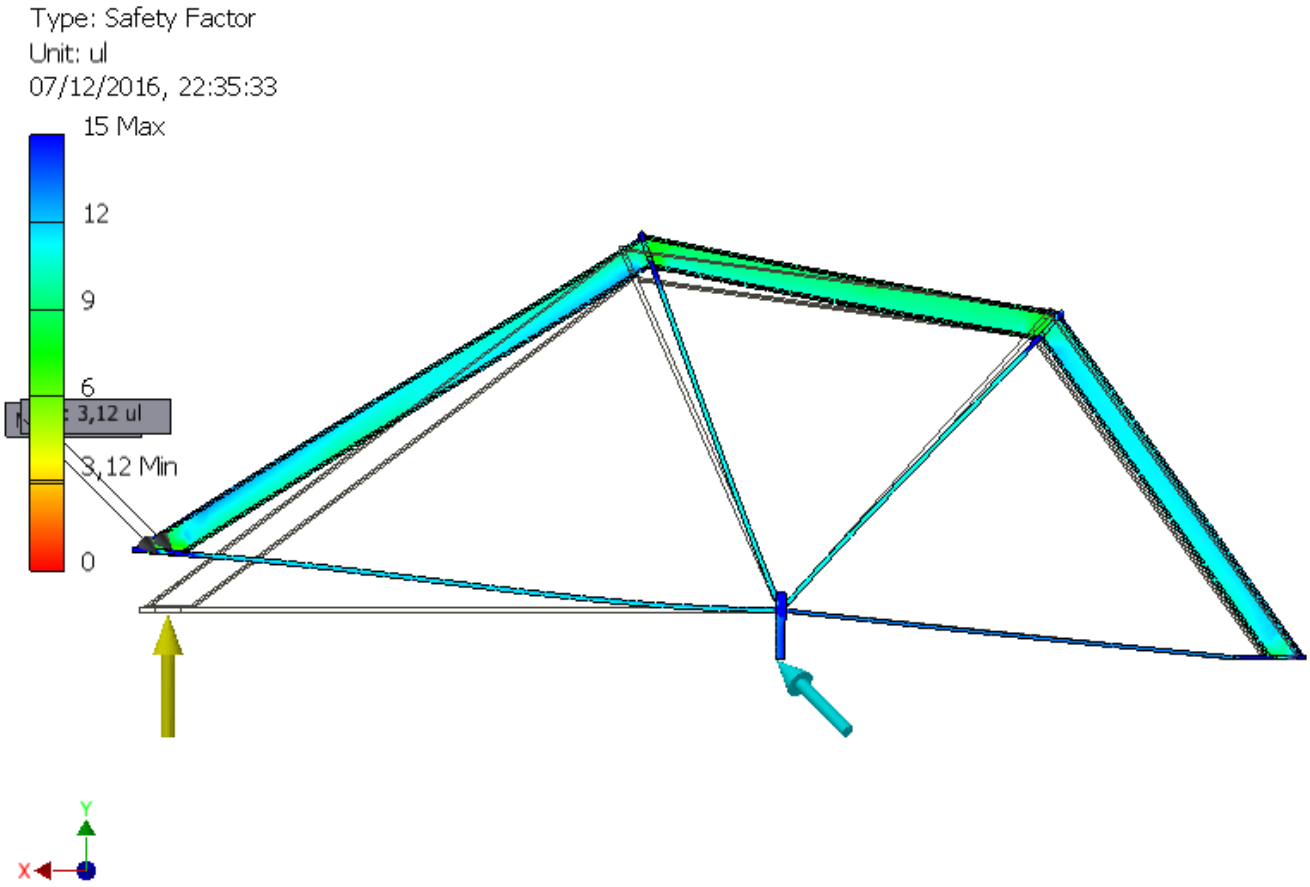
3rd Principal Stress



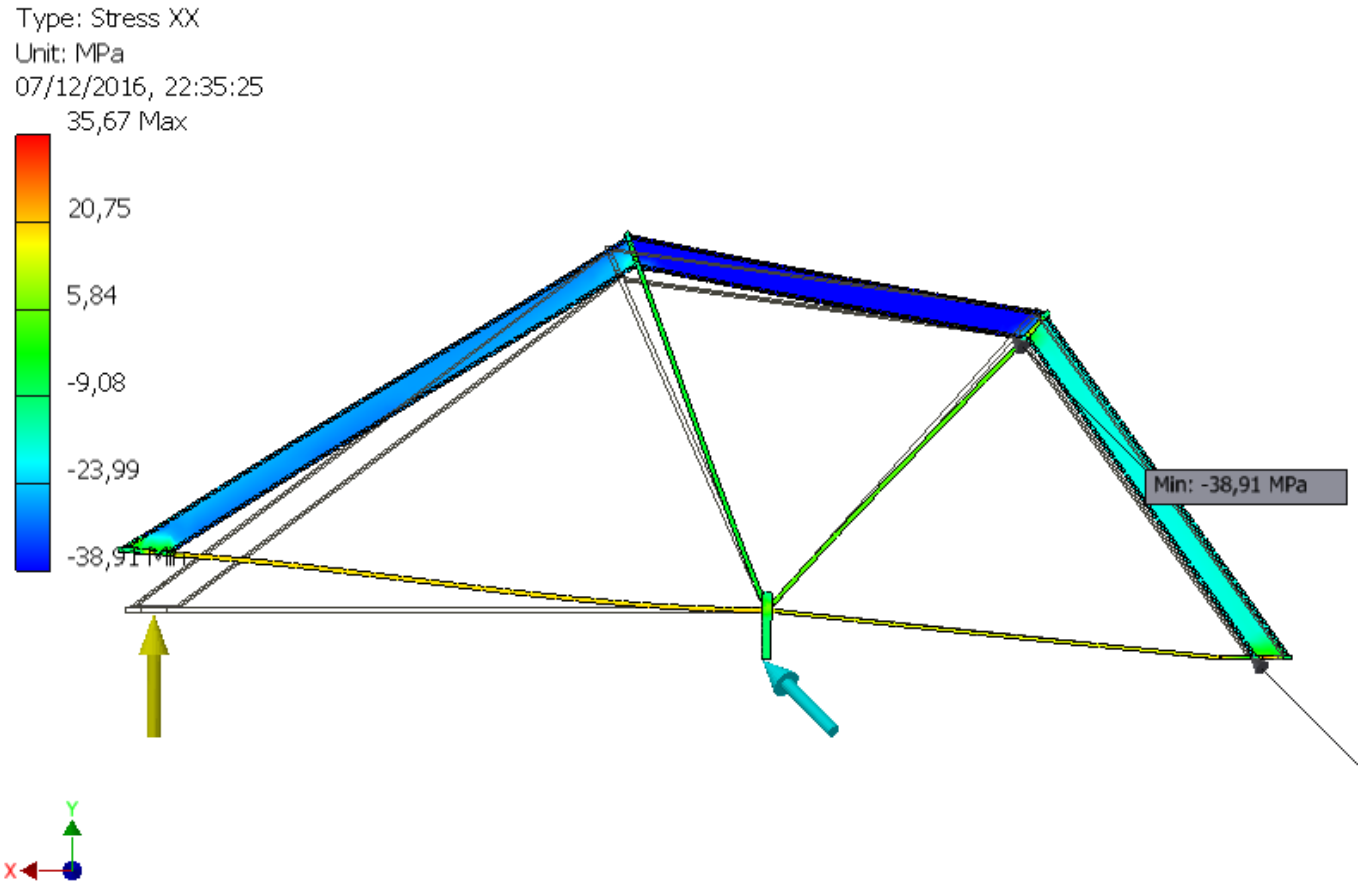
Displacement



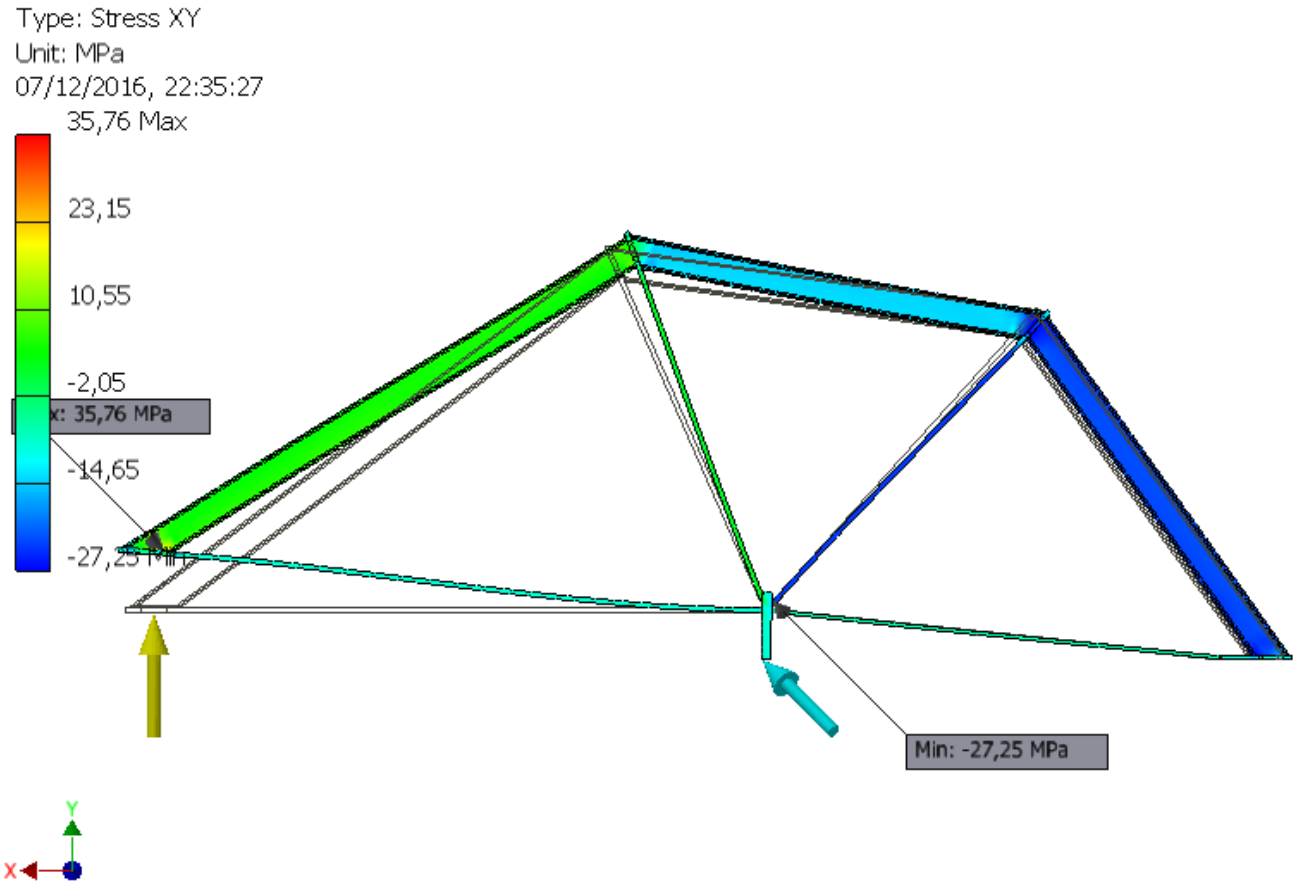
Safety Factor


Type: Safety Factor
Unit: ul
07/12/2016, 22:35:33
15 Max
12
9
6
3,12 ul
3,12 Min
0
Y
X

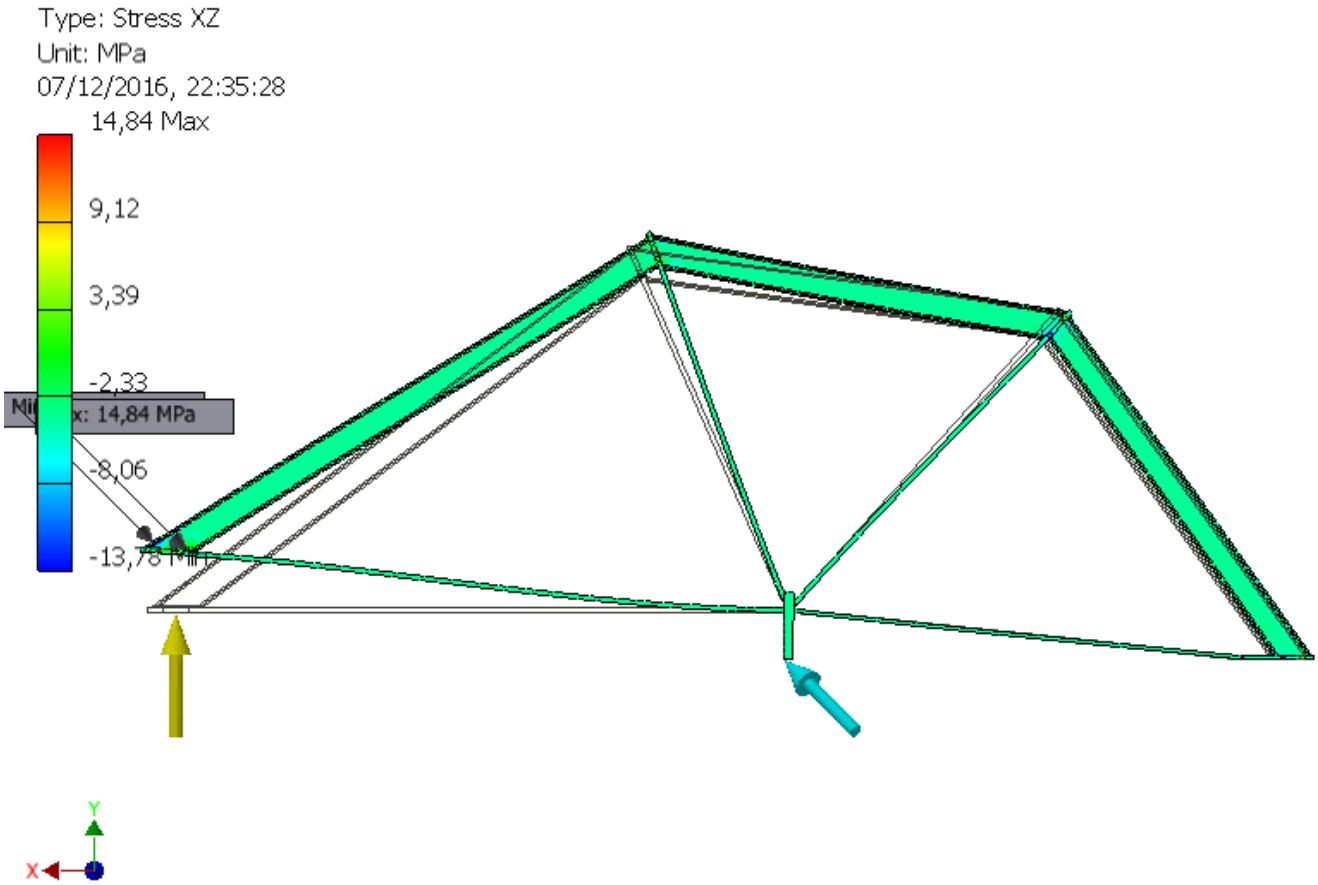
Stress XX


Type: Stress XX
Unit: MPa
07/12/2016, 22:35:25
35,67 Max
20,75
5,84
-9,08
-23,99
-38,91 Min
Min: -38,91 MPa
Y
X

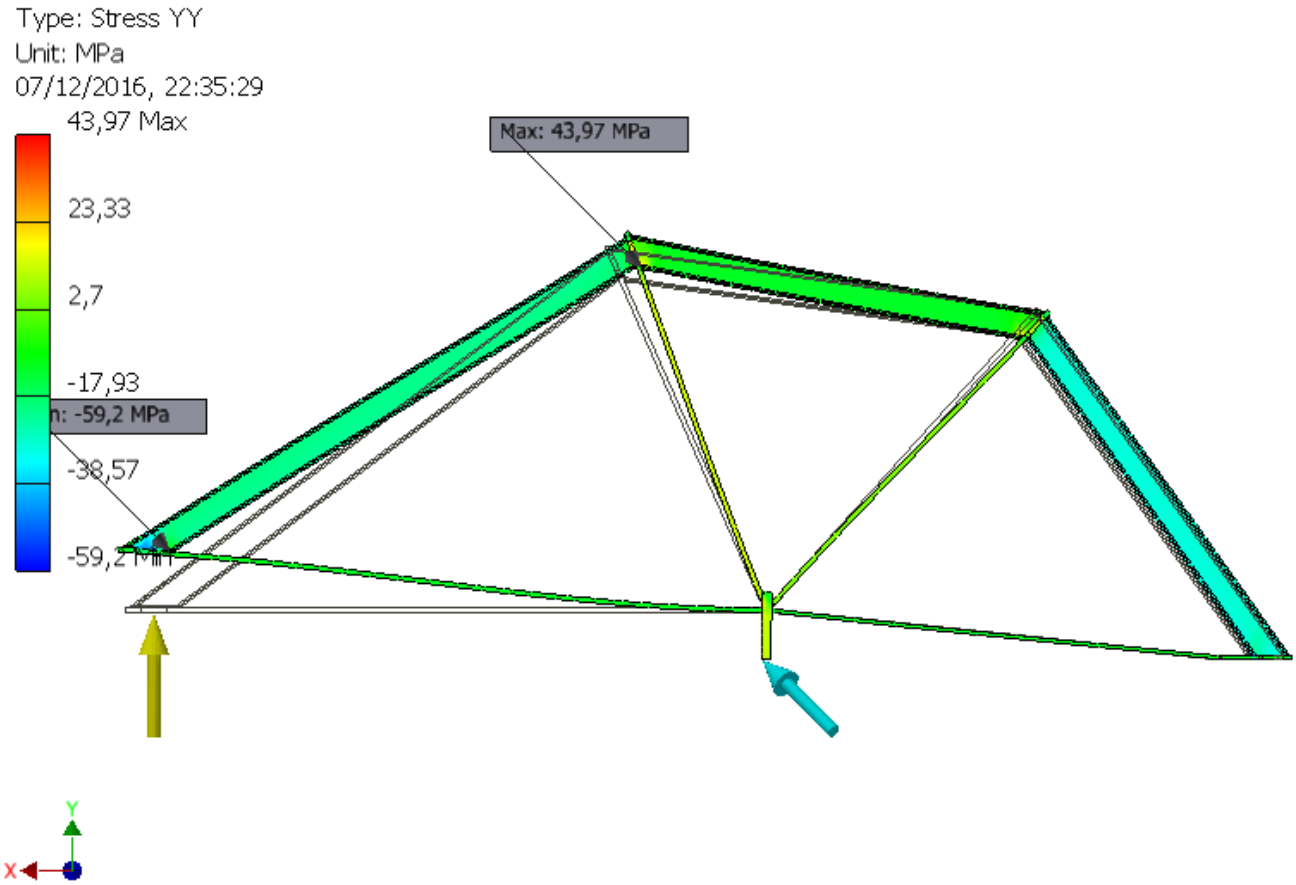
Stress XY


Type: Stress XY
Unit: MPa
07/12/2016, 22:35:27
35,76 Max
23,15
10,55
-2,05
x: 35,76 MPa
-14,65
-27,25 Min
Min: -27,25 MPa
Y
X

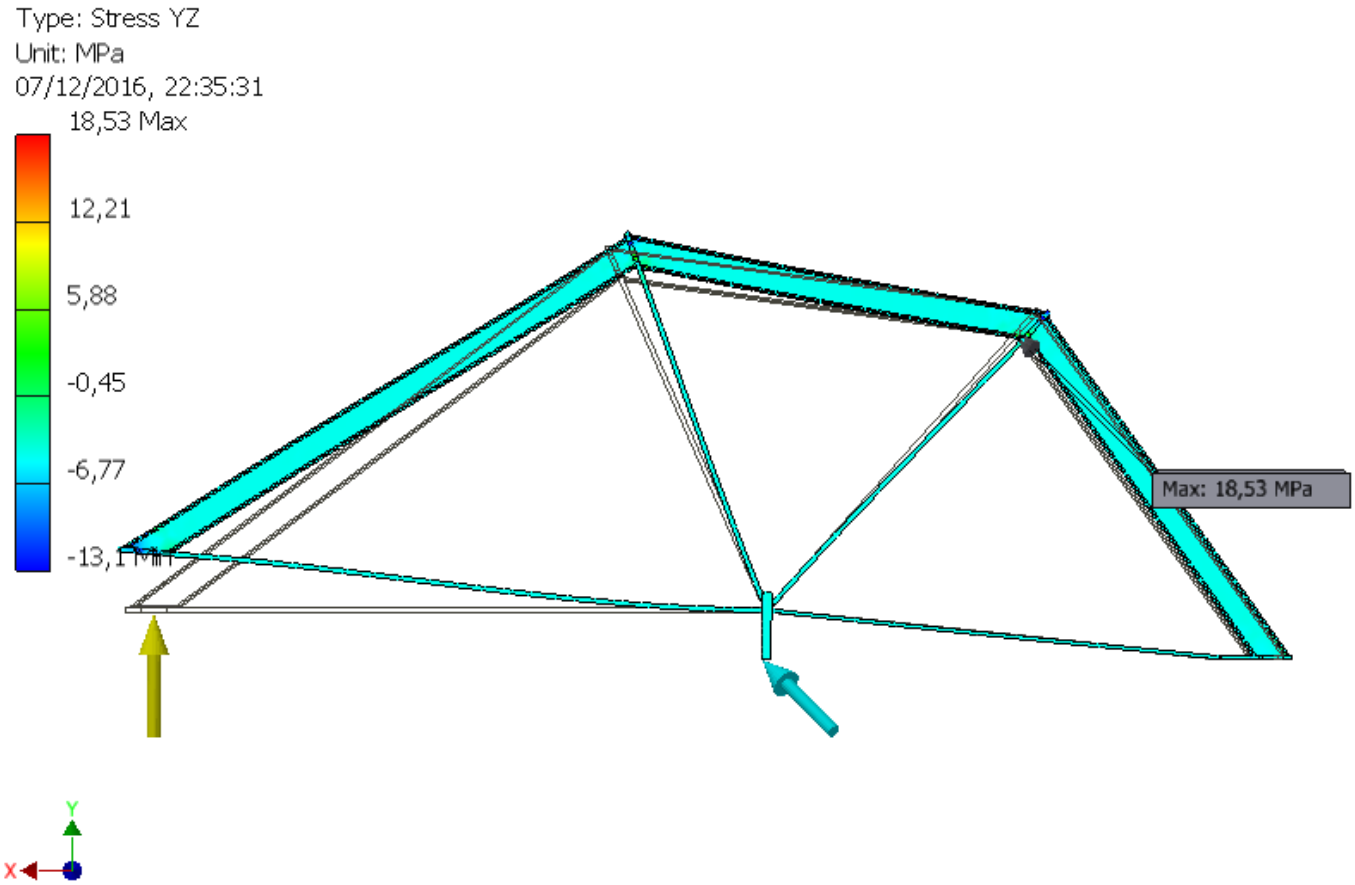
Stress XZ


Type: Stress XZ
Unit: MPa
07/12/2016, 22:35:28
14,84 Max
9,12
3,39
-2,33
x: 14,84 MPa
-8,06
-13,78 Min
Y
X

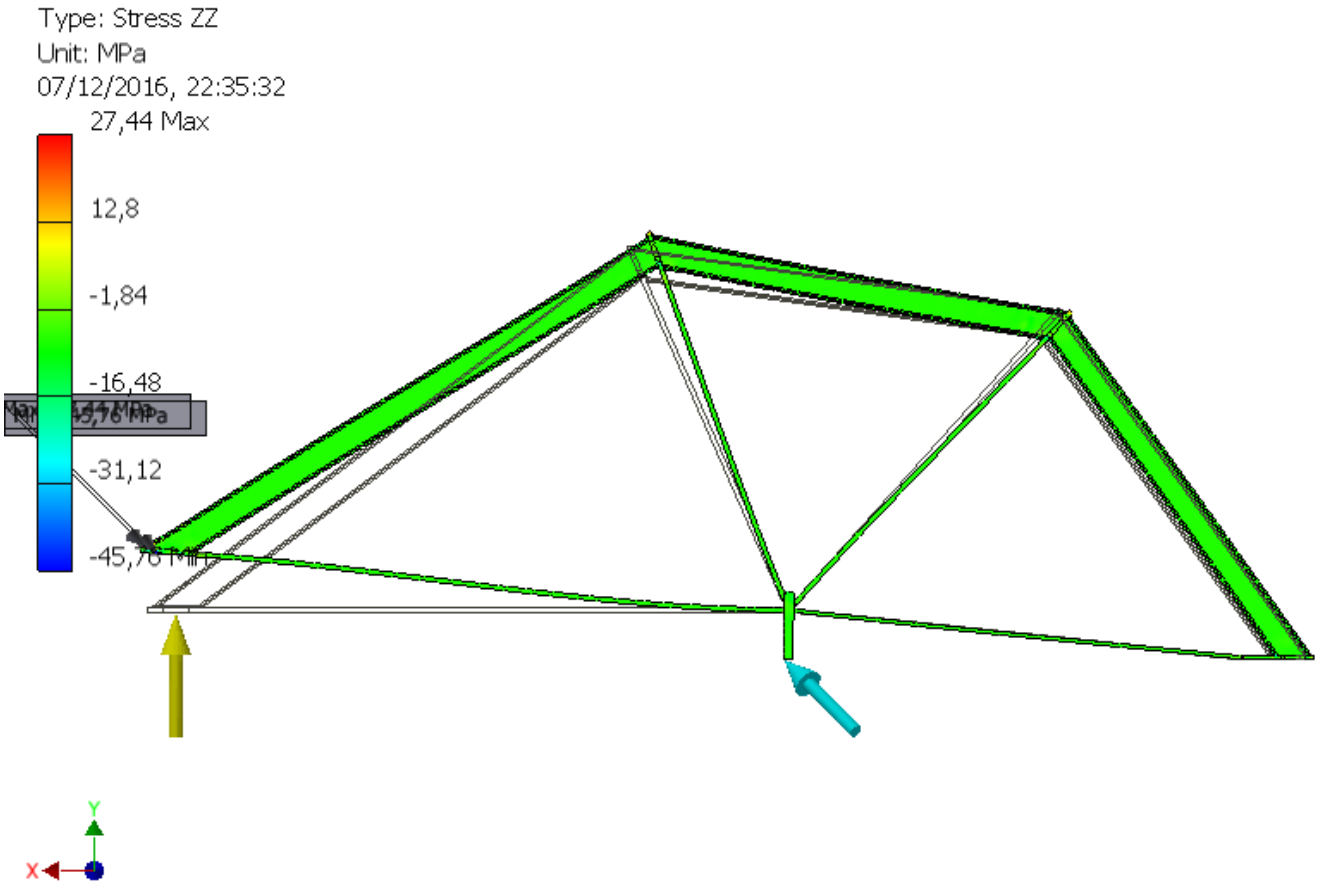
Stress YY


Type: Stress YY
Unit: MPa
07/12/2016, 22:35:29
43,97 Max
23,33
2,7
-17,93
-38,57
-59,2 MPa
Max: 43,97 MPa
Y
X

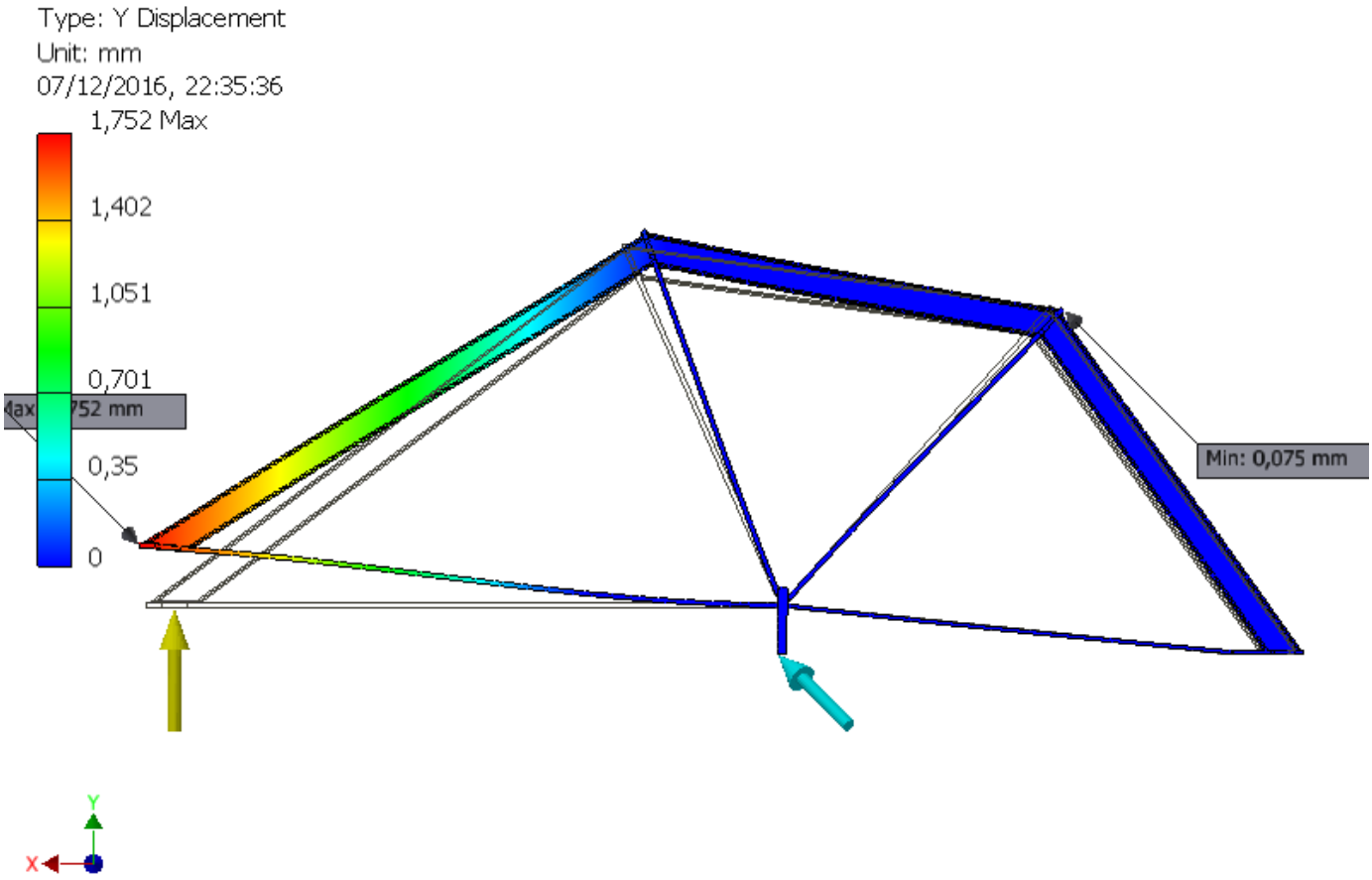
Stress YZ


Type: Stress YZ
Unit: MPa
07/12/2016, 22:35:31
18,53 Max
12,21
5,88
-0,45
-6,77
-13,11 Min
Max: 18,53 MPa
Y
X

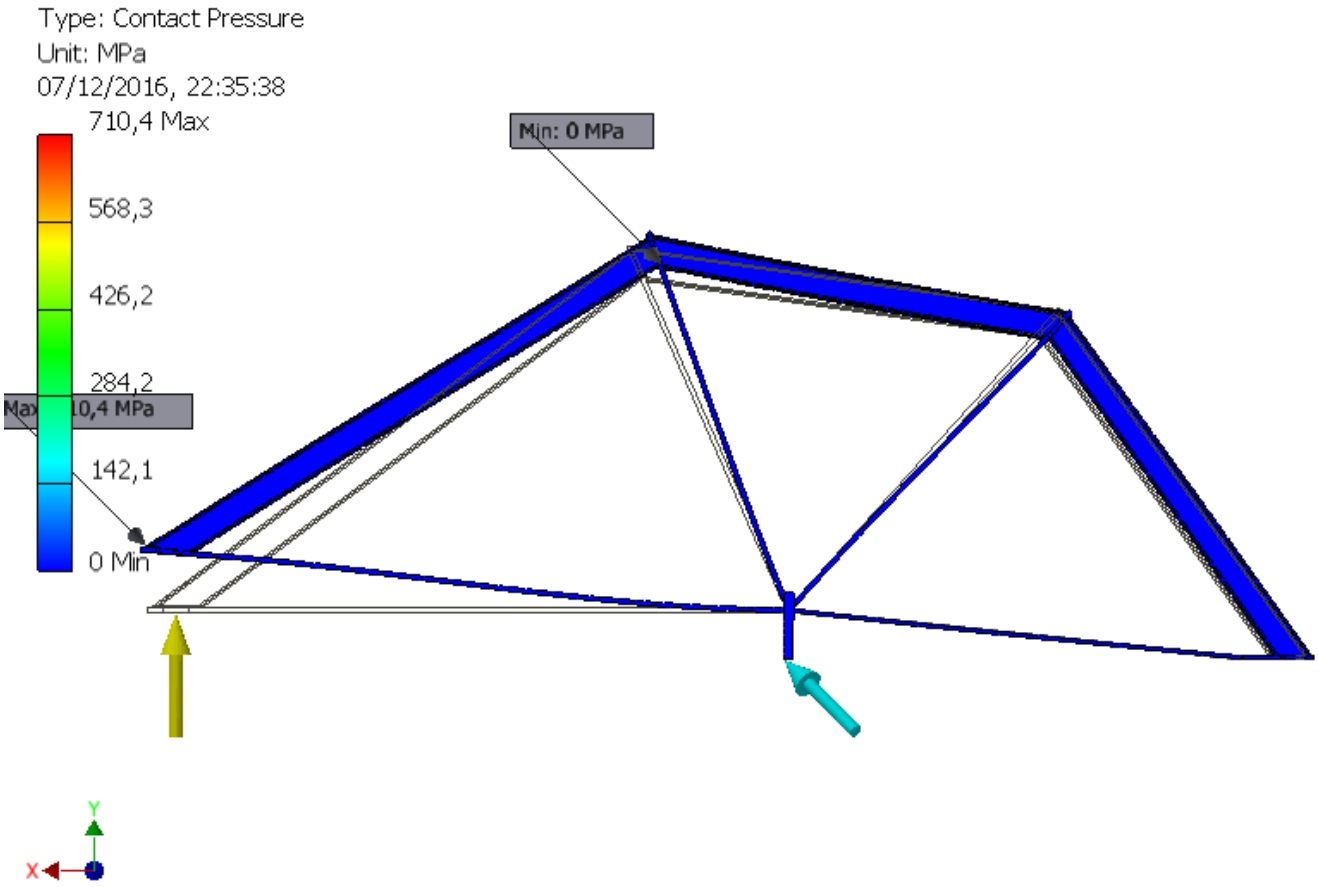
Stress ZZ



Y Displacement



⊟ **Contact Pressure**



D:\Users\WAK\Documents\Aulas UFPR\TM370 - estruturas metálicas\Walter\CAD\Treliça\Treliça_José_1.iam