

T1 Nostimen ANSYS-malli

Päätetään laskea millimetreillä, koska kyseessä ei ole dynamiikan tehtävä. Käynnistetään ANSYS ja määritetään ensin nostopuomin solmujen pisteet:

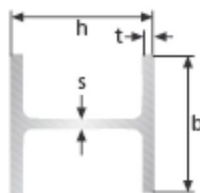
$K_{,,0}$ -1300 !* Pylvään kiinnitys
 $K_{,,0}$ -1000 !* Sylinterin kiinnitys pylväässä
 $K_{,,0}$ 0 !* Origo
 $K_{,,766.044431}$ 642.7876097 !* Sylinterin kiinnitys
 $K_{,,2298.133329}$ 1928.362829
 $K_{,,3830.222216}$ 3213.938048 !* Puomin pää

ja lisätään sitten elementtityypit: BEAM188 ja LINK180. Palkille valitaan vielä kohdasta Options: Element behaviour KeyOpt3=2. Sauvaelementille asetetaan arvot kohdasta Real Constants. Materiaalin kimmokerroin asetaan valikosta Material Models.

Palkkien poikkileikkaukset määritetään valikosta Sections->Beam->Common Sections alla olevaa taulukkoa käyttäen (tai Googlettamalla HEA palkit). Laita palkille HEA200 ID 2 painettuasi Apply.

Taulukko. HEA-palkkien mitat

Nr	Type	h	b	s	t
1	HE 100 A	96	100	5.0	8.0
2	HE 120 A	114	120	5.0	8.0
3	HE 140 A	133	140	5.5	8.5
4	HE 160 A	152	160	6.0	9.0
5	HE 180 A	171	180	6.0	9.5
6	HE 200 A	190	200	6.5	10.0
7	HE 220 A	210	220	7.0	11.0
8	HE 240 A	230	240	7.5	12.0
9	HE 260 A	250	260	7.5	12.5
10	HE 280 A	270	300	8.0	13.0
11	HE 300 A	290	300	8.5	14.0
12	HE 320 A	310	300	9.0	15.5
13	HE 340 A	330	300	9.5	16.5
14	HE 360 A	350	300	10.0	17.5
15	HE 400 A	390	300	11.0	19.0
16	HE 450 A	440	300	11.5	21.0
17	HE 500 A	490	300	12.0	23.0
18	HE 550 A	540	300	12.5	24.0
19	HE 600 A	590	300	13.0	25.0



Beam Tool

ID: 1

Name: HEA140

Sub-Type: I

Offset To: Centroid

Offset-Y: 8.89002e-015

Offset-Z: 66.5

Diagram showing dimensions: t2, w2, t3, w3, t1, w1

W1: 140

W2: 140

W3: 133

t1: 8.5

t2: 8.5

t3: 5.5

0

Coarse Fine

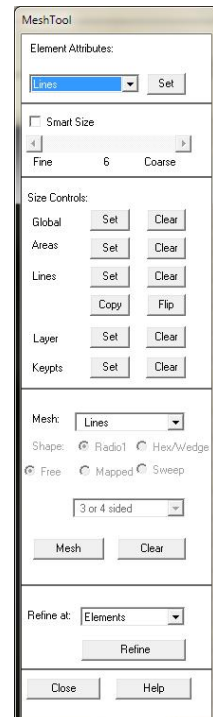
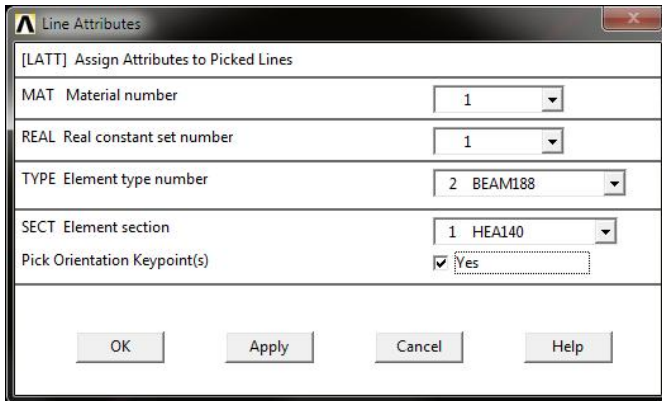
OK Apply

Close Preview

Help Meshview

Tehdään sitten nostopuomin pisteet ja kolme viivaa. Tehdään lisäksi suuntapiste, joka määrää palkin orientaation kopioimalla KeyPoint1 500 mm ylöspäin ja

pylvään verkotusta varten suuntapiste: (esim: 0,-500,-500). Verkotetaan sitten nostopuomi vaikkapa MeshToolia käyttäen. Valitse ylin Set (Lines) ja valitse sitten kolme viivaa ja aseta kuvan mukaiset valinnat OK ja valitse hiirellä puomin suuntapiste, joka juuri tehtiin. Valitse vielä Size Controls: Lines Set ja aseta kolmelle viivalle elementtien lukumääräksi 1 kpl. Paina vielä Mesh ja verkota viivat.



Tehdään pylvään viivat ja elementit (1 per viiva) vastaavasti asettamalla

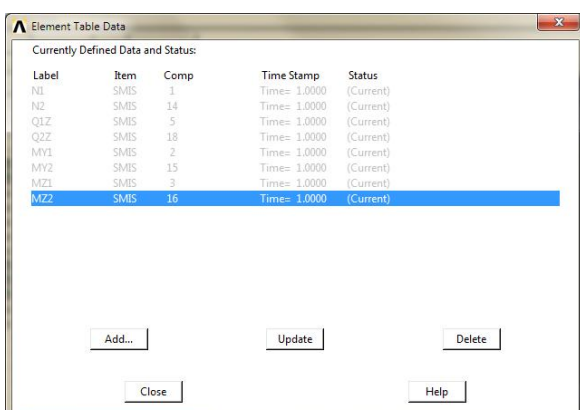
Element attributes poikkileikkaus HEA200 ja käyttäen pylvään suuntapistettä (0,-500,-500).

Koska pylvään ja nostopuomin välissä on kiertonivel, niin mallinnetaan nivel ENDRELEASE komennolla (Main Menu->Preprocessor->Loads->Load Step Opts->Other->End Releases->On Selected set), mutta sitä käytettäessä pitää ensin asettaa ko. KeyPoint, johon nivel tulee, valituksi. Ylämenu Select->Entities->Keypoints->OK ja valitse piste, jossa nivel tulee olemaan. Select komentoa käytettäessä pitää muistaa palauttaa valinnat ENDRELEASE (jolla vapautat nyt rotaation z-akselin ympäri elementtien välillä) komennon jälkeen: Select->Entities->Keypoints->Sele all. (Tuon kaiken voi myös korvata: End Releases->On Picked Node)

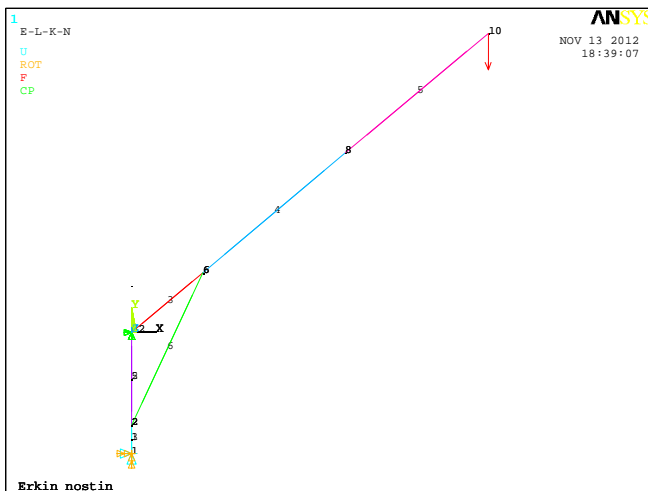
Vielä lisätään (Elem Attributes: LINK180) nostosylinteriä kuvaava sauvaelementti ja lisätään sauvaelementti.

Malli alkaa jo kohta olla valmis kunhan lisätään pylvään alapää täysin kiinni ja lisätään nostopuomin päähän pistevoima vaikkapa 1000 N alaspäin.

Ratkaistaan tehtävä varoituksista (näet varoitukset toisesta ANSYS-ikkunasta) välittämättä ja katsotaan nostimen siirtymä. Jos kaikki näyttää hyvältä niin siirrytään General Postproc kohtaan Element table ja lisätään sinne tuloksia SMIS numerot 1,14,5,18,2,15,3,16 (katso Help Beam 188).



ja käydään sitten katselemassa tuloksia.



Elementti- ja solmunumerointi

Seuraavassa on tulostettu kerätyt normaalivoima N , leikkausvoima Q , tai vutusmomentti M_y lokaalisen y -akselin ja M_z lokaalisen z -akselin ympäri.

***** POST1 ELEMENT TABLE LISTING *****

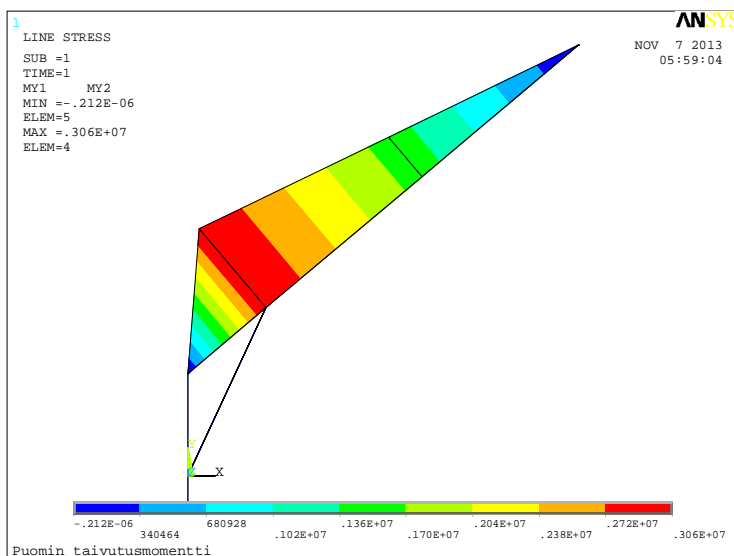
STAT ELEM	CURRENT N1	CURRENT Q1Z	CURRENT MY1	CURRENT MY2	CURRENT MZ1	CURRENT MZ2
1	-1000.0	0.58989E-18	0.13455E-04	0.13455E-04	0.38302E+07	0.38302E+07
2	7213.9	0.85660E-18	0.13455E-04	0.13453E-04	0.38302E+07	0.69849E-09
3	7571.2	3064.2	0.37253E-07	0.30642E+07	0.60316E-06	0.60366E-06
4	-642.79	-766.04	0.30642E+07	0.15321E+07	0.60350E-06	0.60373E-06
5	-642.79	-766.04	0.15321E+07	0.20623E-06	0.60326E-06	0.60631E-06
6	-9063.1	0.0000	4000.0	0.0000	0.0000	0.0000

Seuraavaksi listataan tukireaktiot

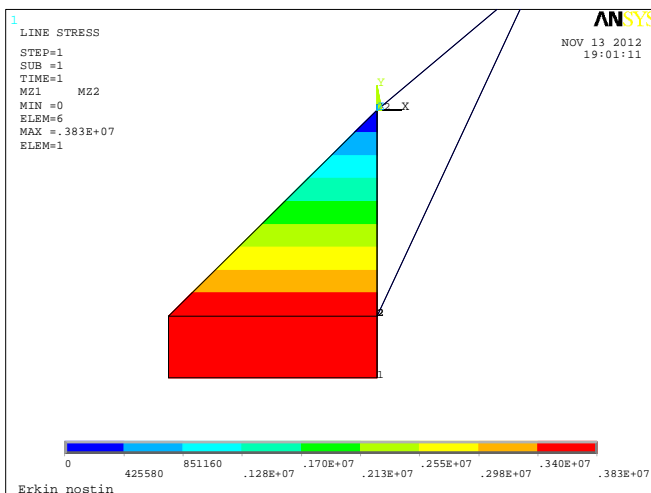
***** POST1 TOTAL REACTION SOLUTION LISTING *****

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	0.24251E-08	1000.0	0.58990E-18	0.13455E-04	0.12476E-04	0.38302E+07

Nostopuomin taivutusmomenttikuvio



Tulostetaan vielä pylvään taivutusmomenttikuvio



Lasketaan sitten poikkileikkauksen jännitykset elementin 3 solmun 2 kohdalla.

Kuormitukset

Normaali voima N	7571.2
Leikkausvoima Q	3064.2
Taivutusmomentti Mt	3.06E+06

Poikkileikkauksen laskenta (Ele 3 solmu 2)

Pinta-ala A	3018	mm ²
I _{yy}	9.95E+06	mm ⁴
S _y uuman yläreuna	74077.5	mm ³

Yläpinnan piste	66.5	mm	ey
Sigma _{taiv}	20.47	MPa	
Sigma _N	2.51	MPa	
Sigma_{yhd}	22.98	MPa	

Uumanyläreuna	58	mm	ey
Sigma _{taiv}	17.86	MPa	
Sigma _N	2.51	MPa	
Sigma _x	20.37	MPa	
Tau	4.15	MPa	
Sigma_{yhd}	21.60	MPa	

$$\tau = \frac{Q S_y}{I_y b} \quad (b \text{ on kuvan } s)$$

$$\sigma_{yhd} = \sqrt{(\sigma_b + \sigma_N)^2 + 3\tau^2}$$

Sigma_{max}	22.98 MPa
----------------------------	-----------

Sigma _{sall}	150 MPa
-----------------------	---------

Suhdeluku	6.526537	Ssall/Smax
Sallittu kuorma	6526.5	N
Taakka	665.3	kg

Havaitaan, että tukireaktiot ovat tasapainossa ulkoisen kuorman -1000 N kanssa. Lasketaan sylinterivoima

p2x = rsx	766.0444	mm	Sylinterin yläpää
p2y = rsy	642.7876	mm	

p1x	0	mm	Sylinterin alapää
p1y	-1000	mm	

p21x	766.0444	mm
p21y	1642.788	mm

Pit	1812.616	mm
-----	----------	----

esx	0.422618		Sylinterin ykkösvektori
esy	0.906308		

$$\vec{F}_s = F_s \vec{e}_s$$

	422.6183	mm	Sylinterin momenttivarsi origoon	$\vec{p}_2 \times \vec{e}_s \cdot \vec{e}_z$
--	----------	----	----------------------------------	--

F	1000	N	Pistevoiman momenttivarsi origoon
L	3830.222	mm	

Sylinterivoima Fs	-9063.08	N
Normaalivoima	642.79	N

PS. Puomin kulman saisi myös muutettua APDL komentojonon avulla:

```
/PREP7
*afun,deg
Theta=40
K,1,,-1300,,
K,2,,-1000,,
K,3,,0,,
k,4,5000*cos(Theta),5000*sin(Theta)
k,5,0,500
k,6,1000*cos(Theta),1000*sin(Theta)
KBETW,6,4,0,RAT1,0.5,
```

!* Boom angle
!* Column points
!* Lift Boom end
!* Boom Orientation KP
!* Lift cyl end
!* Boom mid point

PS2. Alla oleva APDL komentojonon pätkä laittaa nivelen solmuun, jonka koordinaatit ovat JointX,JointY

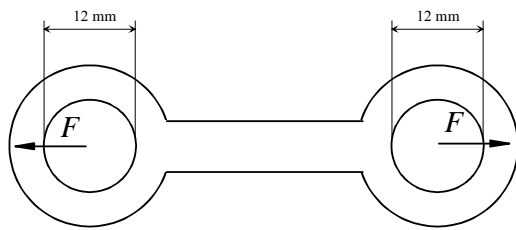
!* End Release (Nivel)

```
JointX=0
JointY=0
```

!* Omia muuttujia

```
NSEL,S,LOC,X,JointX
NSEL,R,LOC,Y,JointY
ESLN,S,0,ALL
ENDRELEASE,,-1,ROTZ
```

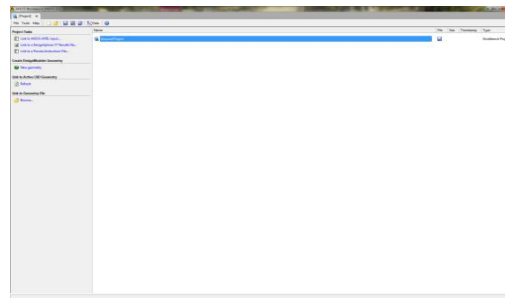
```
NSEL,ALL
ESEL,ALL
```



3. Suurinpiirtein kuvan mukainen kappale pitäisi prässätä 4 mm teräslevystä. Kappaleen pitäisi kestää voima $F = 1000 \text{ N}$, jolloin suurin sallittu jännitys 100 MPa ei saisi ylittyä. Mitoita kappale kaksiuotteisena mallina likimääräisesti kokeilemalla ANSYS10ED Workbench-ohjelmalla (symmetriaa ei nyt kannata hyödyntää). Kimmokerroin $E = 200 \text{ GPa}$ ja Poissonin vakio 0.3 .

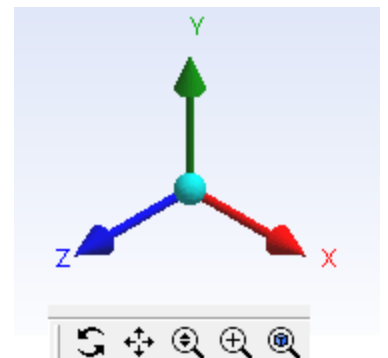
Tämä ratkaisu on tehty ANSYS WB 10 ED-ohjelmalla. Sitä voi melko suoraan soveltaa ANSYS 14 WB-ohjelmaan, sillä poikkeuksella, että 14-versiossa mallinnus kaksiuotteisena pitää valita heti kun on raahannut Static Structural analyysin työpöydälle. Valitaan sieltä Geometry ja vaihdetaan oikealla olevassa ikkunassa 3D -> 2D.

Koitetaan löytää jostain WB:n käynnistys ja valitaan Empty project, jonka jälkeen kuvaruutu voisi näyttää seuraavalta.



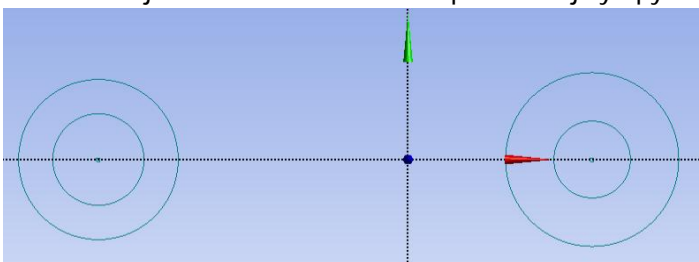
Tehdään New geometry ja valitaan millimetrit. Klikataan sitten Z-akselia.

Työkalurivillä näkyy mm. seuraavanlaisia työkaluja, jotka ovat: pyöritä, siirrä zoomaa, zoomaa laatikko ja sovita kuvaruutuun. Laita heti zoomilla mittakaava suurinpiirtein sopivaksi mallille, jotta parametrinen malli suuremmalla todennäköisyydellä ei mene myöhemmin sekaisin. Nyt 50 mm kelpaa.

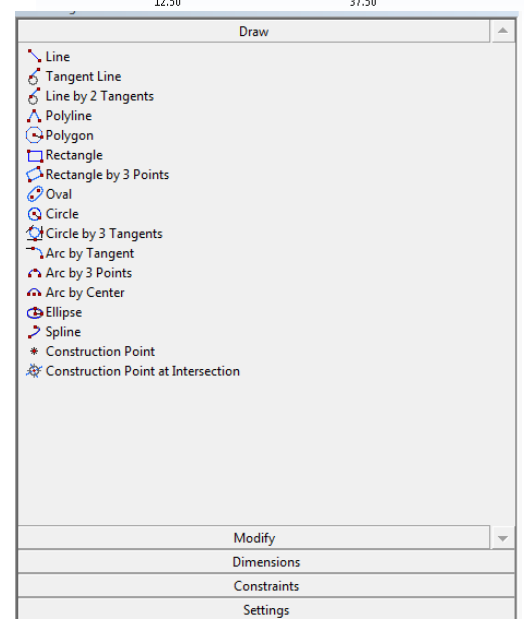


Geometrian mallinnus aloitetaan Sketching valinnalla.

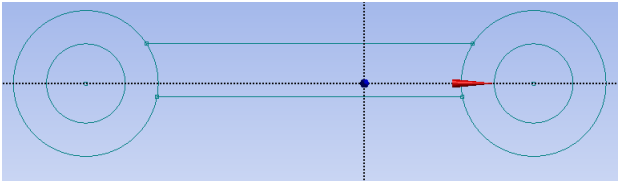
Tärkeät työkalut mallinnusta varten ovat Draw, Modify, Dimensions ja Constraints. Kokeillaan piirtää neljä ympyrää.



Valitaan sitten heti Constraints ja sieltä Equal radius ja klikataan



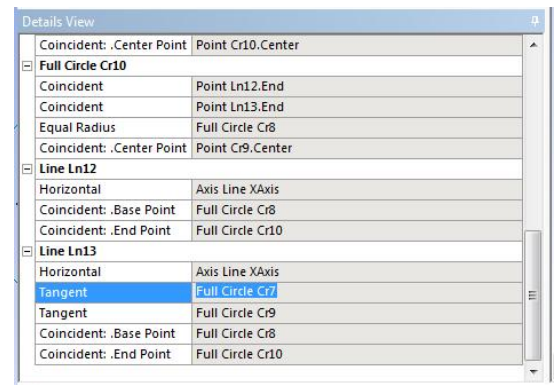
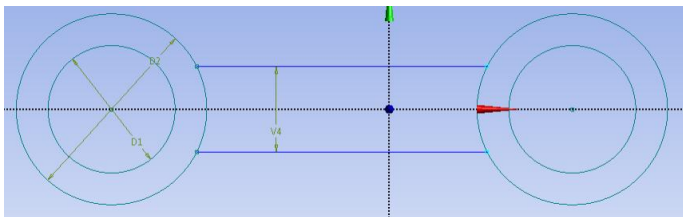
sisemmät ympyrät ja ulommat ympyrät samansäteisiksi. Piirretään sitten pari vaakasuoraa viivaa.



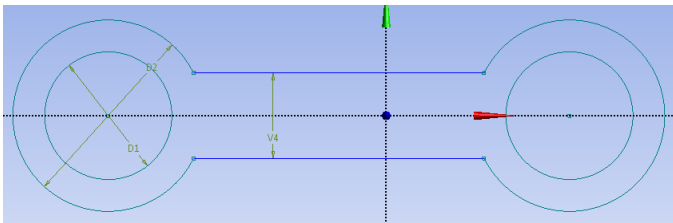
Ylempi viiva on tahallaan piirretty tangeeraamaan pienenpää ympyrää, joten ANSYS on tietysti päätellyt, jotta sellainen rajoite on voimassa. Mitoitetaan ympyrät 12 mm ja 18 mm ja huomataan, että ylempi viiva seuraa pienenpää ympyrää. Asetetaan Detail View-ikkunasta Show Constraints päälle ja etsitään nuo virheelliset rajoitteet. Ne löytyvät viivan 13 kohdalta. Painetaan

kuvan kohdassa Delete (Tangent pitää olla sininen), jolloin rajoite poistuu. Valitaan sitten Constraints ja sieltä Symmetry ja klikataan ensin katkoviivalla esitettyä x-akselia ja sitten viivoja.

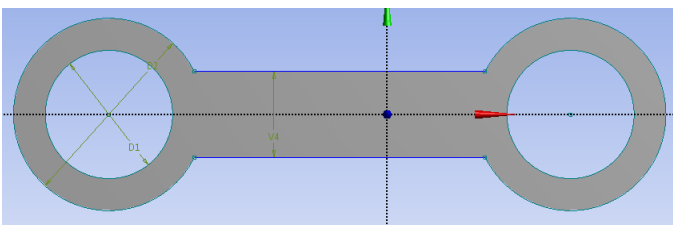
Mitoitetaan sitten viivojen välimatka $V4 = 8$ mm.



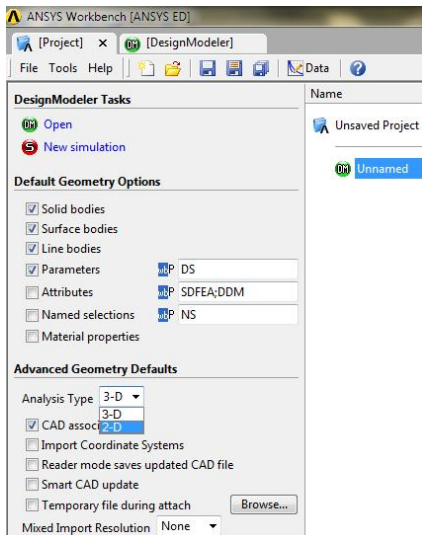
Tarkoitus on nyt tehdä pinta, mutta sitä varten mallin pitää olla yhtenäinen. Valitaan Modify valikosta Trim ja klikataan ulompien ympyröiden ylimääräisiä viivanpätkiä, jolloin mallin pitäisi olla alla olevan kuvan mukainen.



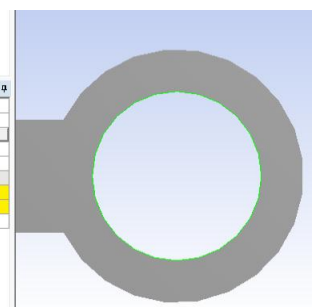
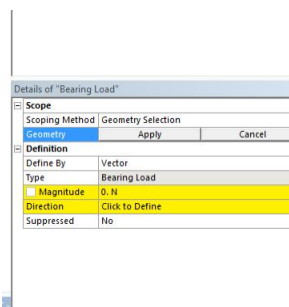
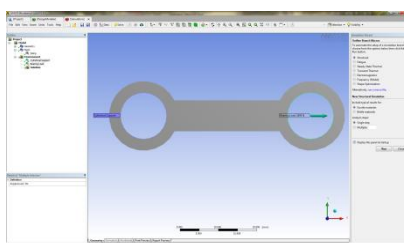
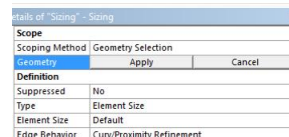
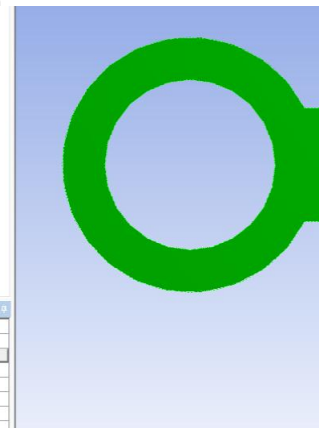
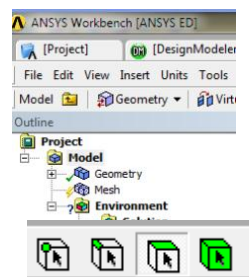
Valitaan sitten ylämenusta Concept -> Surfaces from sketches, klikataan jotain viivaa ja painetaan sitten Apply (vasemmalla alhaalla) ja Generate (ylhäällä).



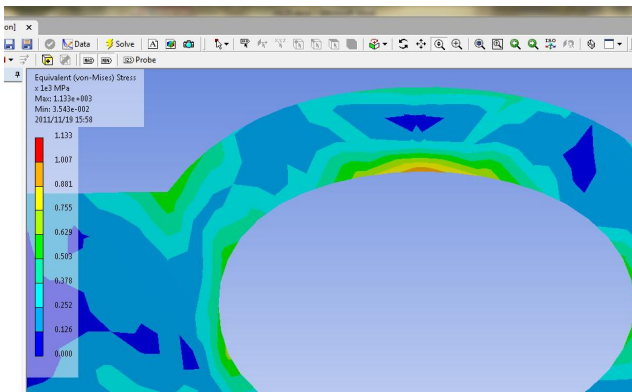
Mallia voisi jo kokeilla laskea, joten talletetaan se ja siirrytään Project'in puolelle ja valitaan kohdasta Advanced Geometry Defaults kaksiuolotteinen mallinnus, jolloin säästetään mallin koossa ja voidaan käyttää kiinnitystä ja kuormitusta viivoille pintojen sijaan.



Valitaan sitten New simulation ja muutellaan kohtia Mesh, Environment ja Solution. Tämä toimii hiiren väärellä nappulalla ao. kohdasta. Muutellaan ensin Mesh -> Insert -> Sizing, jolloin alhaalla odotetaan geometrian valintaa. Ylhäällä on työkalurivissä oikealla olevan kuvan näköisiä valintamahdollisuuksia (valitse: piste, reuna, pinta tai tilavuus). Napautetaan tilavuus, klikataan mallia ja painetaan Apply. Valitaan sitten elementin koko 2 mm, jolloin elementtejä tulee enemmän (varo, ettei tule liikaa tämä on opiskelijaversio). Lisätään sitten Environment kohdasta Cylindrical Support vasempaan ympyrään ja Bearing Load oikeaan ympyrään. Määritetään kuormitus komponenteittain (Define by) ja laitetaan x-suuntaan 1000 N kuormaa. Alla olevan kuvan saa kun klikkaa ensin Bearing Load ja Ctrl pohjassa support.



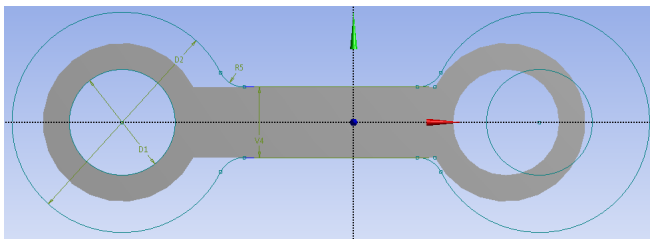
Listään Solution -> Insert -> Stress -> Von Mises ja Deformation -> Total ja ratkaistaan malli.



Todetaan, että jännitys on liian suuri, se on väärässä paikassa ja levyn vahvuutta ei ole annettu. Mennään takaisin Design Modellerin puolelle ja muutetaan:

Levyn vahvuus = 4 mm. D2 = 25 ja lisätään pyöristykset

Modify -> Fillet = 3 mm ja valitaan sopivat viivat.



Mitoitetaan vielä pyöristys ja huomataan, että ANSYS kytki nyt mukavasti pyöristykset yhtäsuuriksi.

Painetaan taas Generate ja siirrytään Projektin puolelle. Kuvasta vielä huomataan, ettei mallin pituutta ole mitoitettu, mutta osannet sen tehdä helposti.

Painele tuolta Update Model using parameter jne.

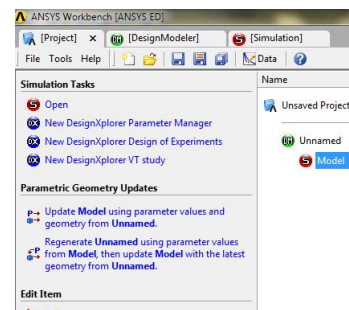
Ratkaise tehtävä simulaation puolella ja huomaa, että jännitykset näyttävät olevan alle 100 MPa.

Laitetaan vielä lopuksi Mesh kohdasta lisäys Refinement ja valitaan oikeanpuoleinen sisäympyrä.

Seuraavassa on valittu 4 kuvaa näkyviin valikosta, joka näkyy alla olevan kuvan keskellä.

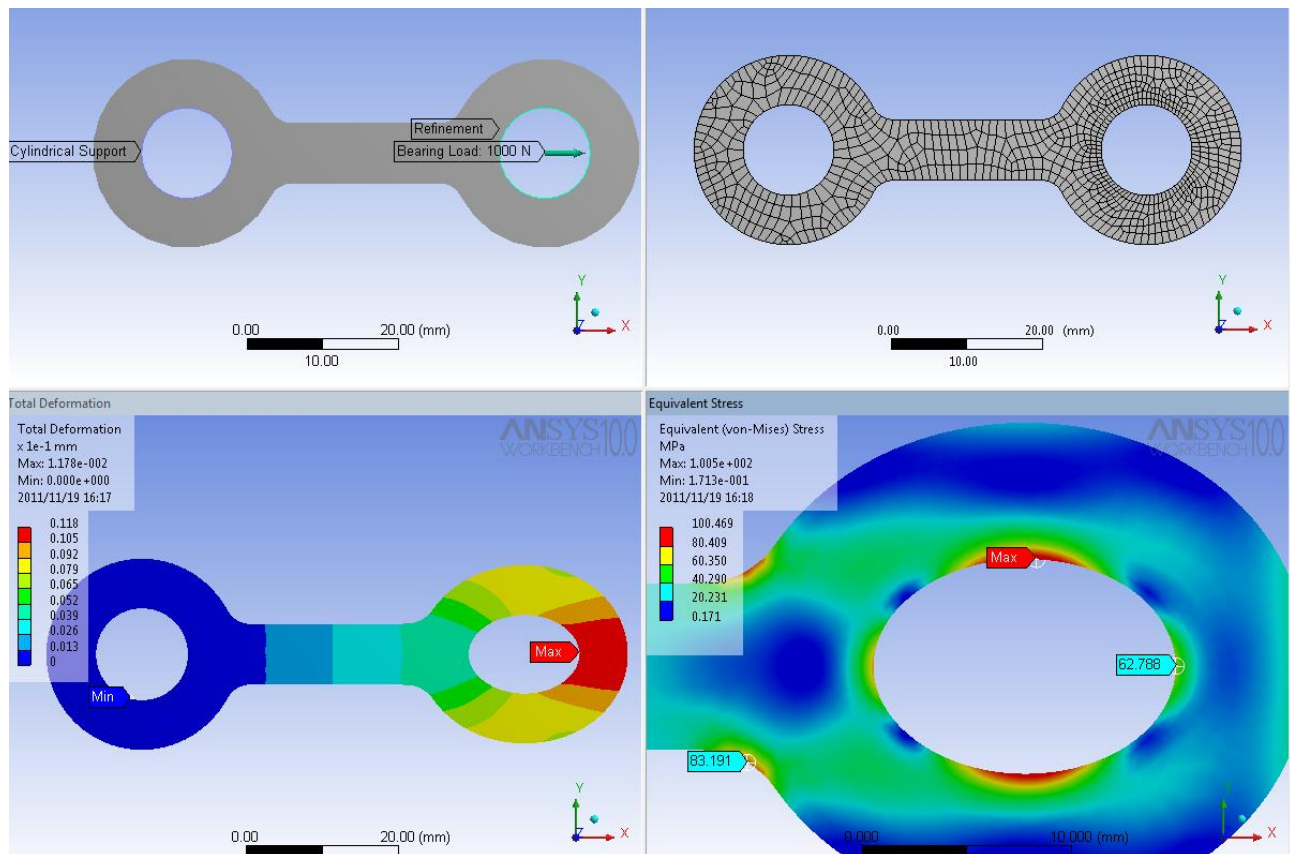


Details View	
Details of SurfaceSk1	
Surface From Sketches	SurfaceSk1
Base Objects	1 Sketch
Operation	Add Material
Orient With Plane Normal?	Yes
Thickness (>=0)	4 mm



Details of "Refinement" - Refinement	
Scope	Geometry Selection
Scoping Method	Geometry Selection
Definition	
Suppressed	No
Refinement	1





Oikealla oleva kuva on saatu valinnoilla:

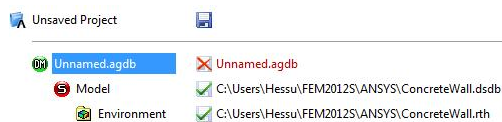


Harjoitustyössä 2 ei voi käyttää näin pientä elementtijakoa, kokeile sopivaa. Tuo vasemmalla ympyrällä oleva Cylindrical support estää myös kiertymisen. Sen voi kyllä yrittää vapauttaa ja muistaakseni jännitysten laskenta toimii. Siirtymät voivat olla mitä sattuu, koska rakenteella on nyt jäykän kappaleen liikemahdollisuus (pyöriminen).

Ai niin se materiaali. ANSYS olettaa materiaaliksi teräksen. Voit vaihtaa sen tuosta

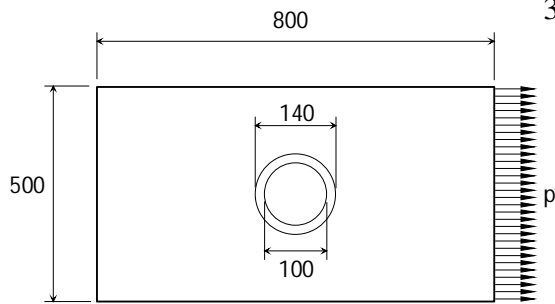


PS. WB10: Jos saat paljon virheilmoituksia yrittäessäsi avata DM-geometriaa projektin puolella, niin WB10 version talletetun simulaation voi avata, mutta sieltä ei kannata yrittää avata DM-geometriamallia. Käynnistä uusi WB ja avaa geometria siellä. Jos simulaatiossa on linkki kunnossa, niin malli päivittyy simulation Project-Update model komennolla. Jos linkki ei ole kunnossa, niin...

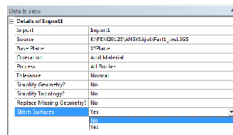


Find file ->

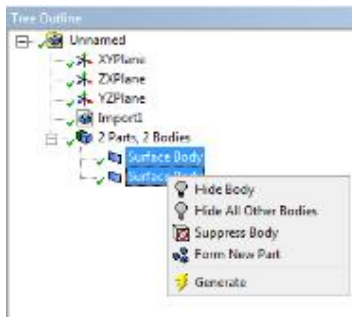




3. Kuvan mukainen reiällinen suorakaide on mallinnettu SolidWorks-ohjelmalla kahtena Sketch-osiona ja tallennettu IGES-formaatissa. Käytä ko. tiedostoa geometriana ja anna ensin molempien osien paksuutena 5 mm ja laske sitten normaalijännitys ja vertaa tuloksia ns. Kirschin ongelmaan. Vahvista sitten keskellä olevaa holkkia ja tutki jännityksen pientymistä

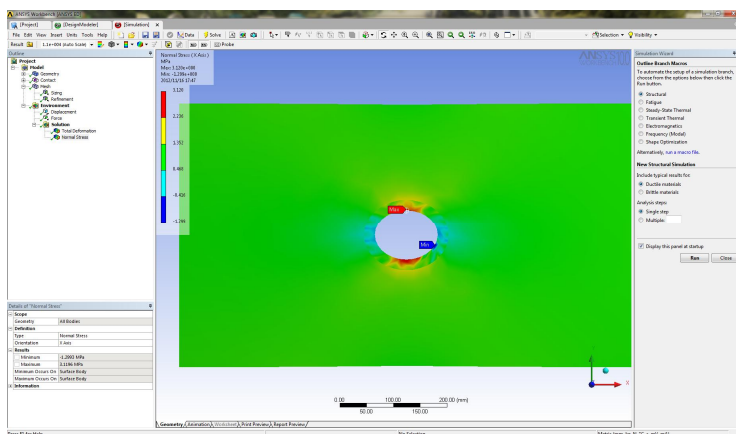


Käynnistä WB ja valitse Empty project, jonka jälkeen New geometry: Millimeters ja valitse Import External geometry File ja valitse alhaalta: Stich Surfaces = No ja sitten ylhäältä Generate

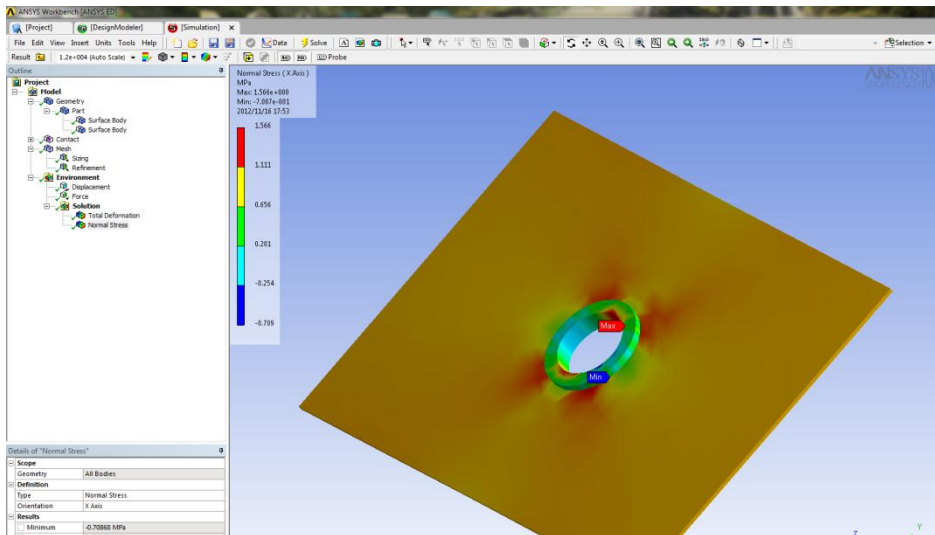


Muodosta sitten osista uusi Part (valitse molemmat Surface Bodyt Ctrl-pohjassa) ja kytke ne sitten yhteen Form New Part (hiiren oikea näppäin). Liitä partin osat toisiinsa: Tools -> Joint ja valitse pintamallit hiirellä ja Ctrl-nappulalla (Muista Generate). Laita sitten pintojen paksuus 5 mm ja siirry: Project->New simulation. Muuta Contact = Edge/Edge = Yes ja käy päivittämässä kontaktin muutos Project'in puolella (Update).

Verkotuksen (Mesh) Sizing voisi muuttaa Element Size = 30 mm ja laittaa Refinement sisäympyrälle (kaksi viivaa Ctrl-pohjassa). Lisää levyn vasempaan reunaan siirtymä (Displacement) $x=0$ ja $z=0$. Sitten Environment Add->Force=2500 N, jonka pitäisi antaa keskimääräinen vetojännitys 1 MPa. Ratkaisemalla tehtävä pitäisi tuloksen nyt (max. jännitys = 3.12) näyttää seuraavalta:



joka on lähellä Kirch'in ongelman ratkaisua, maksimijännitys reiän reunalla on $3 \times$ keskimääräinen vetojännitys. Jos pitäisi vähentää reunajännitystä, niin reikää voisi vahvistaa holkillla. Geometry->Parts->Surface Body->Thickness = 15 mm ja laskea tehtävä uudelleen, jolloin



maksimijännitys likimain puolittui.

Ansys versiolla 14 voi lukea SolidWorks-tiedoston sellaisenaan suoraan geometriaksi. Geometria pitää kuitenkin aukaista DesignModeller'issa ja muodostaa Sketch-osioista uusi Part-osa ja sitten vasta siirtyä simulaatioon.

