

ÖRNEKLERLE ANSYS WORKBENCH'E GİRİŞ

(Hazırlayan: Prof.Dr. Mehmet Zor)

DEU Muh.Fak. Makine Mühendisliği Bölümü

(Son Güncelleme: 13.2.2017)

ÖNSÖZ

Değerli Öğrenciler ve Araştırmacılar,

Günümüzde özellikle mekanik ve ısı sistemlere yönelik yapılan Ar-Ge çalışmalarında tasarım ve analiz programlarının kullanılması bir zorunluluk; bunları kullanabilme becerisi ise bir ayrıcalık ve iş başvurularında önemli bir tercih sebebi haline gelmiştir.

Yeni tasarlanacak mekanik veya ısı bir sistemin, makinanın, mekanizmanın veya parçanın çalışma şartlarındaki dış yüklerle karşı vereceği tepkileri, imalata geçmeden önce hesaplayabilmek, sorunsuz bir tasarım açısından son derece gereklidir. Ancak sistemin kompleksliği arttıkça teorik olarak çözüm üretmek de o derece zorlaşmaktadır. Bu gibi durumlarda ise yaklaşık çözüm metodlarına başvurulmaktadır ki, bunların içerisinde en yaygın şüphesiz Sonlu Elemanlar Metodudur. Bu metotta sistem düzgün geometrik küçük elemanlara ayrılır ve çözüm çeşitli kabullerle bu sonlu elemanlar ağında gerçekleştirilir. Sonlu elemanlar ağının büyüklüğü ne kadar fazla ise çözüm o derece zorlaşmakta ve mutlaka bilgisayarda probleme özel yazılım oluşturmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ise sonlu elemanlar teorisinin yanısıra Fortran, Basic, C++ gibi programlara oldukça hakim olmayı gerektirmektedir.

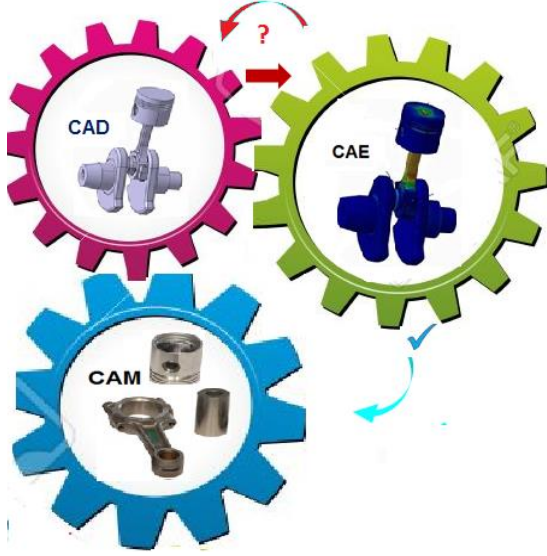
Günümüzde ise Sonlu Elemanlar Teorisi temelinde çalışan ve görselliği de ön plana çıkaran Paket programlar sayesinde hemen hemen tüm sistemlerin analizleri yapılabilmekte ve çalışma şartlarındaki durumları hesaplanabilmektedir. Ar-ge faaliyetlerinin artık vazgeçilmezi haline gelmiş bu programları kullanabilmek için sonlu elemanların teorisini bilmeye de çok gerek kalmamaktadır. Mühendislik öğrencilerinin bu programlara şimdiden aşina olmaları ve mümkün olduğunca kullanma becerilerini geliştirmeleri ise ilerideki kariyerleri açısından son derece etkilidir.

Bu paket analiz programları içerisinde ülkemizde ve dünyada en yaygın kullanılanlardan birisi şüphesiz ANSYS programıdır. İşte bu notlarımızı ANSYS'in yeni arayüzü olan WORKBENCH'e yeni başlayanlara yönelik hazırladık ve sağlam bir ilk adım atmalarını hedefledik. Bu notlarımızı hızlı bir şekilde tamamlayarak hem Ansys-Workbench kullanımı hakkında bir aşinalık, hem de daha ileri seviyedeki çalışmalarınızda kendi başınıza gerekli içeriği öğrenebilme becerisi elde edebileceksiniz. Şunu da unutmamak gerekir ki, bir mühendisin programın menülerini iyi kullanabilmesinin yanısıra, doğru kararlarla doğru analizler yapabilmesi ve doğru çözümler üretebilmesi de gerekir. Örneklere başlamadan önce, bu konunun önemini daha iyi anlamanız ve motivasyonunuzun artması açısından "Niçin CAE?" başlıklı alttaki yazıyı okumanızı önemle tavsiye ediyorum. ANSYS Workbench'i yeni öğrenmeye başlayan tüm öğrencilere ve araştırmacılara faydalı olması dileğiyle...

30 Ocak 2017

Prof.Dr. Mehmet Zor

NIÇİN CAE?



Bugün için endüstride kullanılması düşünülen makinelerin, mekanizmaların, sistemlerin veya farklı konstrüksiyonların üretime geçmeden önce bilgisayar destekli tasarımları (**CAD** - Computer Aided Design) yapılarak, işlevselliği kontrol edilebilmekte; tasarlanan her bir parçanın bilgisayar destekli üretimi (**CAM** - Computer Aided Manufacturing) gerçekleştirilebilmektedir. Ancak CAD-CAM faaliyetleri arasında, yapılması

son derece önemli olan bir faaliyet daha vardır. Bilgisayar Destekli Mühendislik (Computer Aided Engineering – **CAE**) olarak isimlendirilen ve sonlu elemanlar teorisine dayalı olarak geliştirilmiş paket analiz programları yardımıyla yapılan bu faaliyet, tasarlanan sistem veya mekanizmanın çalışma şartlarındaki durumunu sanal ortamda görmemizi, muhtemel problemleri tespit etmemizi, bunları giderici tedbirler geliştirmemizi ve daha verimli çözümler üretmemizi sağlar.

CAE çalışmalarında daha önceden kurulmuş model ismi verilen ve incelenen sistemin geometrisini temsil eden sanal nesne, program tarafından otomatik olarak sonlu elemanlara ayrılabilme; üzerine çalışma şartlarındaki dış yükler, sınır şartları, malzeme özellikleri girdi olarak verilmekte, analizler ise program tarafından otomatik yapılmaktadır. Analizlerde karşımıza birçok sonuç (gerilme, şekil değiştirme, hız, ömür vb.) sayısal veya görsel olarak çıkmaktadır. Daha sonra analiz sonuçları yorumlanarak muhtemel problemler tespit edilmekte, problemleri gidermek için CAD faaliyetlerine geri dönülerek tasarımsal revizyonlar veya farklı tedbirler geliştirilmekte, tekrar **CAE** faaliyetleriyle, yenilenen tasarımın analizleri yapılmaktadır. CAD ve **CAE** faaliyetleri arasındaki bu alışveriş tasarlanan sistemde sanal ortamda hiçbir sorun kalmayana kadar devam etmekte ve ancak bundan sonra CAM faaliyetleriyle her bir parçanın üretimine geçilebilmektedir.

Arada CAE faaliyeti olmadan yapılan ve sadece CAD-CAM faaliyetleriyle üretilen parçalar çalışma şartlarında problem çıkarabilmekte, hasara uğrayabilmekte veya dayanım gibi problemleri giderebilmek için gereğinden çok fazla kalın veya hantal yapılabilmekte, bu ise önemli ölçüde malzeme, maliyet, zaman ve işgücü kayıplarına sebep olabilmektedir.

Doğru bir CAE çalışması yapıldığı takdirde, tasarlanan yeni sistemin ilk prototipleri (üretilen ilk örnekleri) performans testlerinden de ilk seferde başarıyla geçmekte, bu ise işletmelere gerek zaman, gerek maliyet, gerekse işgücü açısından çok önemli kazanımlar getirmektedir. Doğru bir CAE faaliyeti yapabilmek içinse, analiz girdilerinin doğru belirlenmesi, sonuçların doğru yorumlanması ve bunların üzerinden doğru çözümler geliştirilmesi gerekir ki bu da ancak iyi bir mühendislik alt yapısı temelinde yapılabilir. O halde CAE faaliyetlerinde bir mühendisten, programın menüleri kullanmayı iyi bilmesinin yanısıra, analiz faaliyetlerini doğru yönlendirme becerisine sahip olması da mutlaka istenir. Örneğin sonuçları renkli olarak ekrandan çıkarabilmesinin yanısıra, bunları yorumlayabilmesi ve çözümler geliştirebilmesi beklenir. Karşısına çıkan birçok analiz sonuçlarından hangilerinin yorumlanması gerektiğini bir mühendis mutlaka bilmelidir. Bu ise bir mühendisin temel bilgilere yeterince hakim olması ile çok yakından ilişkilidir. Sünek malzemeler için asal gerilmeleri veya gevrek malzemeler için von-mises gerilmelerini yorumlayarak çözüm üretmeye çalışan bir mühendis hakkında “CAE çalışmalarını yanlış yönlendiriyor ve yönetiyor” denilmesi hiç de yanlış değildir.

Ancak yeni mezun durumundaki birçok mühendisin okulda öğrendiği temel mühendislik bilgilerinin zihninde henüz ham halde olduğu veya bir kısmını unuttuğu görülmektedir. Ne zaman ki, bu bilgileri gerçek hayattaki problemlere uygulama durumu sözkonusu olursa bu bilgiler zihninde canlanmakta ve zamanla tam olarak yerleşmektedir. İşte CAE faaliyetleriyle sık sık haşır neşir olarak endüstrideki farklı problemlere çözüm üretmeye gayret göstermek, temel mühendislik bilgilerinin mecburen gerçek hayata uygulanması sonucunu doğurmakta ve mühendislik kalitesinin artmasına sebep olmaktadır. Bu haliyle CAE faaliyetlerini “bir mühendislik profesyonelleşme programı” olarak nitelendirmek hiç de yanlış olmasa gerektir.

Günümüzde, profesyonel firmaların analizleri yapılmadan üretilmiş parçaları satın alımlarda tercih etmemesi, CAE faaliyetlerinin ne derece önemli olduğunu ve işletmeler açısından artık bir güven kriteri haline dönüştüğü göstermektedir.

Görüldüğü gibi CAE, günümüz endüstrisinde çok önemli bir yer teşkil etmekte ve bu faaliyetler ise şüphesiz mühendislerden beklenmektedir.

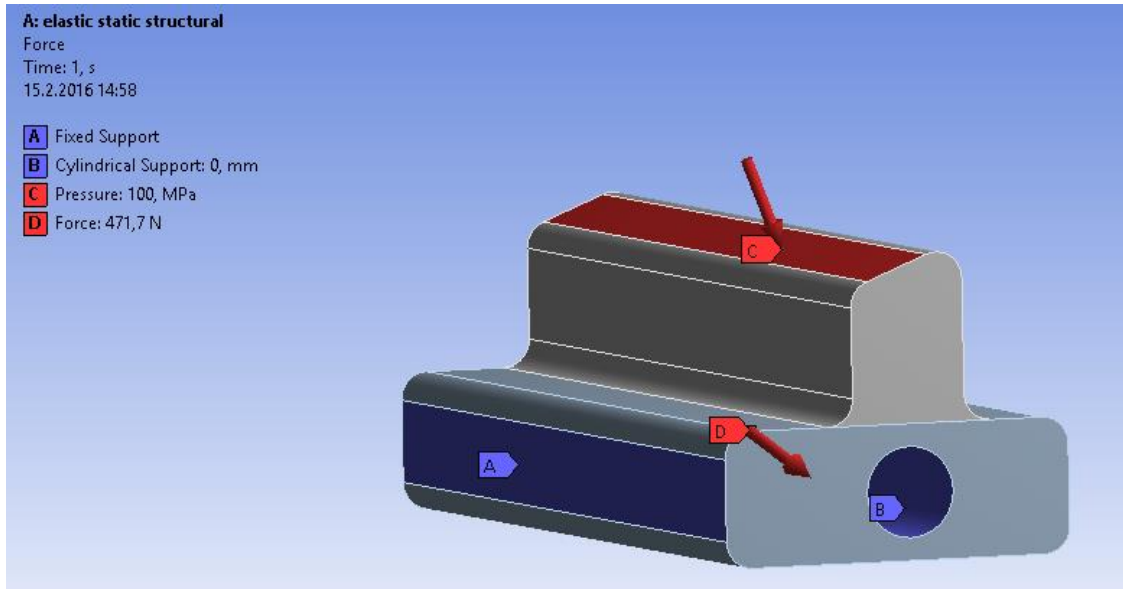
İÇİNDEKİLER

	Sayfa
1. STATİK YAPISAL, ELASTİK GERİLME ANALİZİ ÖRNEĞİ	6
1.1 Modelleme	7
• Birim Sistemi Seçimi	7
• Trim Komutu (Çizgi silme)	9
• Çizgilere Diklik Verme (Perpendicular)	10
• Çizgilere Sembol Verme	10
• Extrude (Alanı uzatarak hacim elde etme)	13
• Fillet (Köşeleri yuvarlatma)	15
• Freeze (Hacmi ikiye bölme)	17
• Mesh (Elemanlara Ayırma)	18
• Parçalara İsim Verme	19
• Sizing (Eleman büyüklüğünü ayarlama)	22
1.2 Sınır Şartları (Fixed Support –Ankastre, Cylindrical Support)	24
1.3 Dış Yükler (Tekil Yük, Basınç)	26
1.4 Malzeme Özelliklerinin Girilmesi ve Atanması	28
2.5 Sonuçların Renkli Görülmesi	32
2. STATİK YAPISAL, ELASTO –PLASTİK GERİLME ANALİZİ	36
3. YORULMA ANALİZİ	44
4. KARARLI REJİM (STEADY-STATE) ISIL – YAPISAL ANALİZ	52
5. ZAMANA BAĞLI (TRANSIENT) ISIL – YAPISAL ANALİZ	66
6. MODAL (TİTREŞİM) ANALİZİ	85

1. STATİK YAPISAL, ELASTİK GERİLME ANALİZİ Örneği

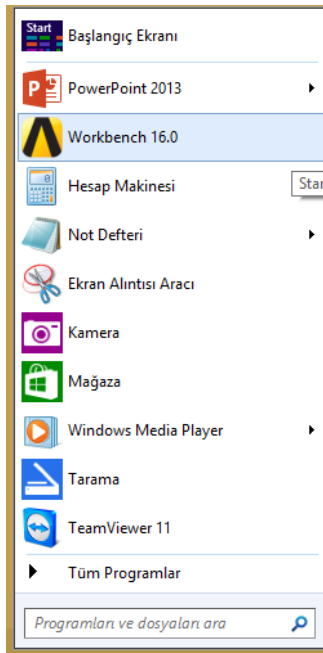
Örnek Problem:

Şekildeki elemanın alt kısmı alüminyum alaşımı, üst kısmı ise yeni bir malzemedir ($E = 30\text{GPa}$, $\nu = 0,45$). Üst yüzeyine 100 MPa lık bir basınç, D noktasına ise toplam $471,7\text{ N}$ bileşke kuvvet; bileşenleri $F_x=150\text{N}$, $F_y=-200\text{N}$, $F_z=400\text{ N}$ olacak şekilde uygulanacaktır. Yan A ve delik için B yüzeylerinden eleman sabitlenecektir. Bu durumda ortaya çıkan eşdeğer gerilmeler (von-mises gerilmeleri) bulunacaktır.



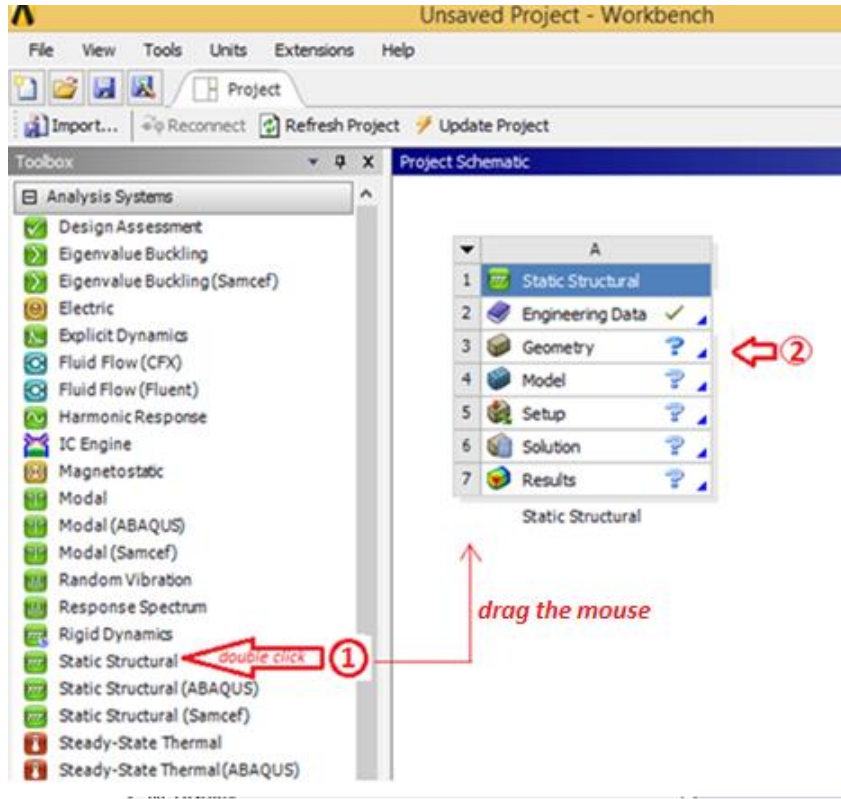
Kesit Geometrisi ilerleyen adımlarda girilecektir.

Önce Ansys'e giriş yapıyoruz.

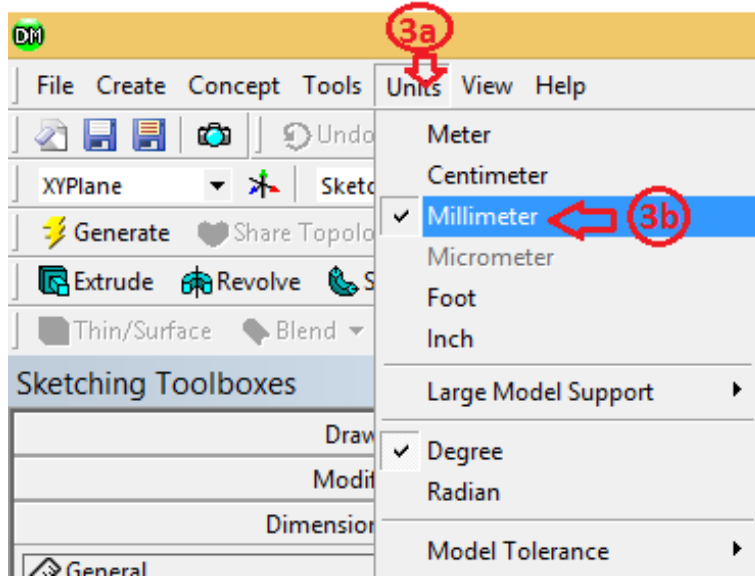


1.1 MODELLEME (1 – 93 Adımlarını sırasıyla yapınız.)

Önce Analiz tipine göre proje oluşturalım.

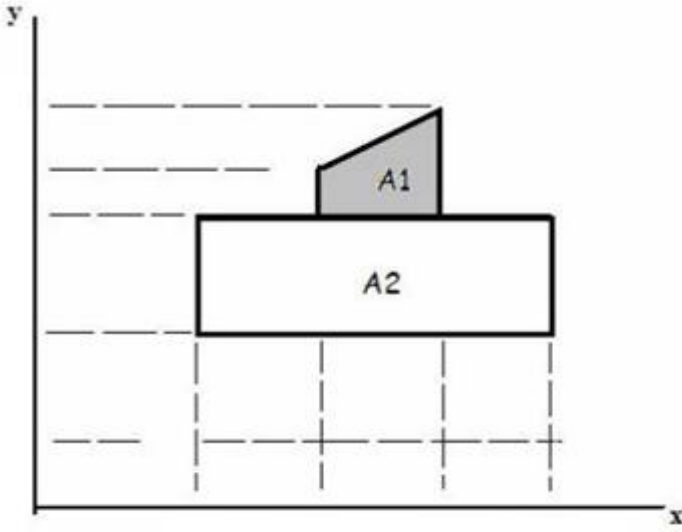
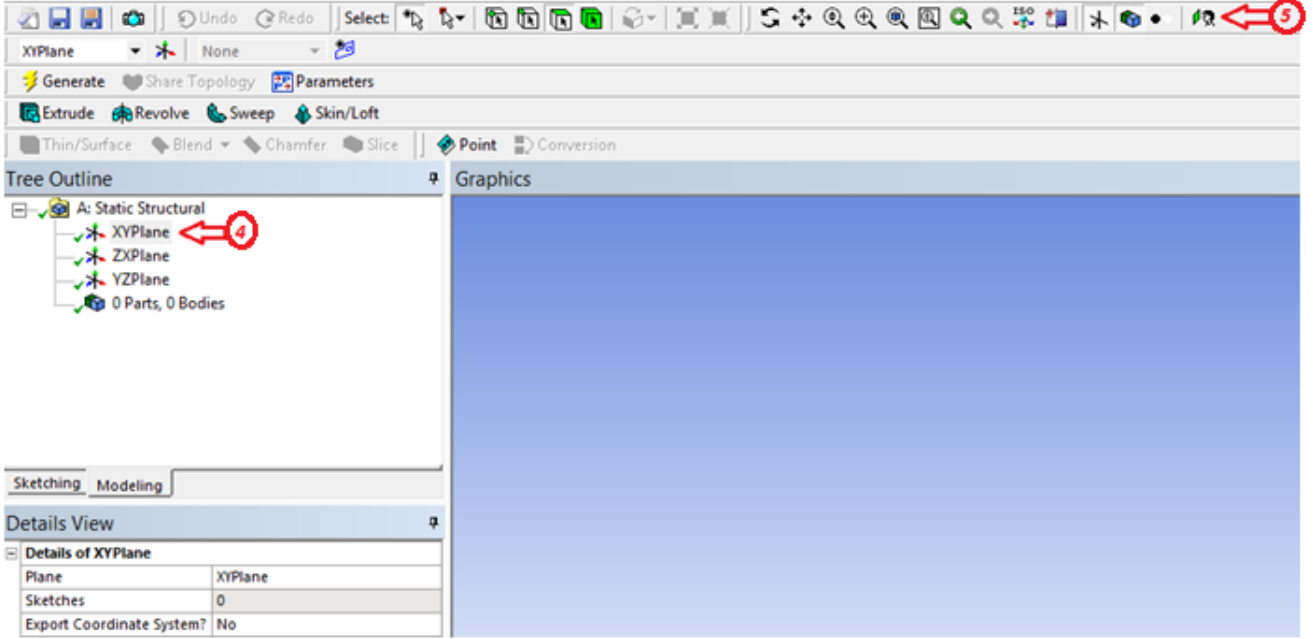


Model için Birim Sistemi seçelim.

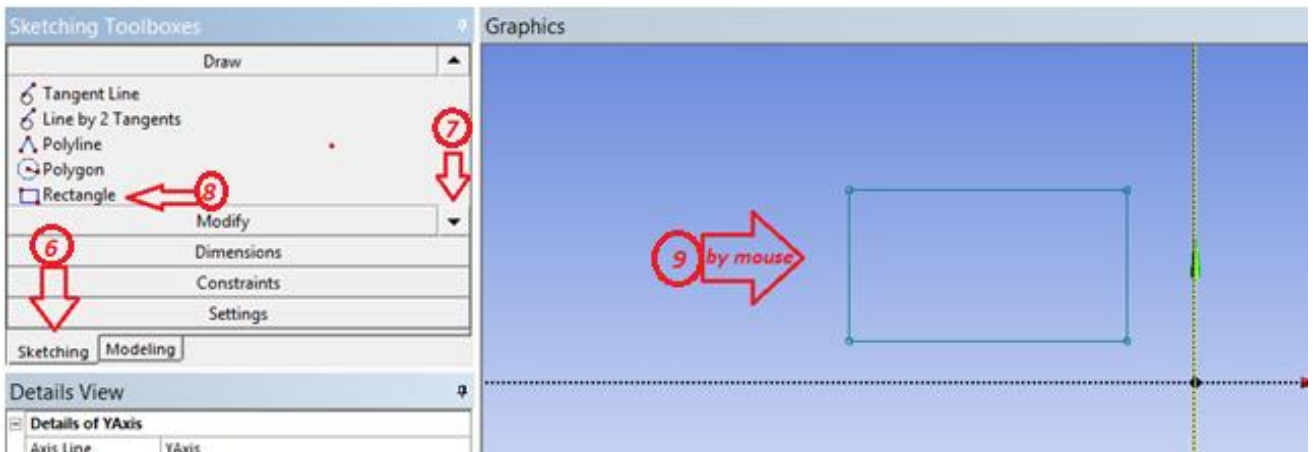


Modelin kesitini X-Y düzleminde çizerek Extrude komutuyla uzatacağız .

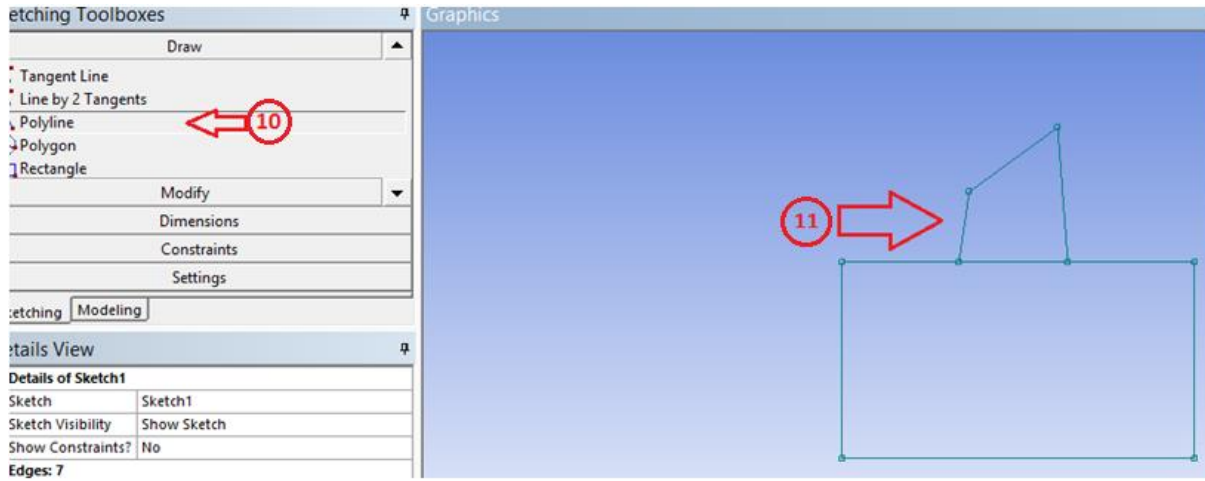
x-y düzleminin ekranda ayarlanması.



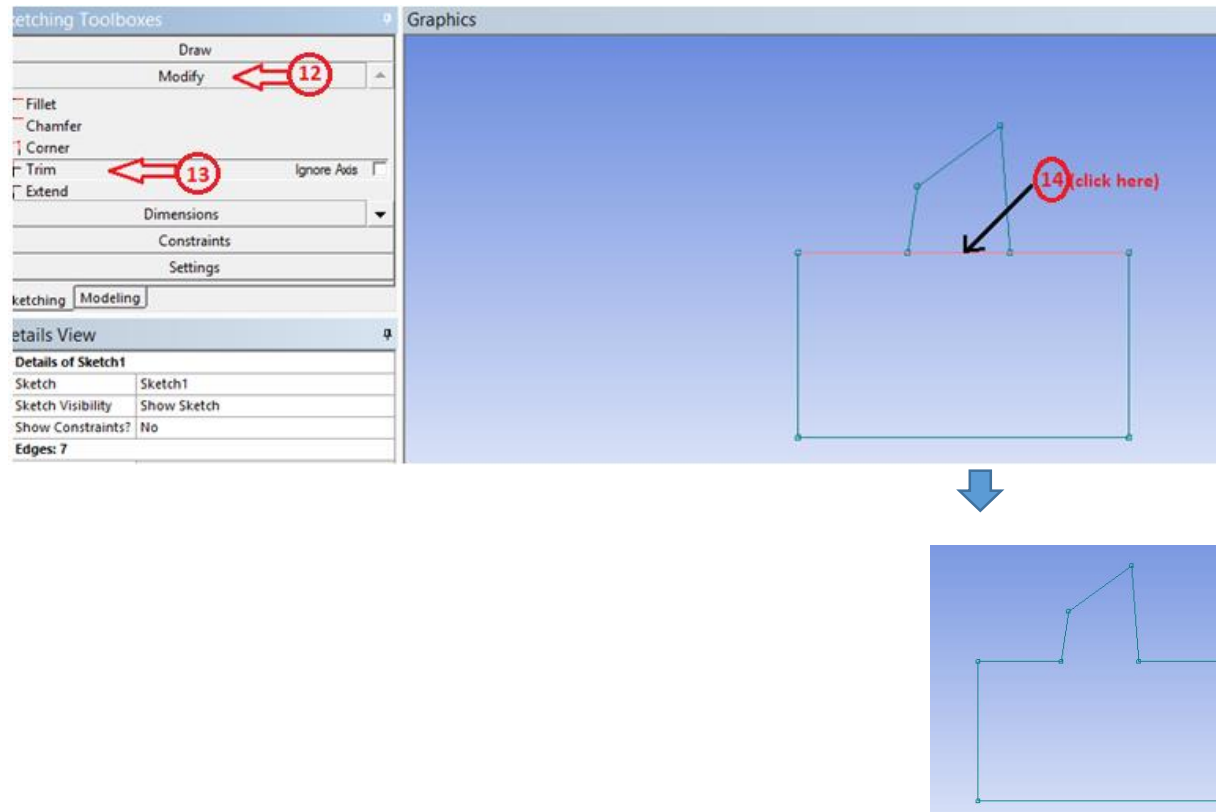
Önce mouse kullanarak rastgele boyutta yukarıda gösterilen A1 ve A2 alanlarını çizelim ve kesiti genel hatlarıyla oluşturalım.



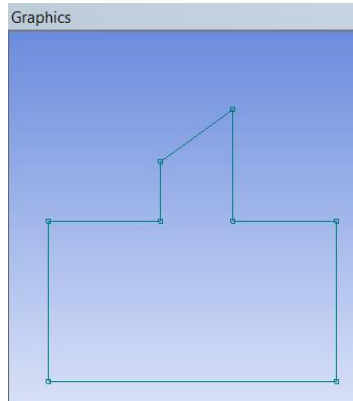
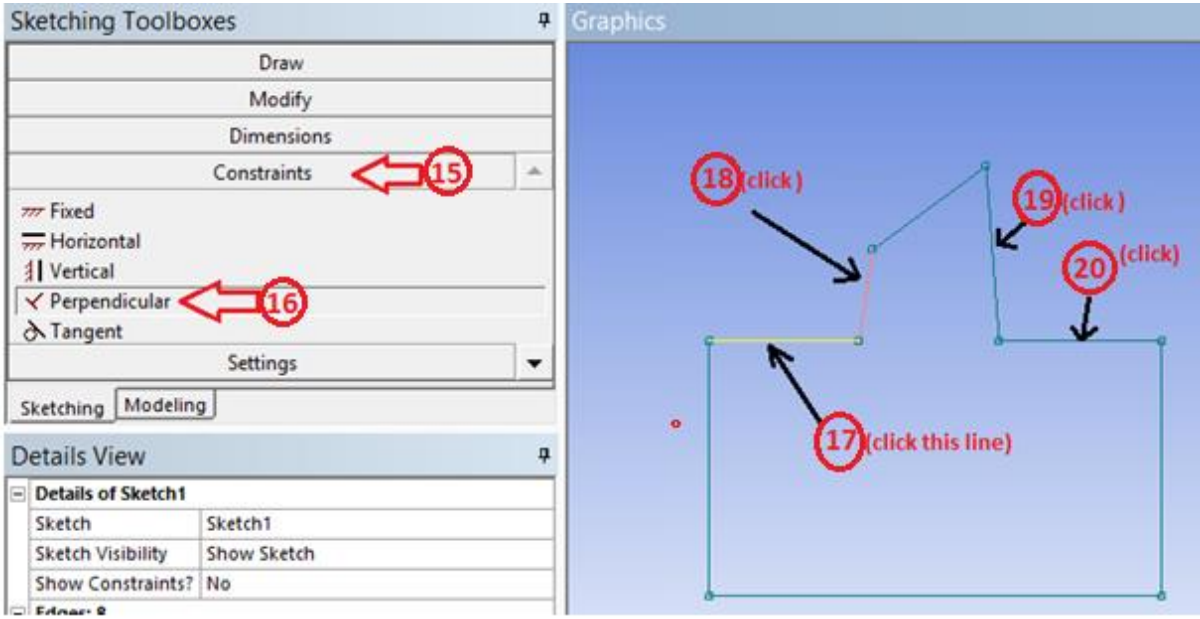
Noktaların veya çizgilerin yeri ve boyutu şu an önemli değil.



Trim : Yatay ara çizgiyi kaldıralım.

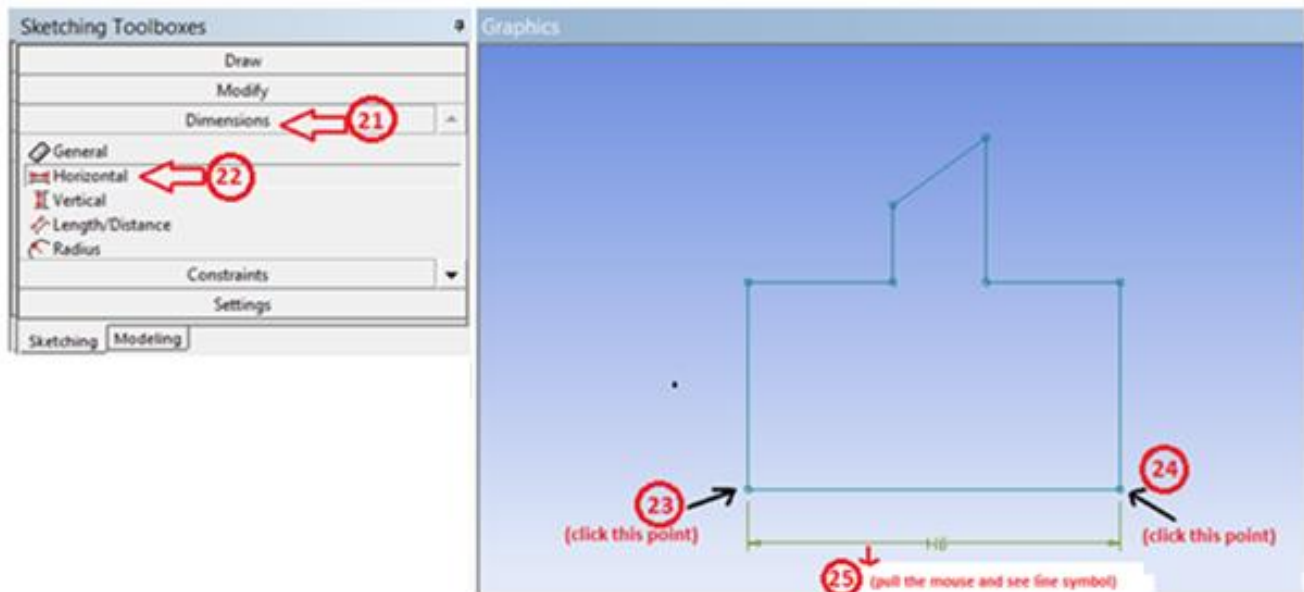


Perpendicular : Dik çizgilerin ayarlayalım.

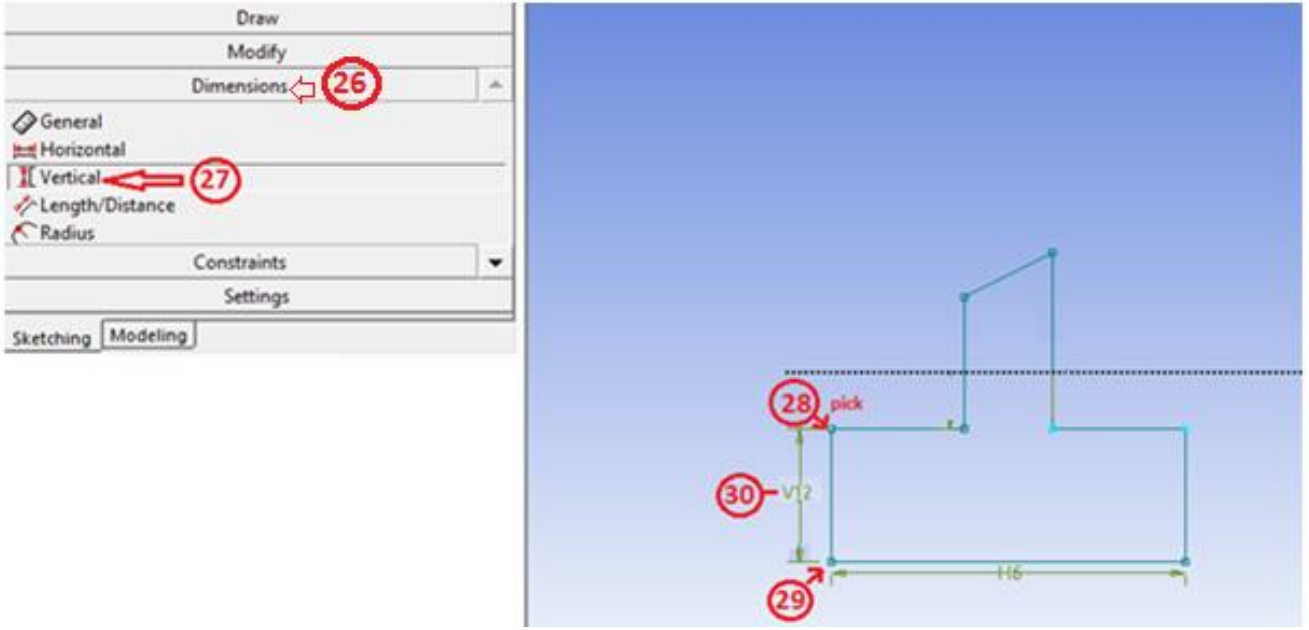


Şimdi bu Şekli boyutlandırarak gerçek kesiti elde edelim. Önce çizgilere sembol (isim) atayalım.

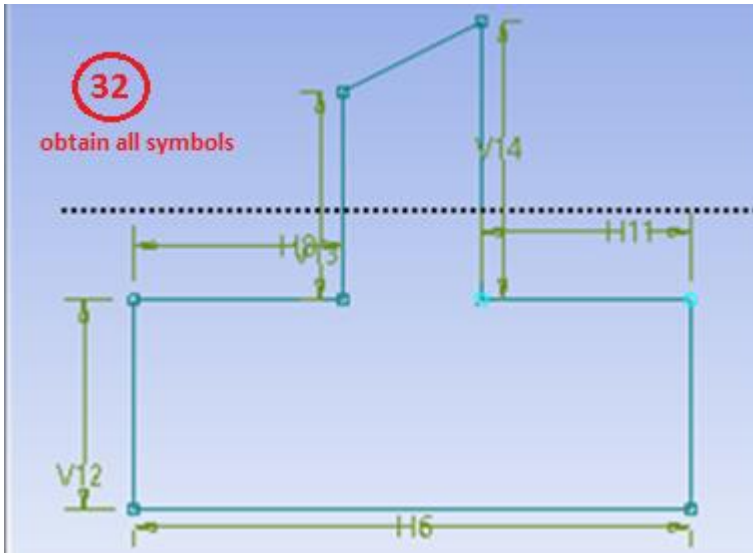
Alt yatay çizgiye **sembol verilmesi**.



Yan Dikey Çizgiye Sembol Verilmesi



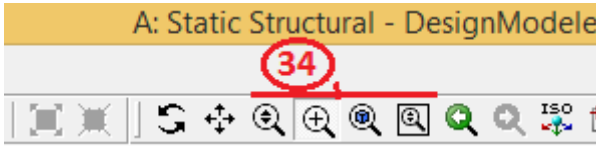
Benzer şekilde tüm yatay ve dikey çizgilere sembol veriniz.



Sol alt menüden gerçek boyutları her bir çizgi sembolünün karşısına giriniz. Dikkat: Sizin verdiğiniz sembol isimleri farklı olabilir.

Show Constraints?	No
Dimensions: 6	
<input type="checkbox"/> H11	120 mm
<input type="checkbox"/> H6	400 mm
<input type="checkbox"/> H8	150 mm
<input type="checkbox"/> V12	150 mm
<input type="checkbox"/> V13	150 mm
<input checked="" type="checkbox"/> V14	200 mm

Eğer sketch çok küçük kalırsa Zoom tuşlarını kullanın.



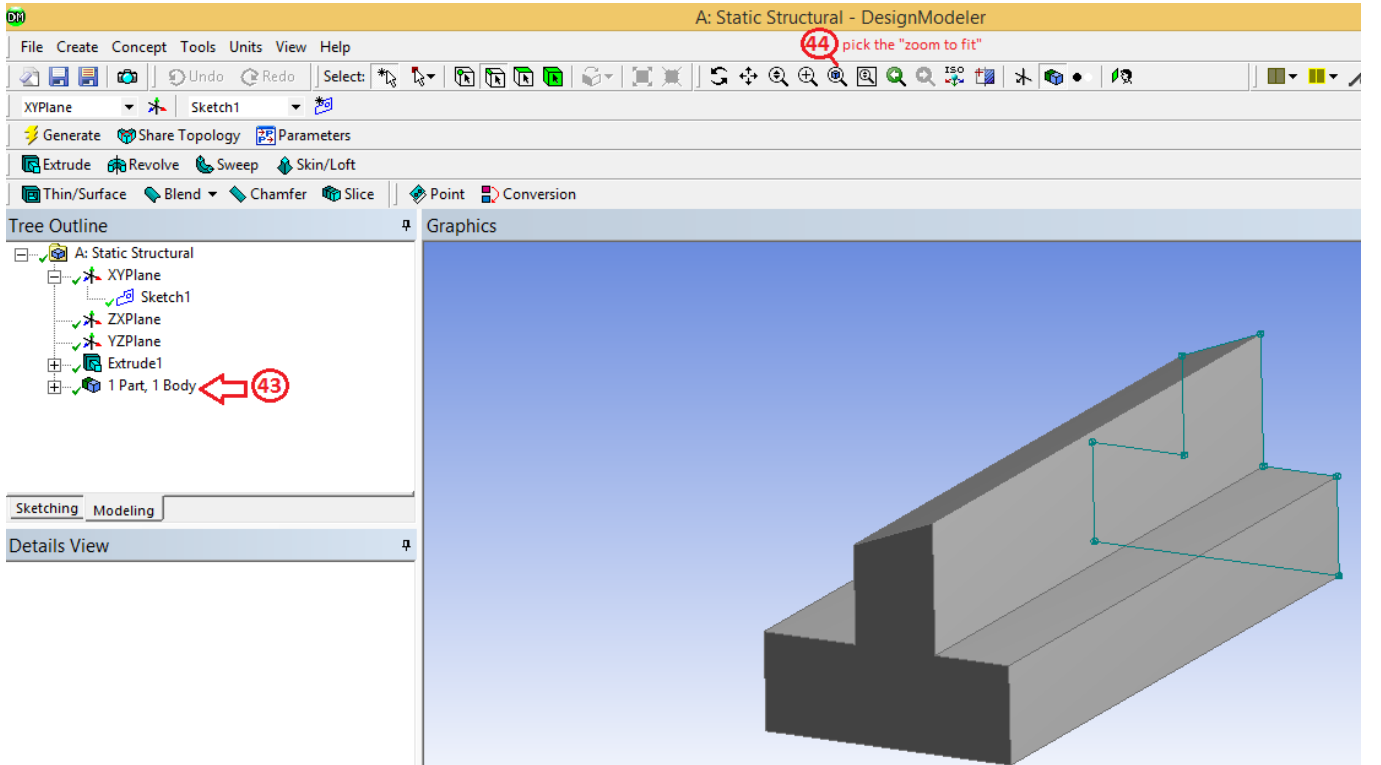
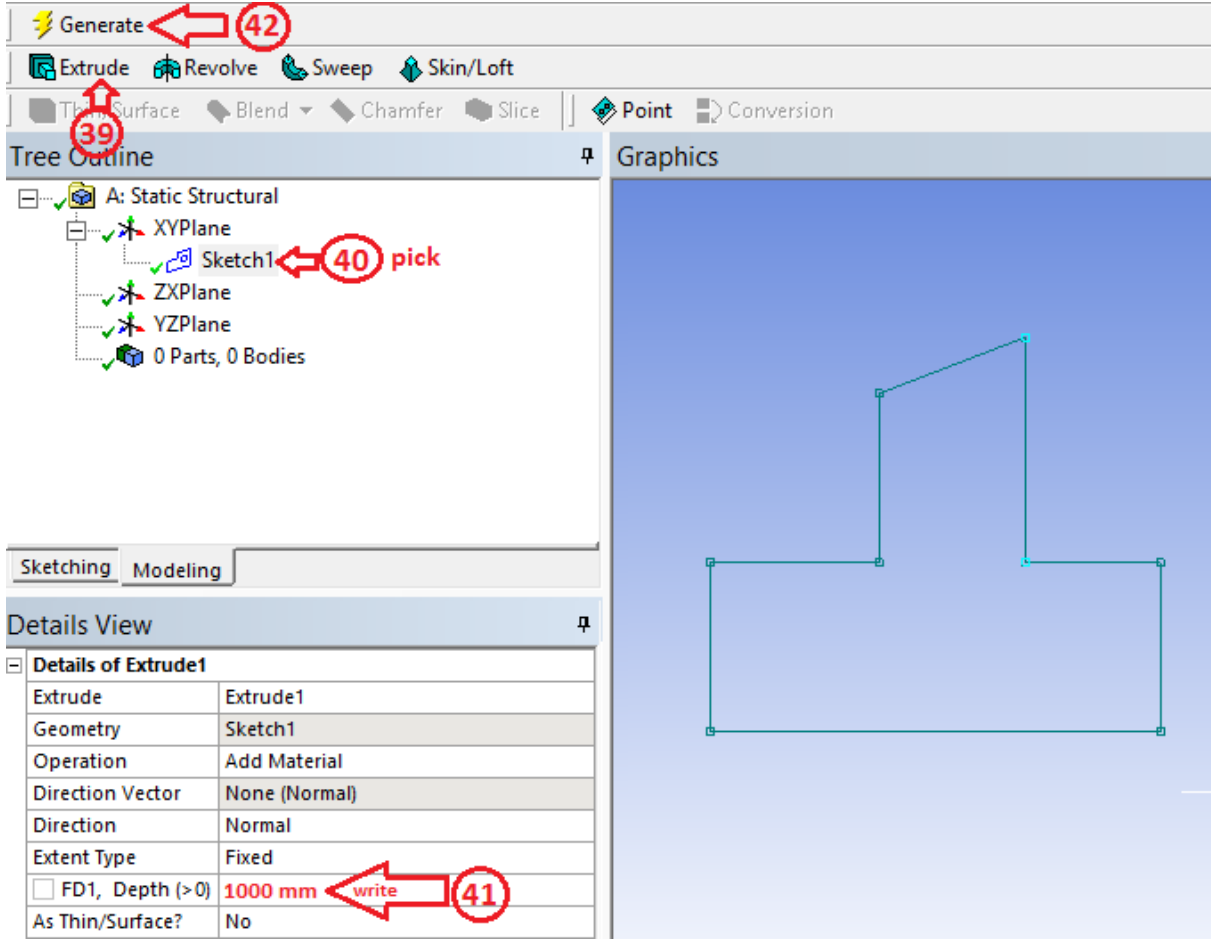
Save the sketch 1.

Sketch -1 isminde kaydedin.



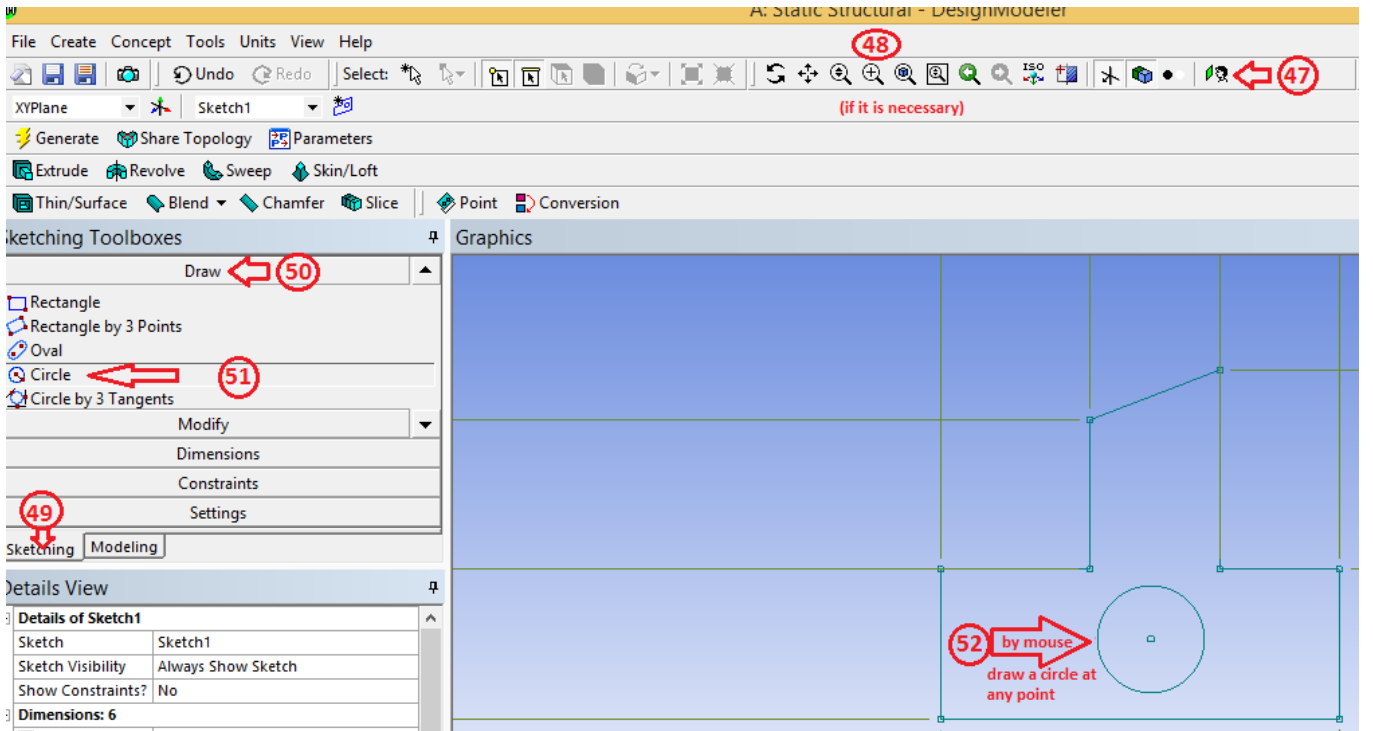
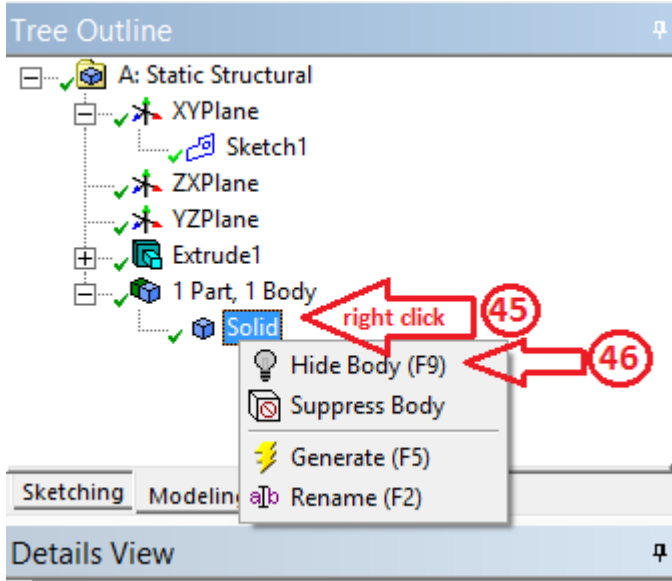
Extrude Komutu ile Hacim oluřturma:

Alltaki adımları numara sırasıyla takip ederek bu kesite 1000 mm bir derinlik verip uzatın.

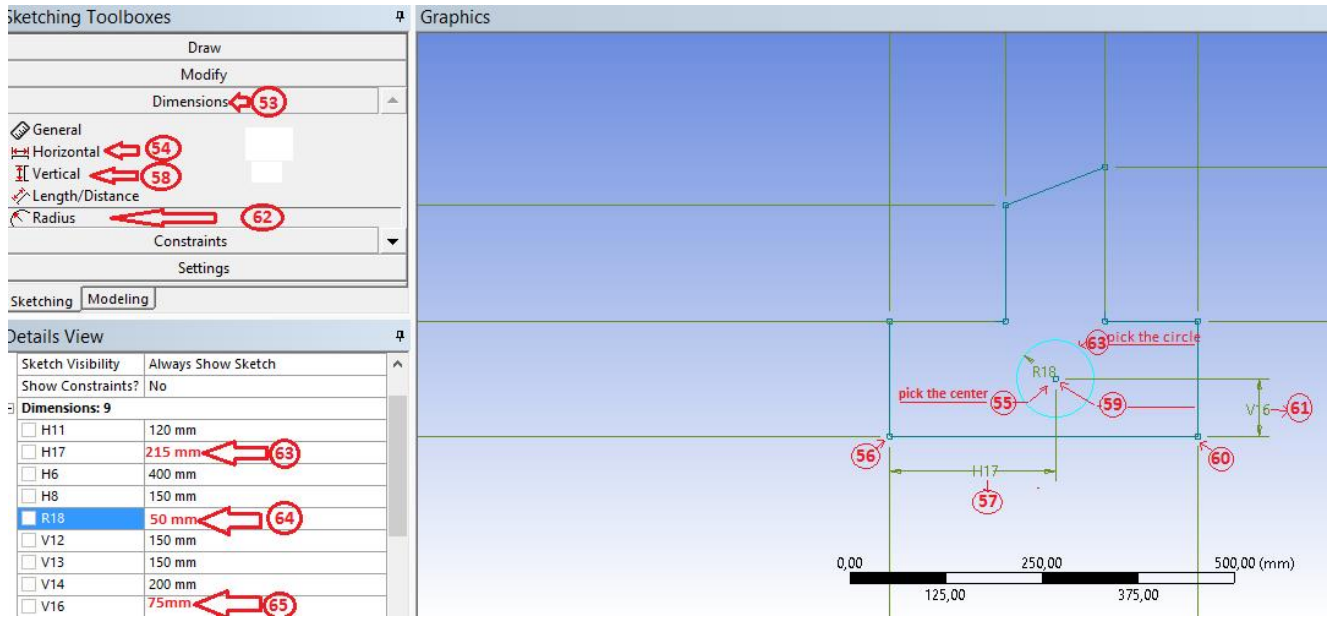


Mouse'un orta tuşuna basarak sürükleyin ve üç boyutlu halde katı modeli görün.

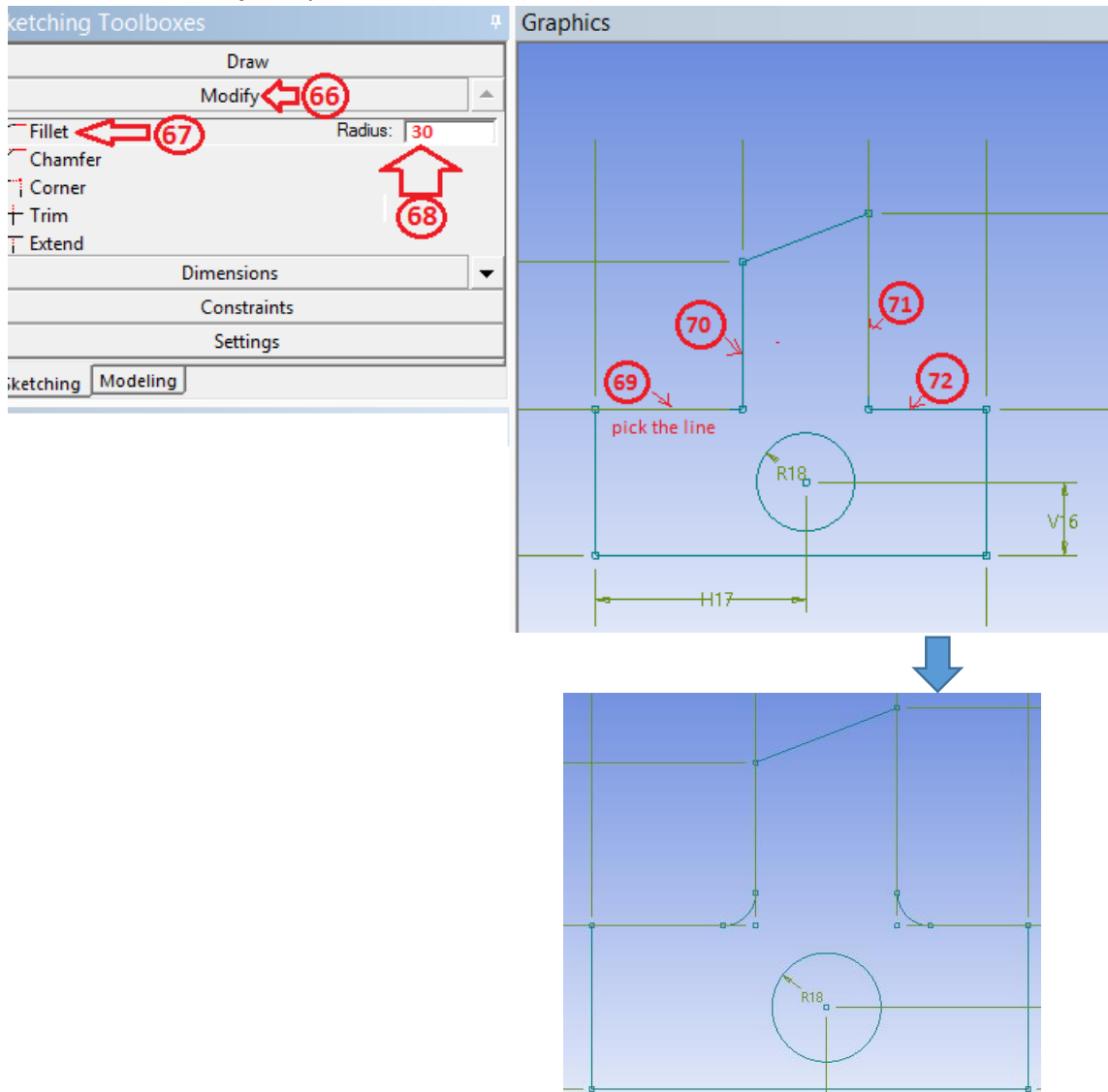
Kesite delik çizin. Bu katı modele de yansıyacaktır.

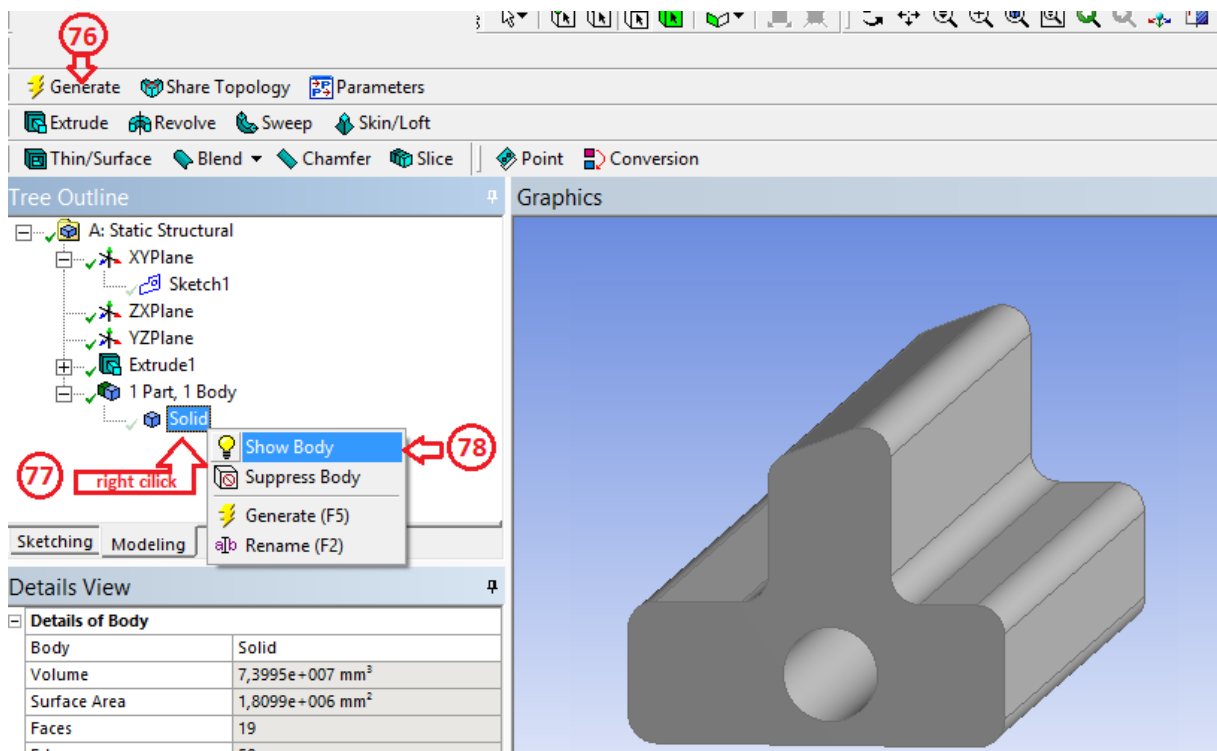
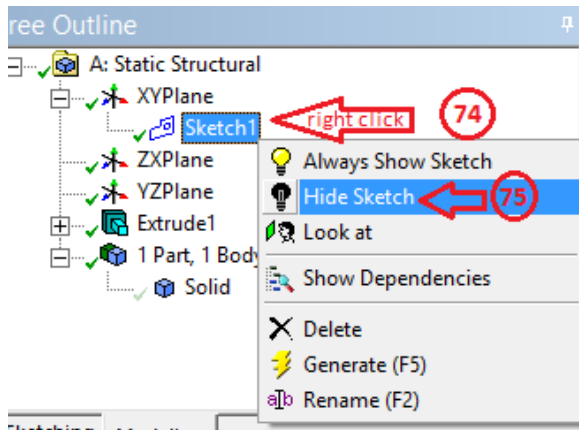
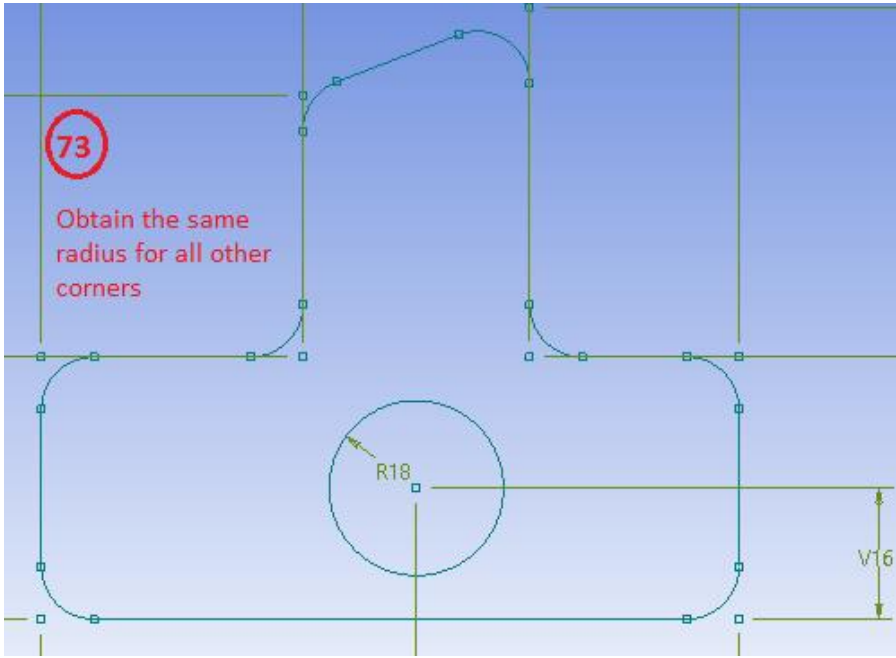


Delğin konumu ve boyutunu ayarlayın.

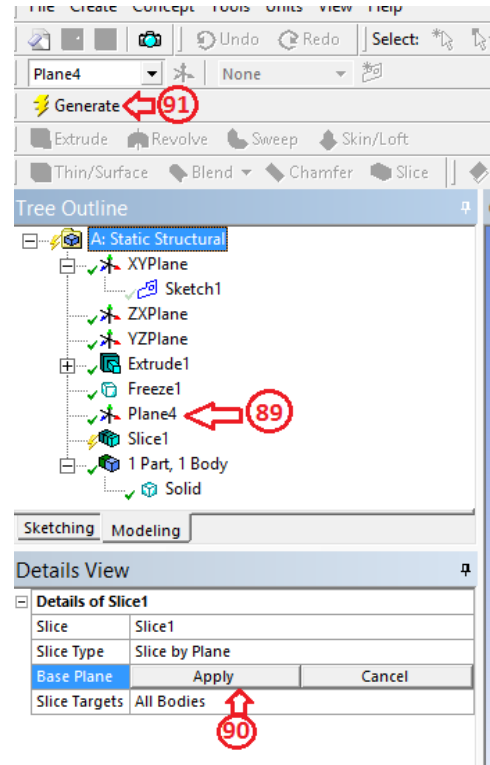
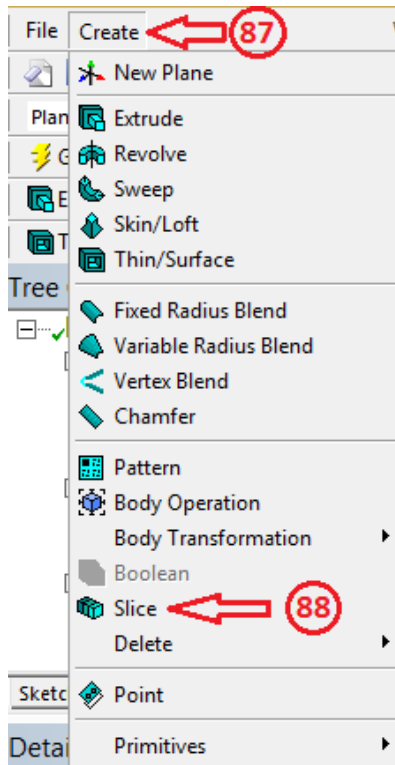
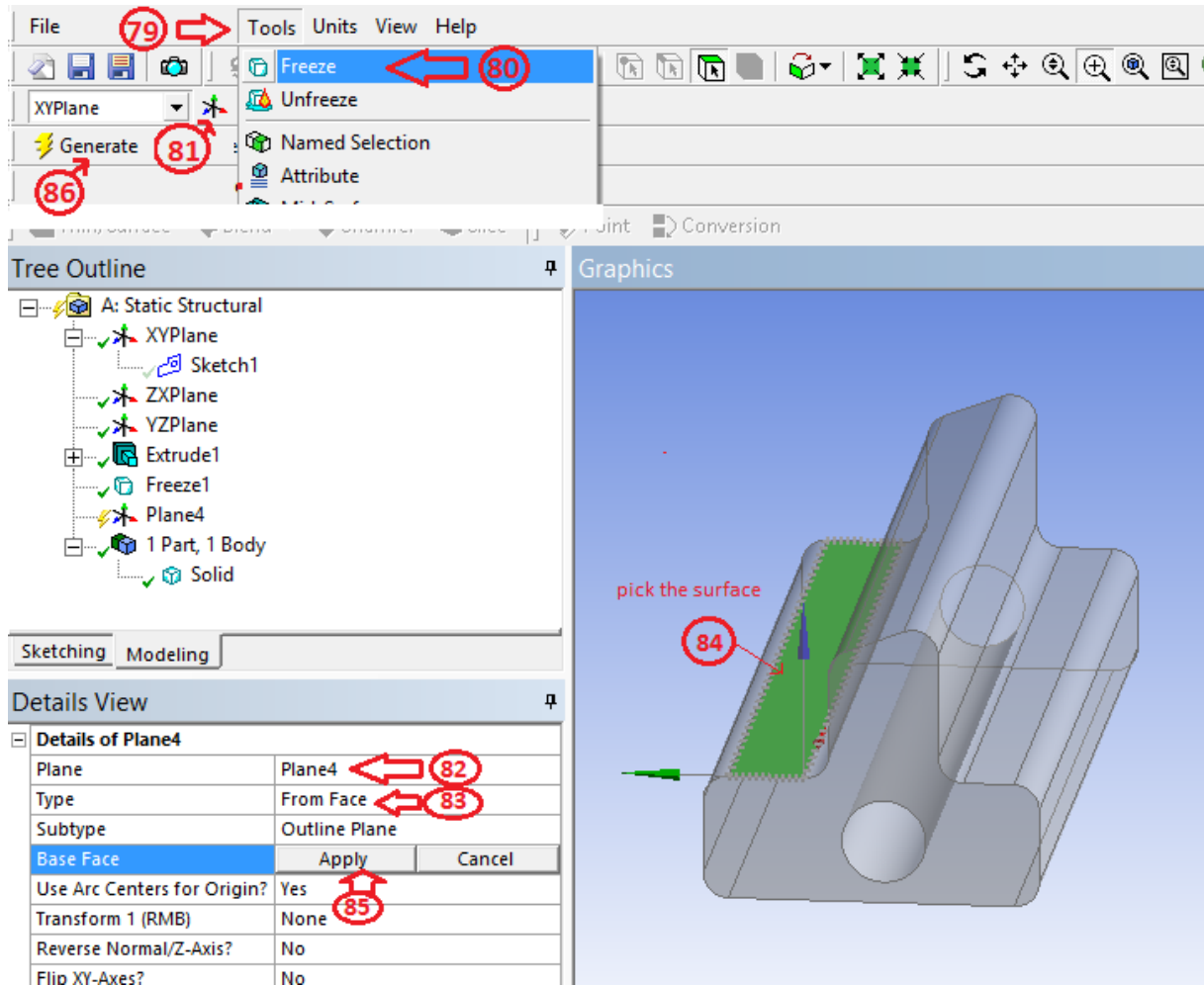


Fillet Komutu ile Köşeleri yuvarlatın (66 – 73)

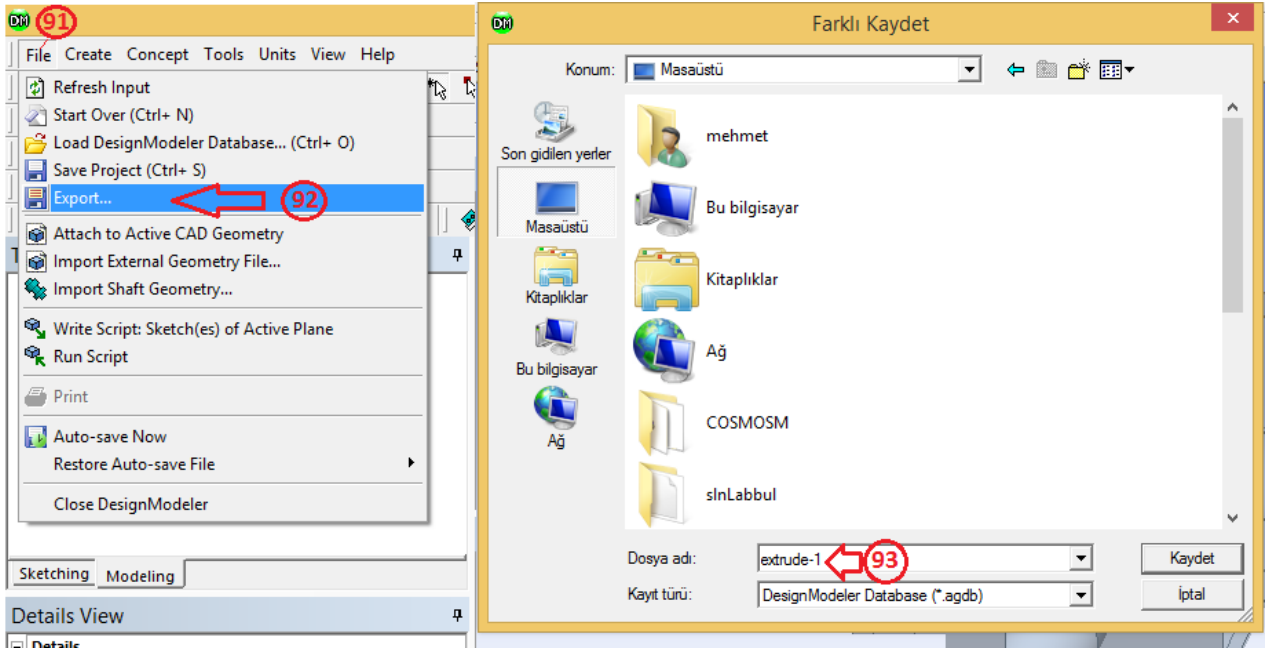




Freeze : Şimdi hacmi ikiye bölerek alt ve üst parçayı oluşturalım.(79-90)



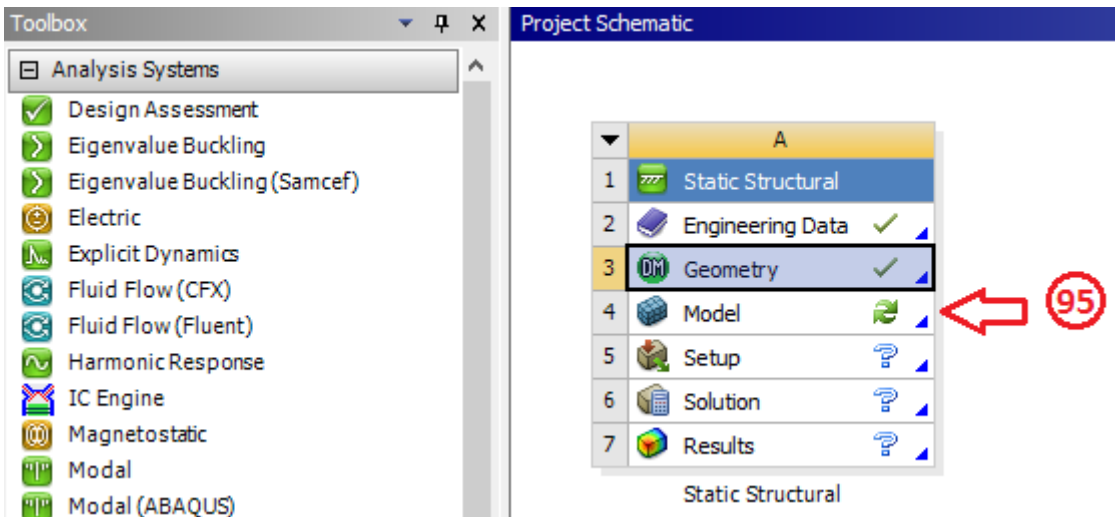
Katı modeli extrude-1 ismiyle kaydedin.



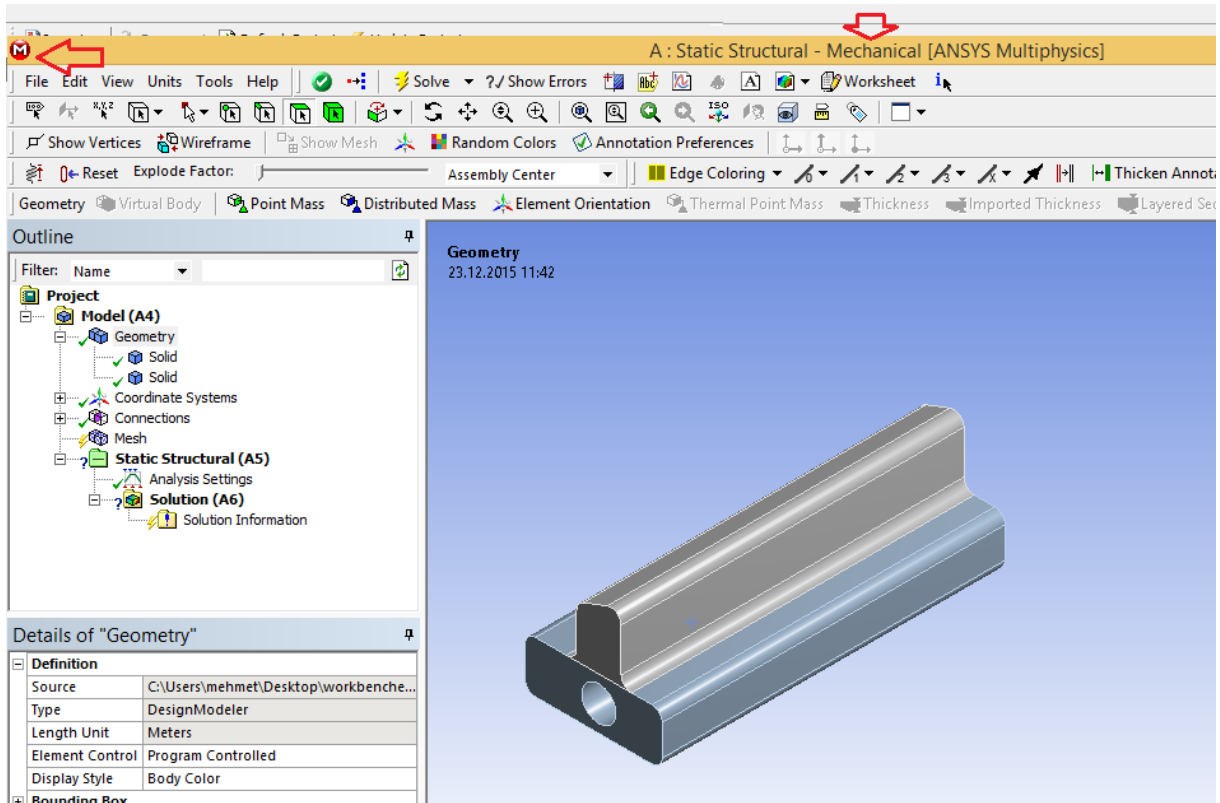
Mesh: Elemanlara Ayırma İşlemi 94-129

Şimdi sonlu elemanlara ayırma işlemi ve sonra analizi yapacağız.

Ekranın altında,

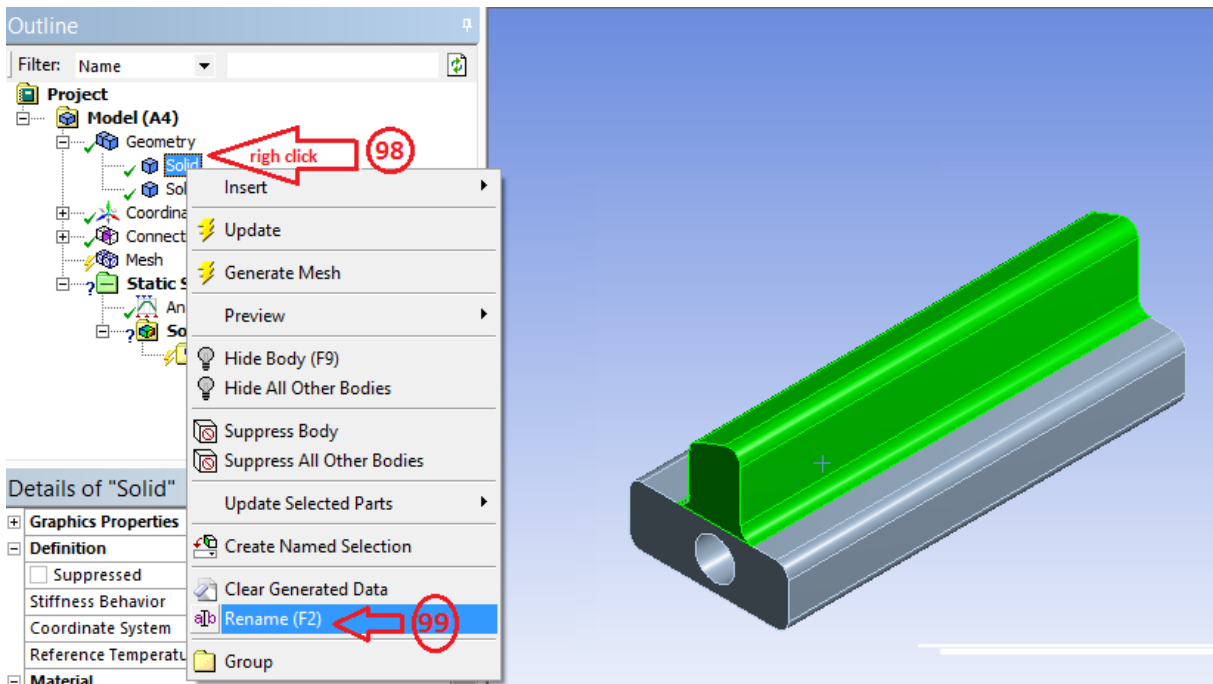


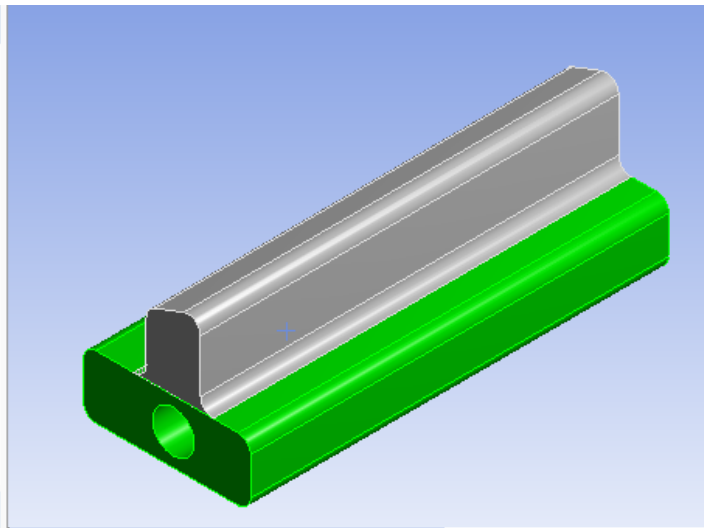
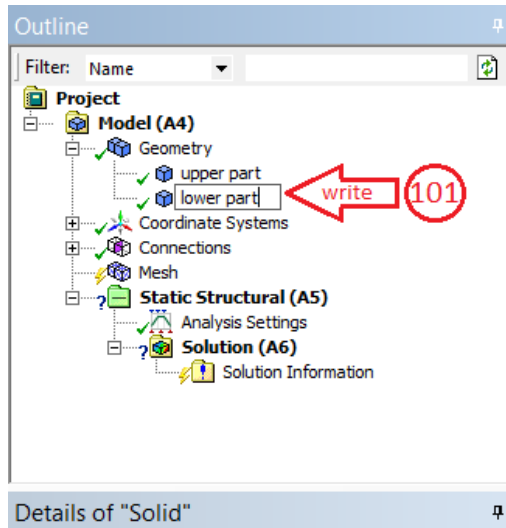
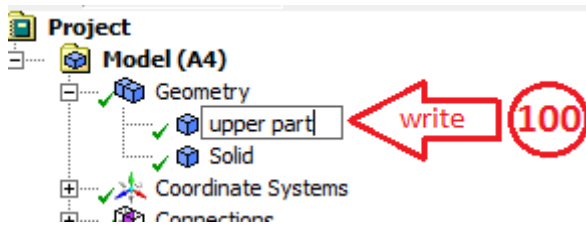
96



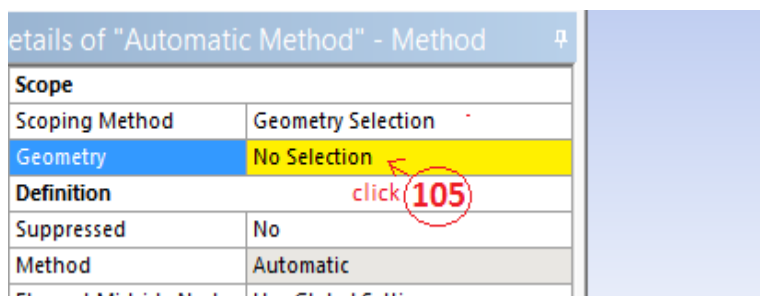
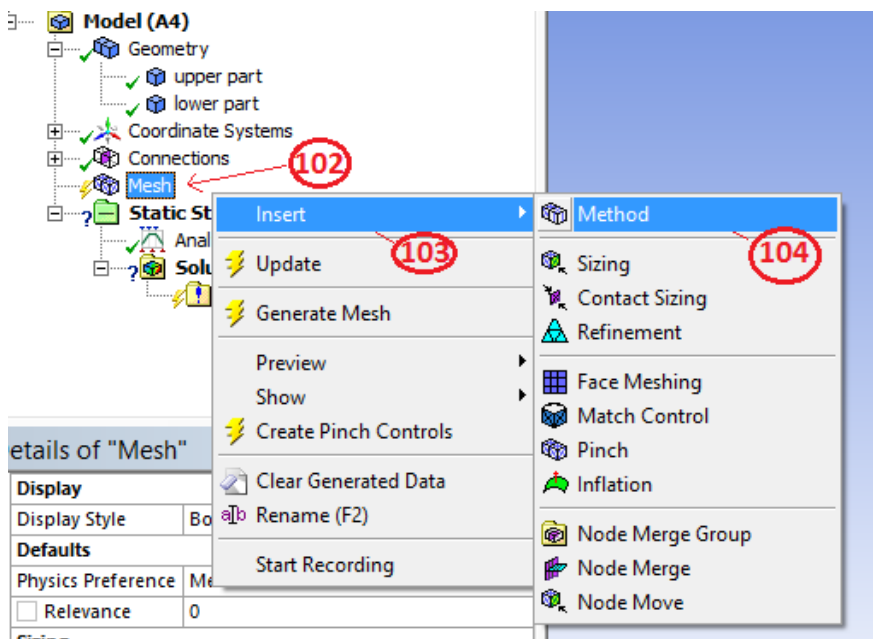
97 (DM)

Parçalara isim verin. (Upper part, lower part)

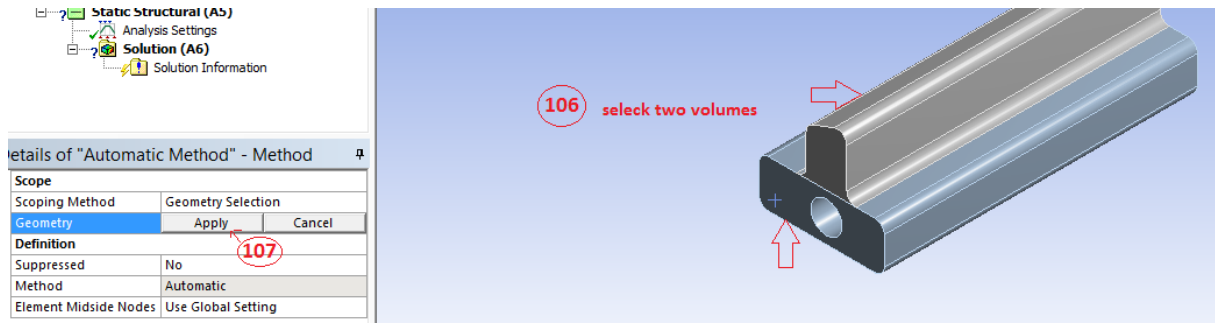





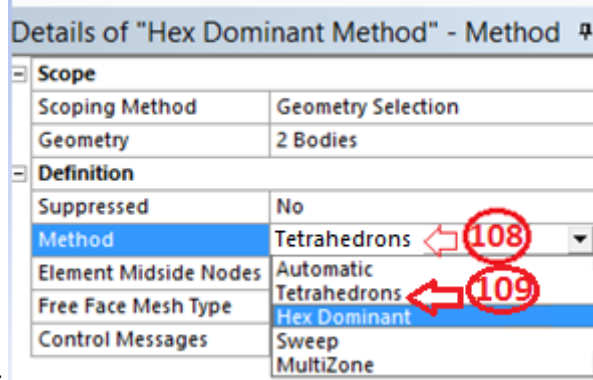
Elemanlara ayırma (Mesh 102-129)



Ctrl tuşu ile her iki hacmi seçin ve yeşil gözüksün.

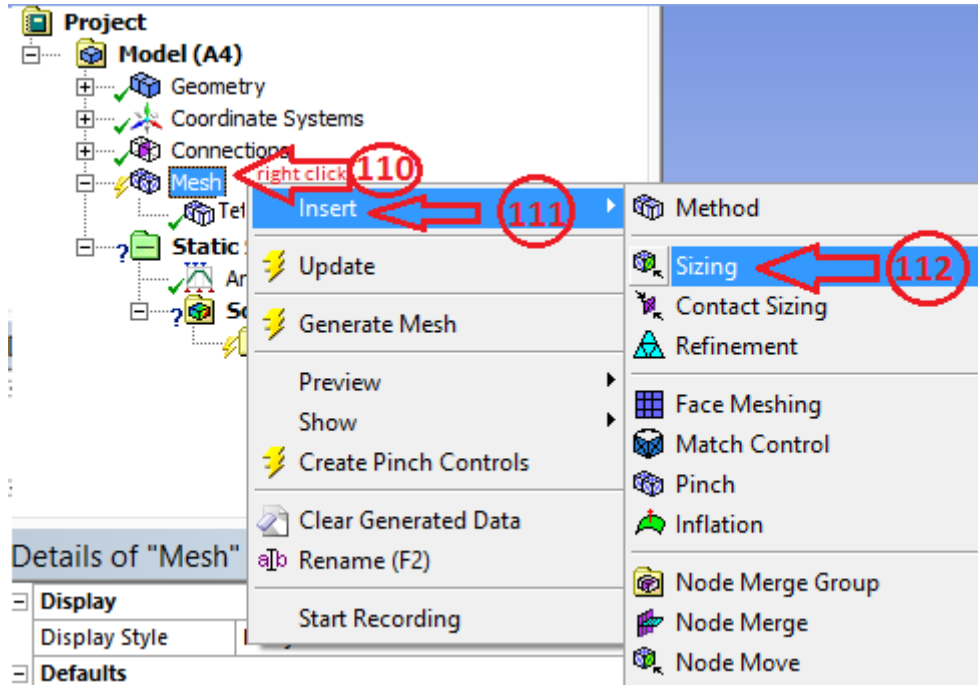


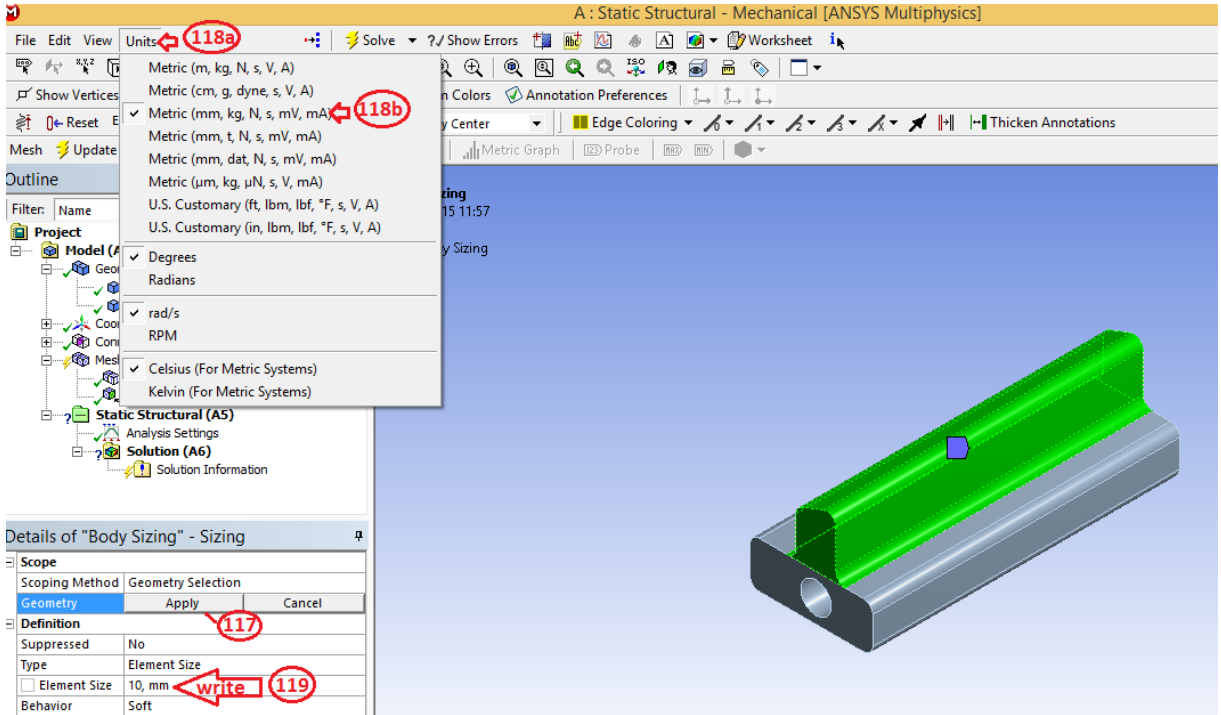
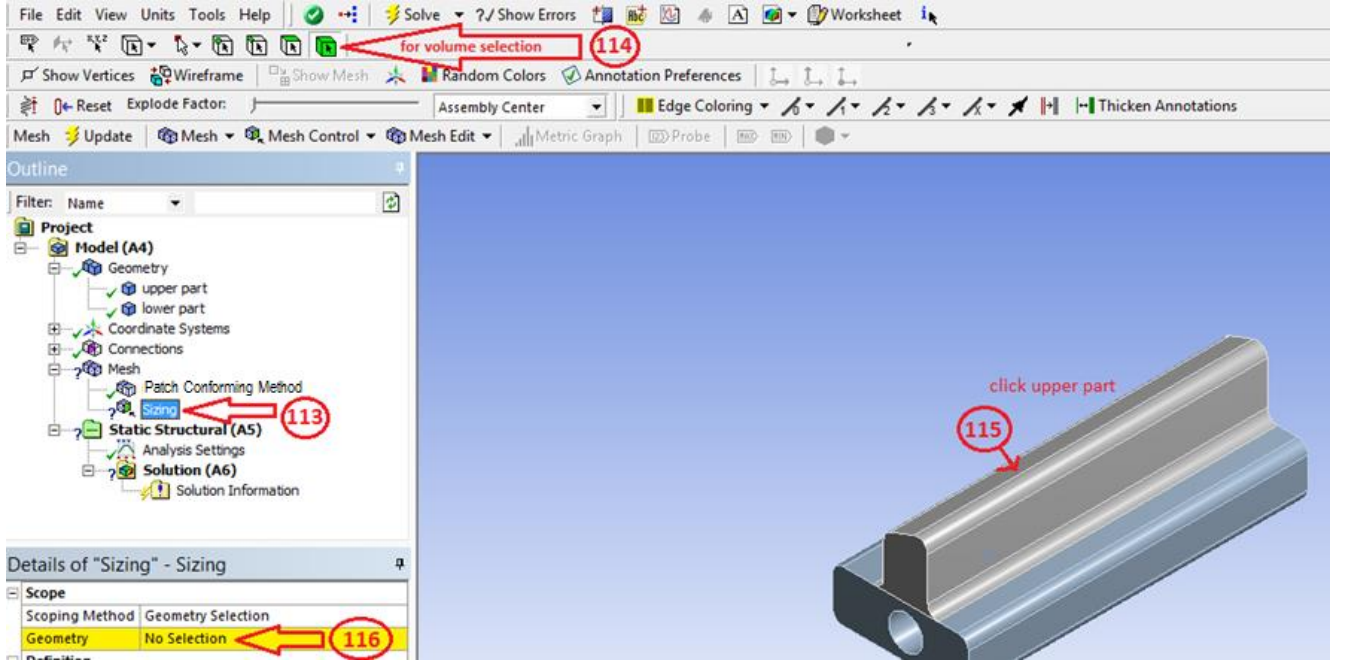
Eğer hacim seçilemiyorsa yukarıdaki  tuşuna önce basın.



Eleman tipi : Tetrahedrons seçilecek >>

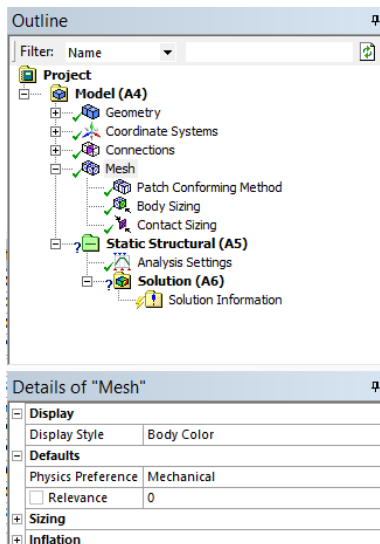
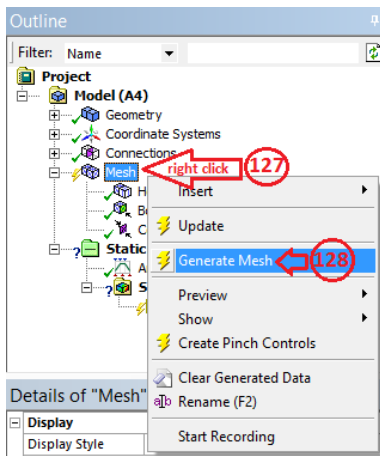
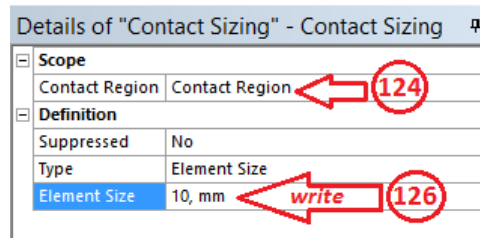
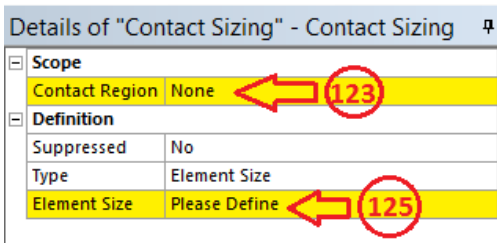
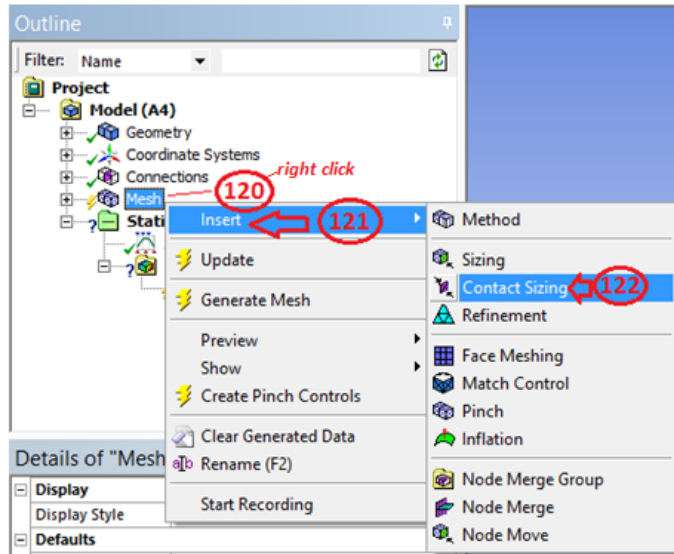
Sizing komutu ile Eleman minimum boyutunu belirleyerek mesh sıklığını ayarlayalım.



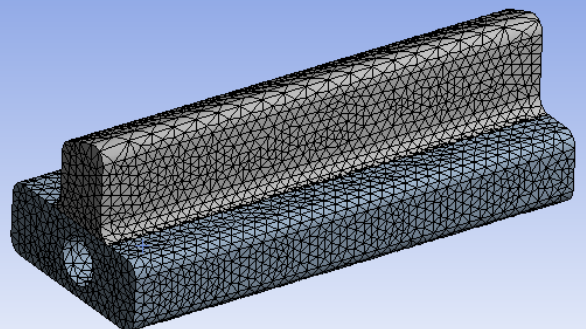


Element Size küçüldükçe elemanların boyutları küçülür, mesh sıklığı artar. Yani model daha fazla elemana bölünür. Bu ise çözüm hassasiyetini artırır. Ancak Çözüm süresi uzar ve bilgisayarda daha fazla yer gerekir. Bazen bu sebeple bilgisayar kapasite yetmeyebilir. Optimum bir eleman sayısı yakalamak gerekir.

Kontakt bölgesi için eleman büyüklüğü,



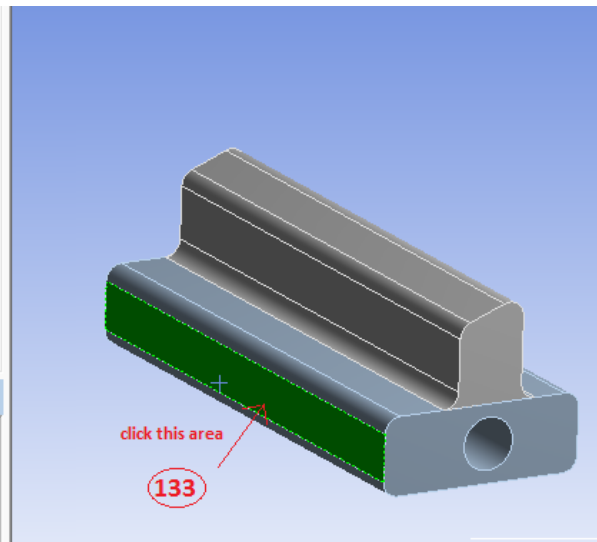
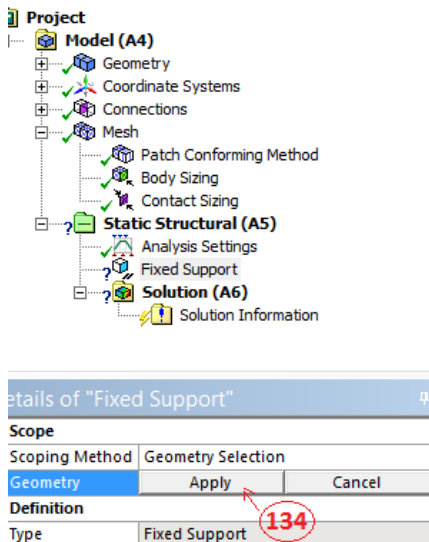
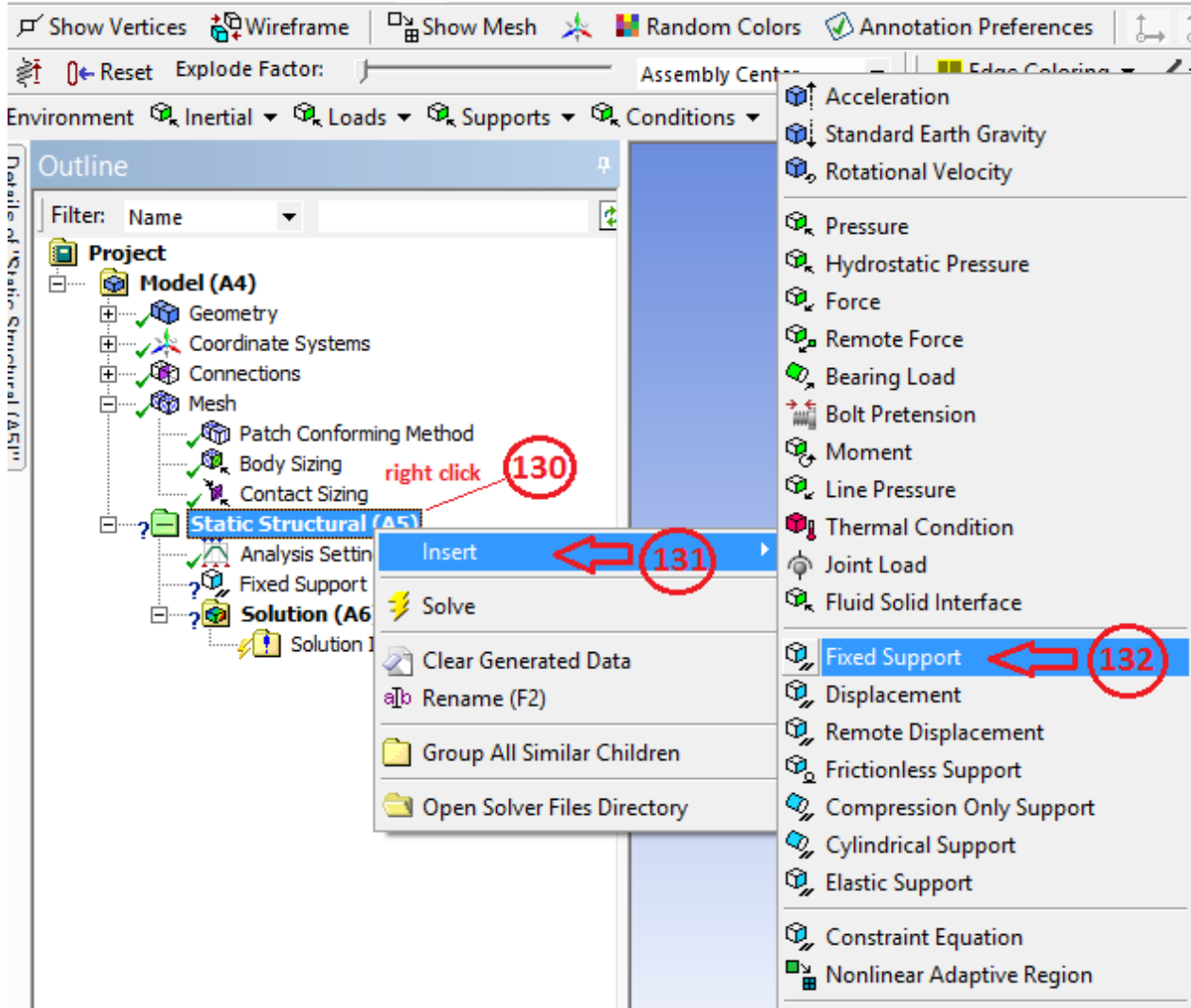
129 See this view



1.2 SINIR ŞARTLARI (BOUNDARY CONDITIONS)

İncelenen yapının hareket sınırlamalarını tanımladığımız sınır şartlarını girmeliyiz. Sınır şartlarının yanlış tanımlanması sonuçların yanlışlığına sebep olacağından doğru girilmesi son derece önemlidir.

(Bu örnekte Yan Kenarı ve Delik İçini Sabitleyeceğiz: Fixed Support, Cylindrical Support . Adımlar: 130-140)



Static Structure Context Menu:

- Hydrostatic Pressure
- Force
- Remote Force
- Bearing Load
- Bolt Pretension
- Moment
- Line Pressure
- Thermal Condition
- Joint Load
- Fluid Solid Interface
- Fixed Support
- Displacement
- Remote Displacement
- Frictionless Support
- Compression Only Support
- Cylindrical Support** (137)
- Elastic Support
- Constraint Equation
- Nonlinear Adaptive Region

Details of "Static Structure":

Definition	
Physics Type	Structural
Analysis Type	Static Structural
Solver Target	Mechanical APDL
Options	
Environment Temperature	22, °C

Details of "Cylindrical Support":

Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	Apply Cancel
Definition	
Type	Cylindrical Support (139)
Radial	Fixed
Axial	Fixed
Tangential	Fixed

3D Model: A red circle highlights the cylindrical support area on the part, with the instruction "click this cylindrical area" (138).

Project Tree:

- Model (A4)
 - Static Structural (A5) (140)

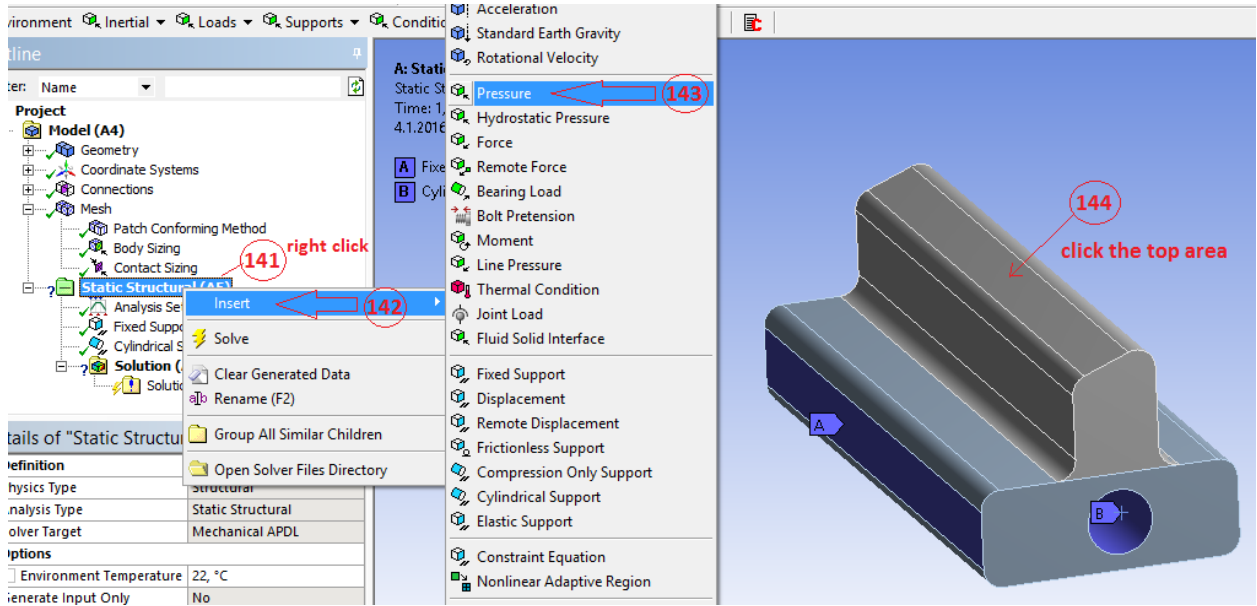
Details of "Static Structural (A5)":

Definition	
Physics Type	Structural
Analysis Type	Static Structural
Solver Target	Mechanical APDL
Options	
Environment Temperature	22, °C
Generate Input Only	No

3D Model: The part is shown with boundary conditions: "A Fixed Support" and "B Cylindrical Support: 0, mm". A red arrow points to the model with the instruction "click and see all boundary condition" (140).

1.3. DIŞ YÜKLER (LOADİNG)

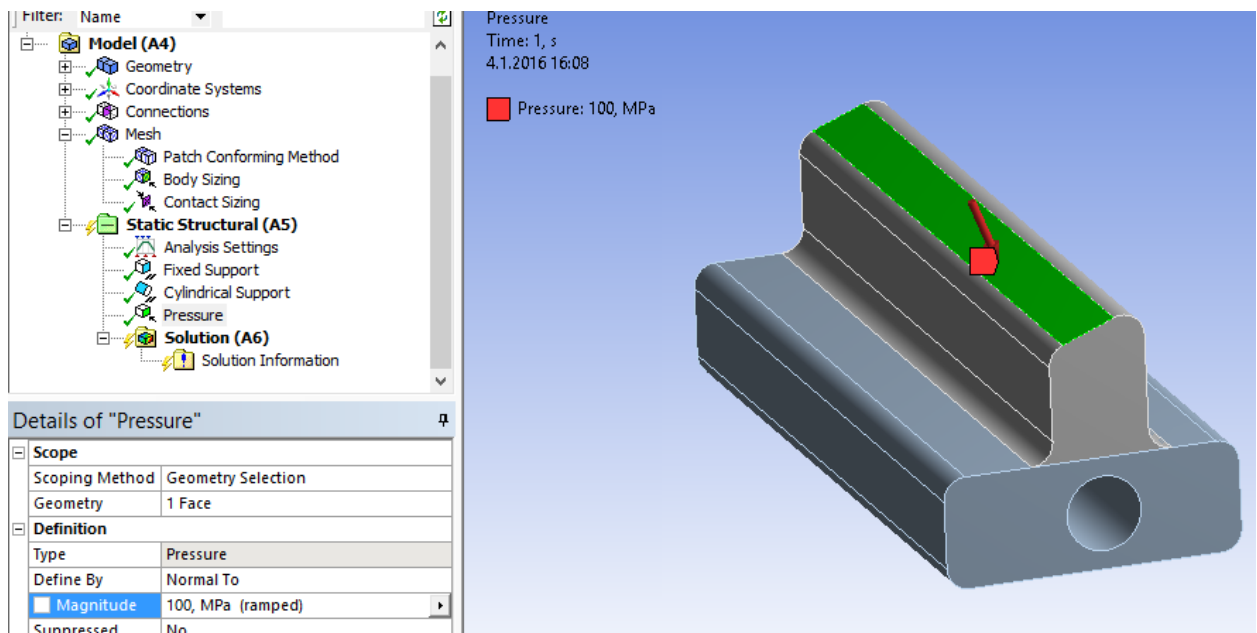
Diş Yükleri Girelim (Yan Yüzeye Kuvvet, Üst Yüzeye Basınç girelecek. Adımlar: 141 -158)



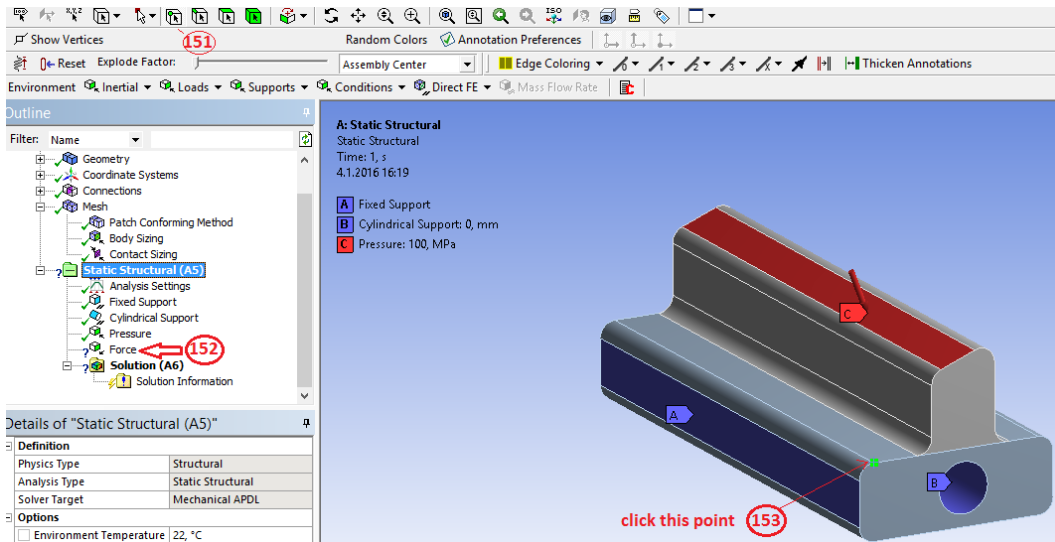
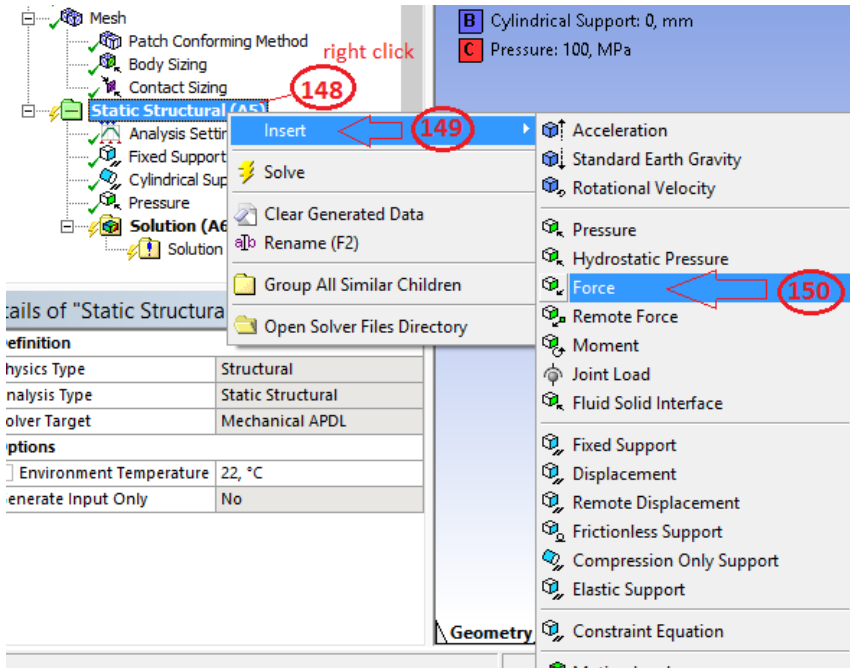
Geometry		Apply	Cancel
Definition			
Type	Pressure		
Define By	Normal To		
Magnitude	0, MPa (ramped)		
Suppressed	No		


Geometry	1 Face
Definition	
Type	Pressure
Define By	Normal To
Magnitude	100
Suppressed	No

147 Ekranda basıncı görün

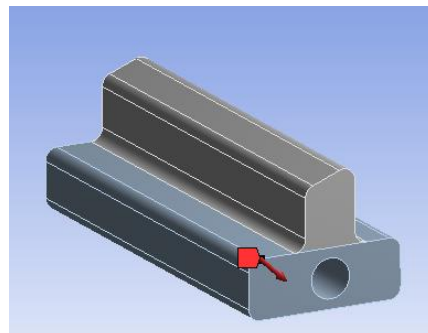
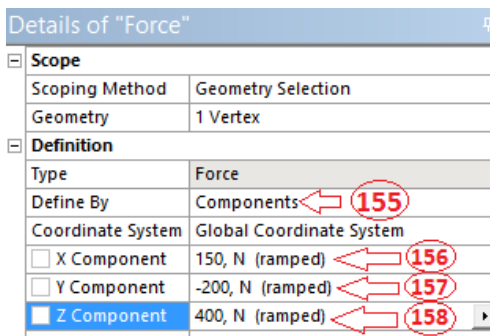


Köşe noktaya tekil kuvvet girelim.



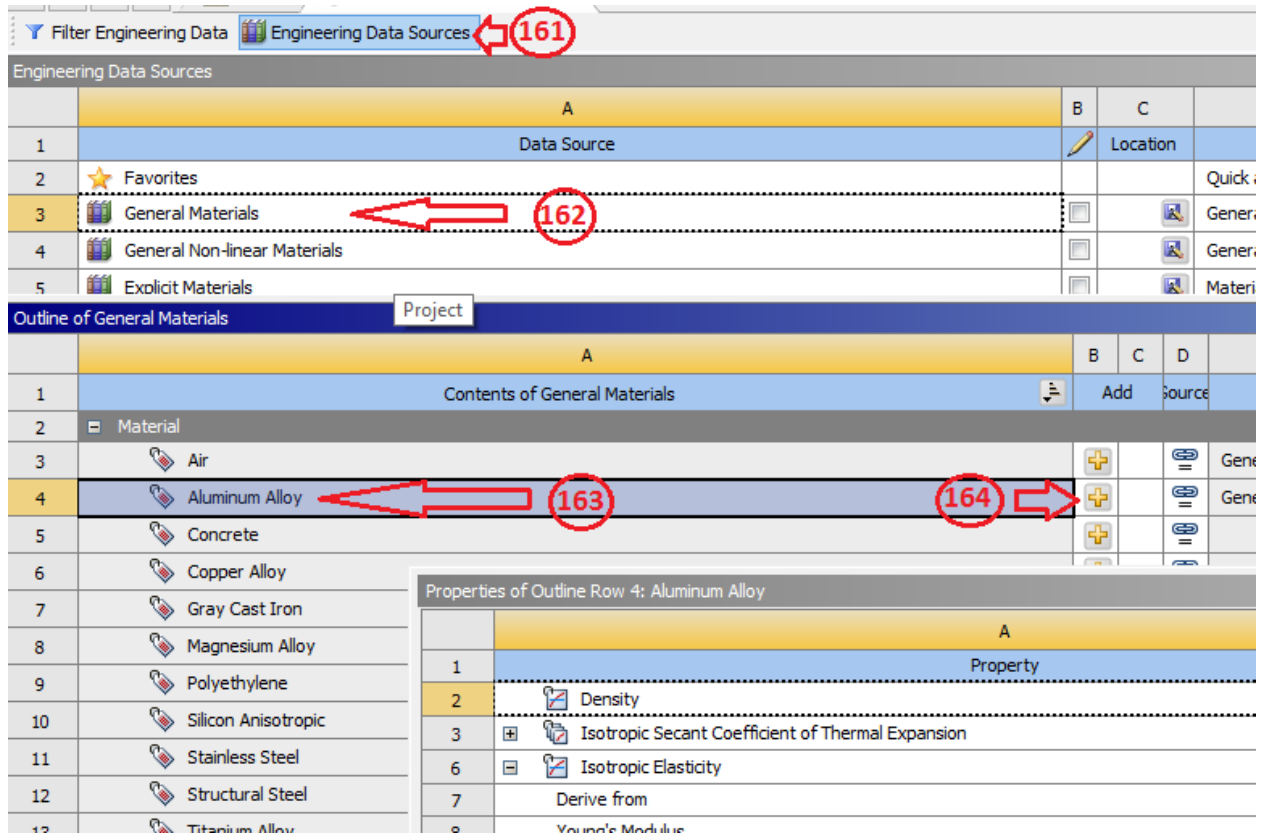
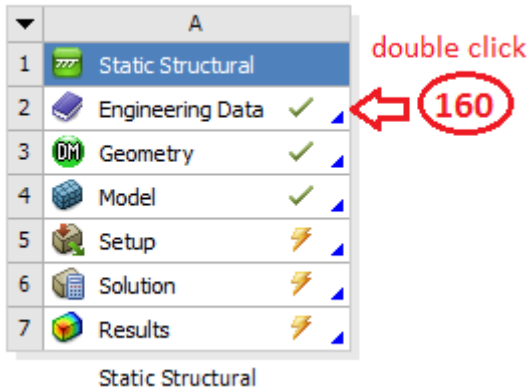
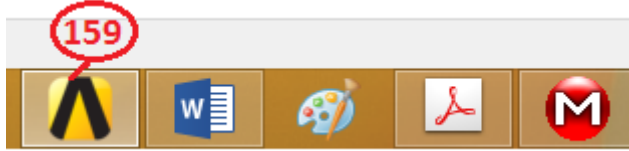
Nokta Seçilemiyorsa yukarıdaki () simgesini tıklayın.

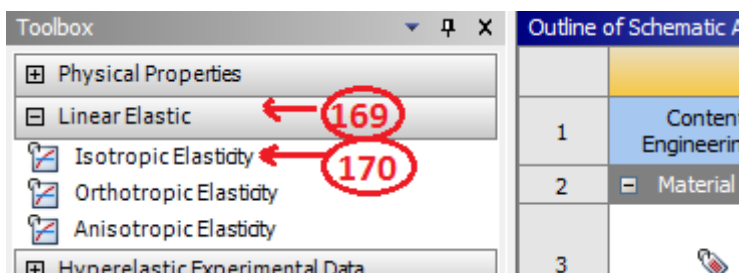
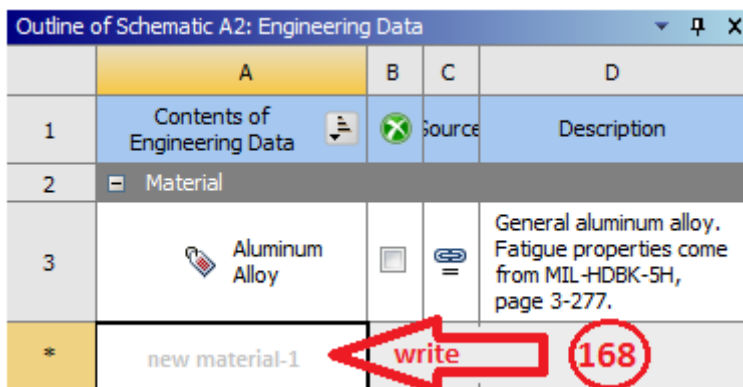
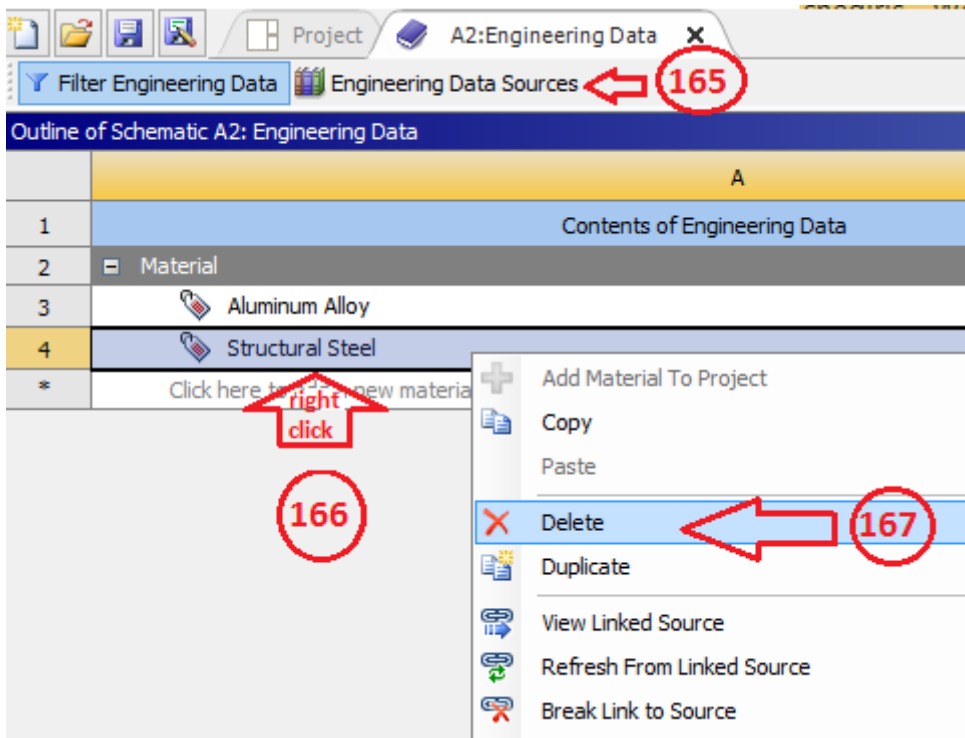
Geometry	Apply	Cancel
Definition	Force (154)	
Type	Force	
Define By	Vector	
<input type="checkbox"/> Magnitude	0, N (ramped)	
Direction	Click to Define	
Suppressed	No	



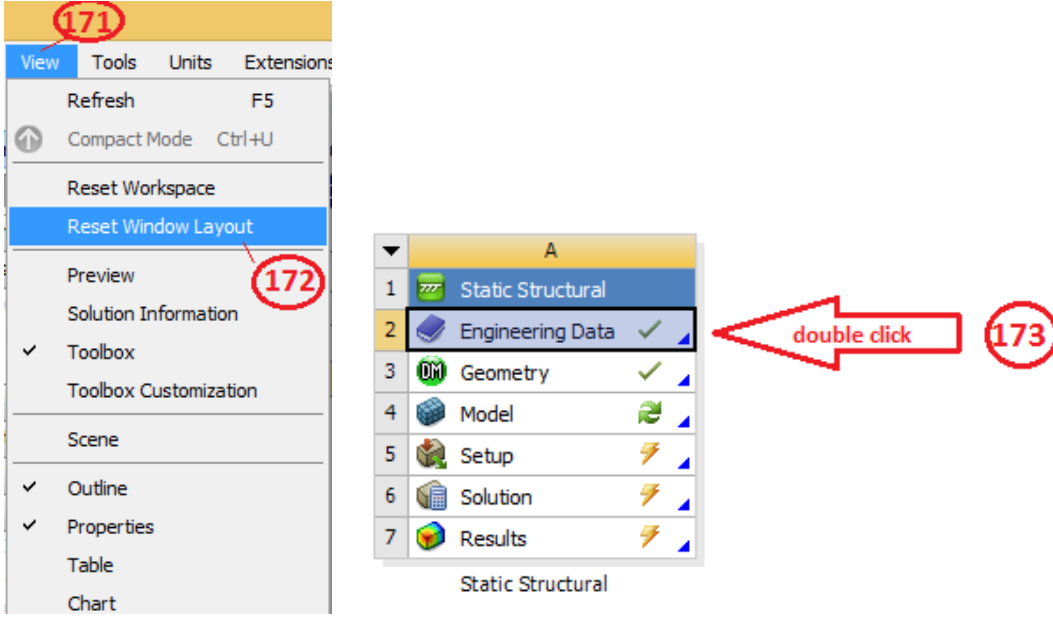
1.4 MALZEME ÖZELLİKLERİNİN GİRİLMESİ VE ATANMASI (159 – 184)

Bir tane programın veri tabanından malzeme (alüminyum) seçilecek ve üst hacme atanaca; bir tane yeni malzeme tanımlanacak ve alt hacme atanacaktır. Aşağıdaki adımları sırasıyla takip ediniz.





Ekran görünümü bozuk olabilir. Bu durumda aşağıdaki işlemi yapınız. (171-173)



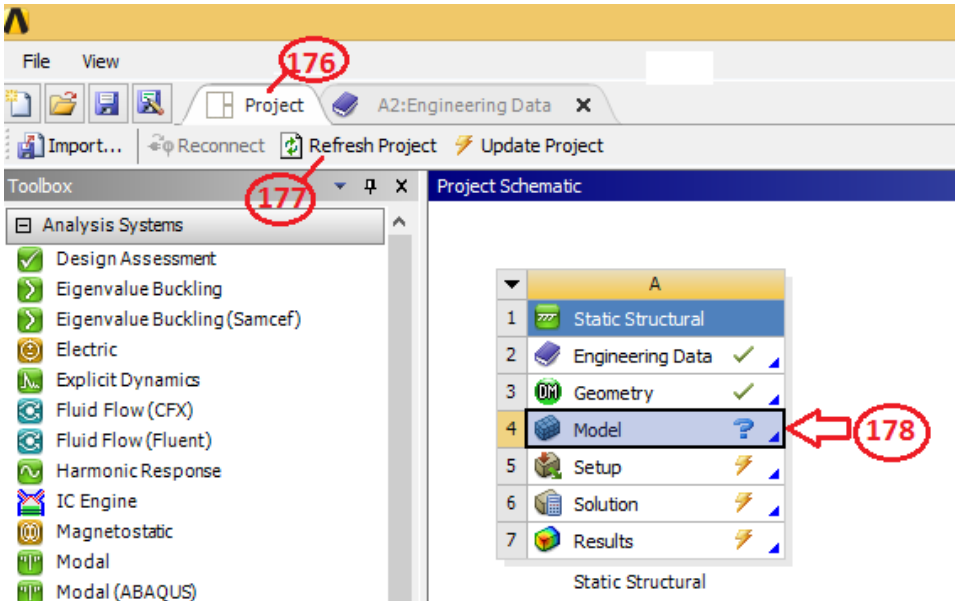
Elastik Yapısal Analizde Isotropik malzeme için sadece (E Young modulus ve ν poisson's ratio) yeterlidir.

Properties of Outline Row 4: new material-1					
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
6	Isotropic Elasticity				
7	Derive from	Young's...			
8	Young's Modulus	30000	MPa		
9	Poisson's Ratio	0,45			
10	Bulk Modulus	1E+11	Pa		
11	Shear Modulus	1,0345E+10	Pa		
12	Field Variables				

175 write

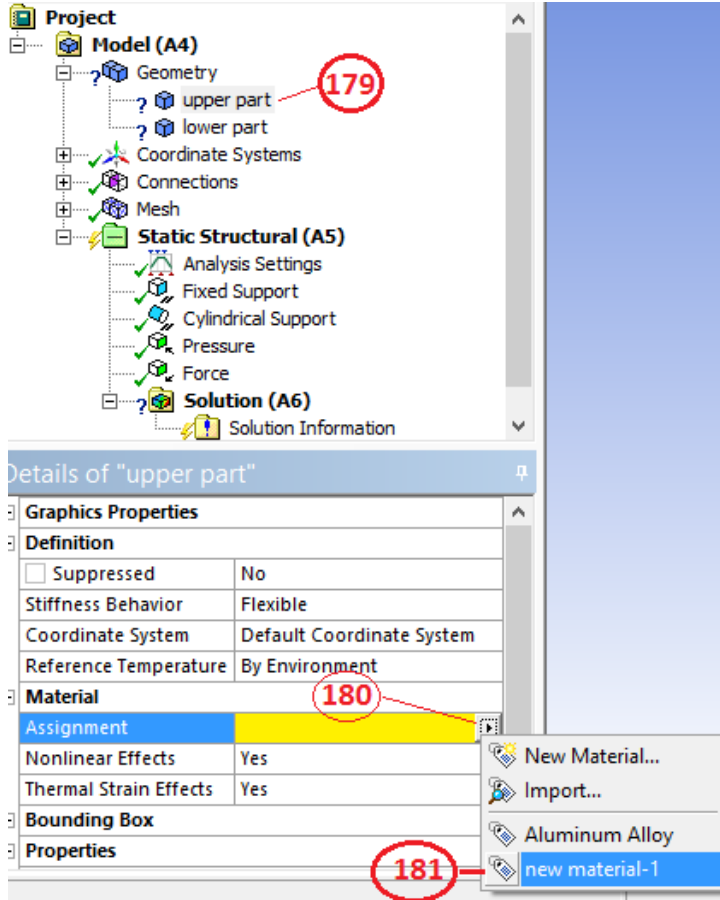
174 select

Girilen Malzemeleri ve Özellikleri için Proje güncellemesi (177.adım) yapmakta fayda var.



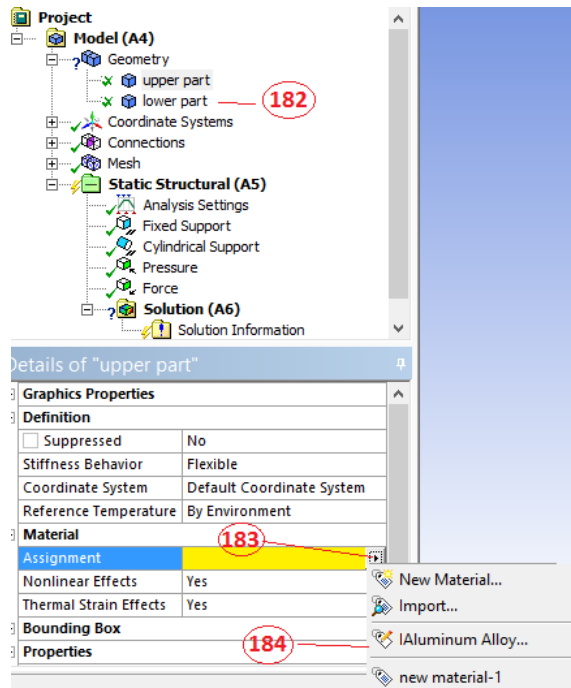
Malzemeleri Hacimlere Atayalım.

Üst hacme Yeni malzeme:

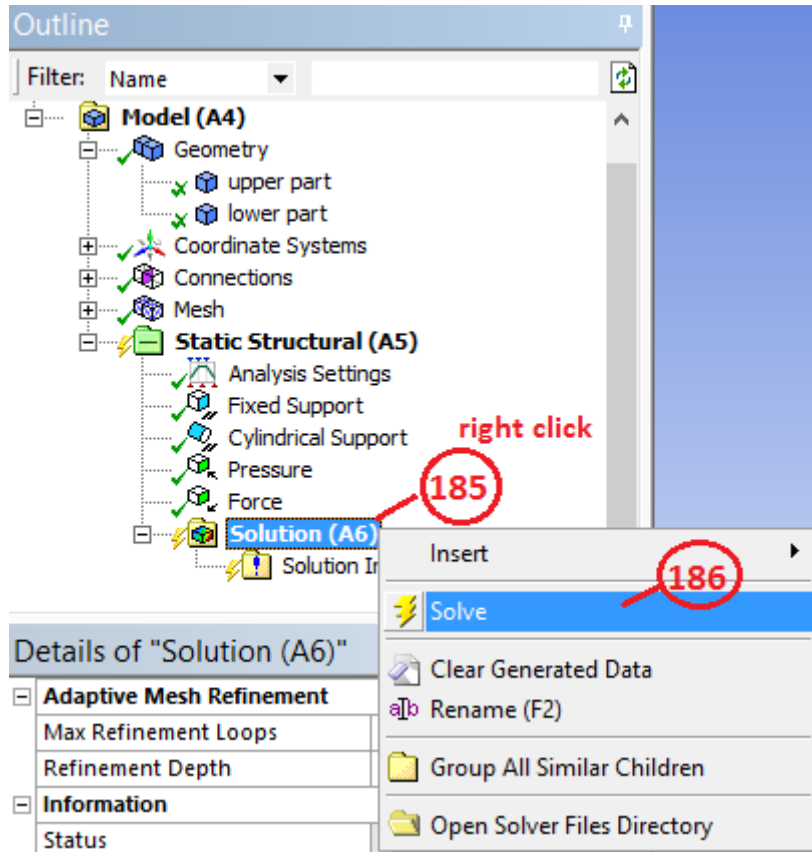


Tanımladığınız Malzemeler görülmüyorsa bir kere (File >Refresh Data .. yapabilirsiniz)

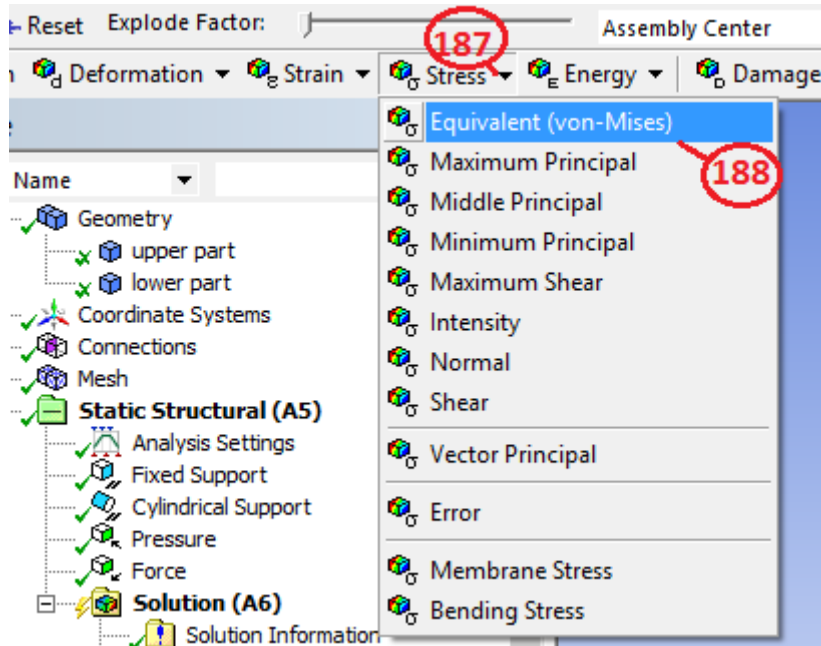
Alt hacme Alüminyum:



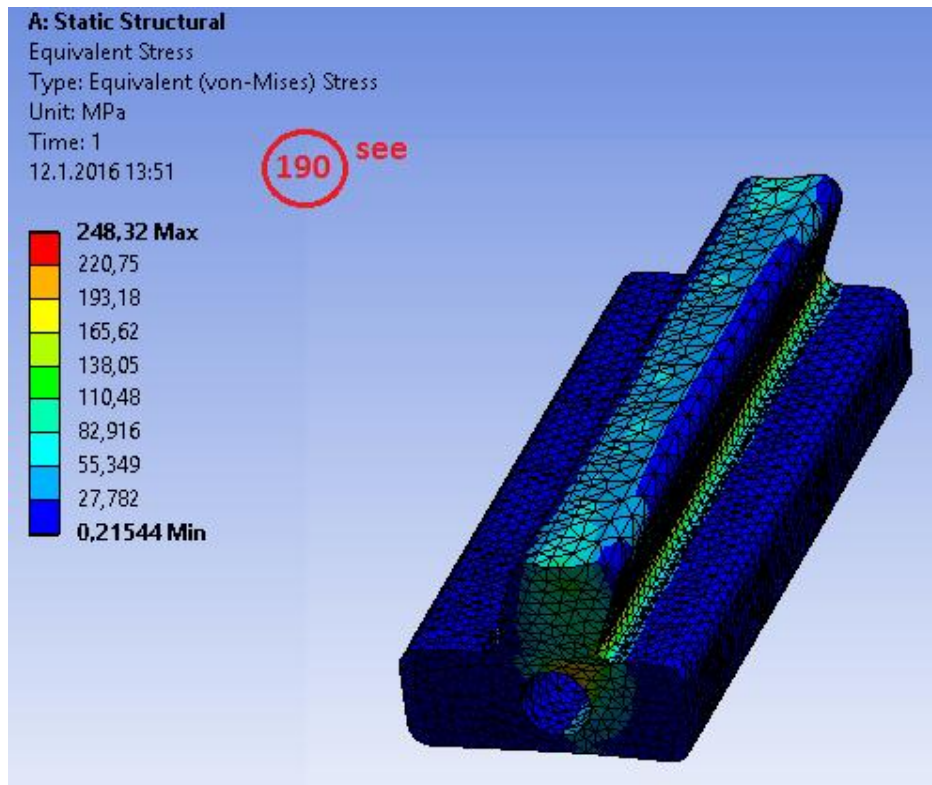
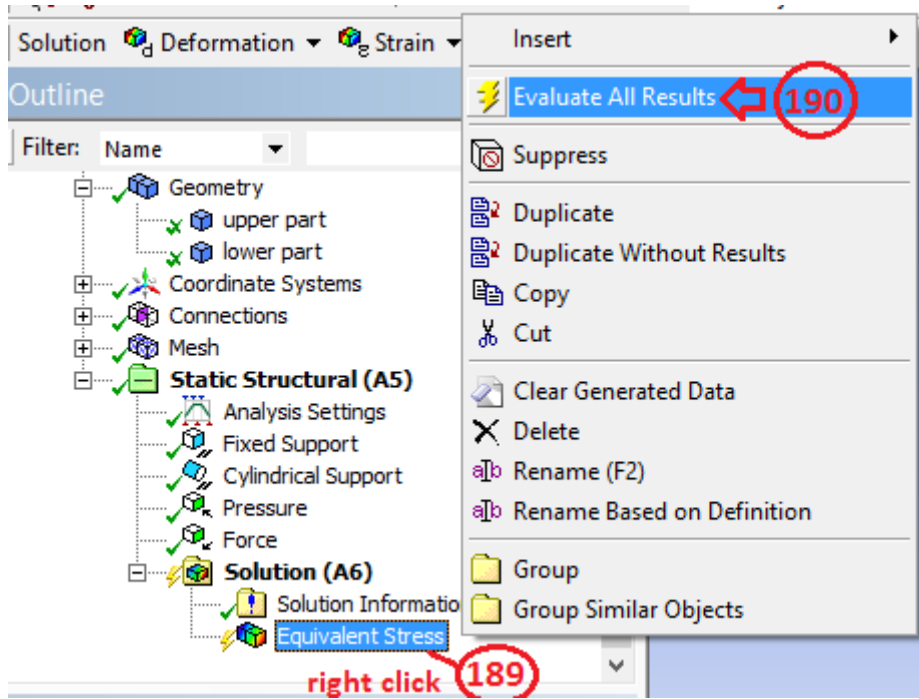
Artık Herşey hazır. Çözüm Yaptıralım



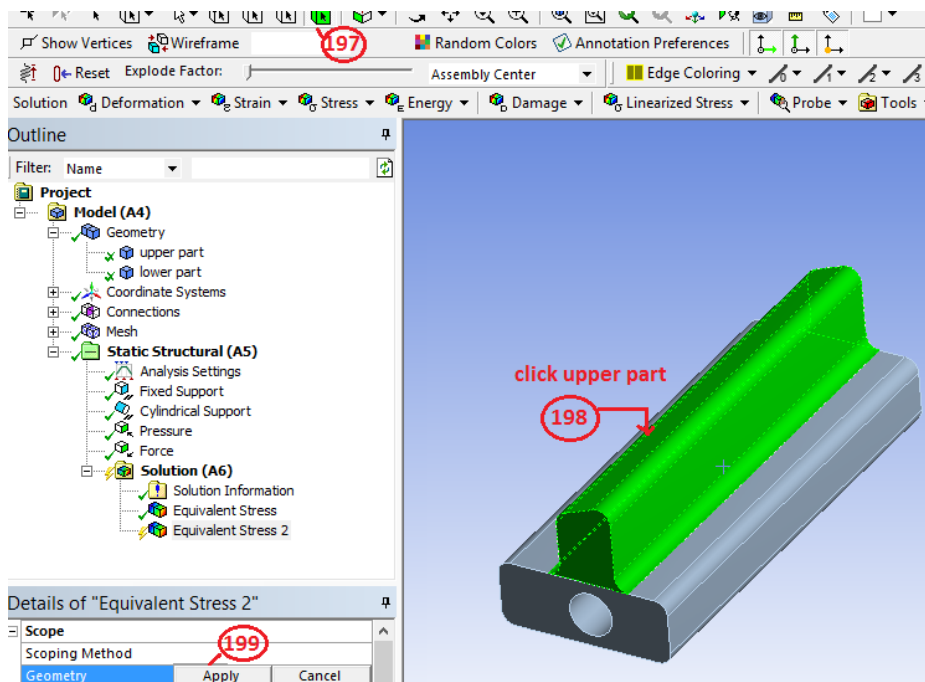
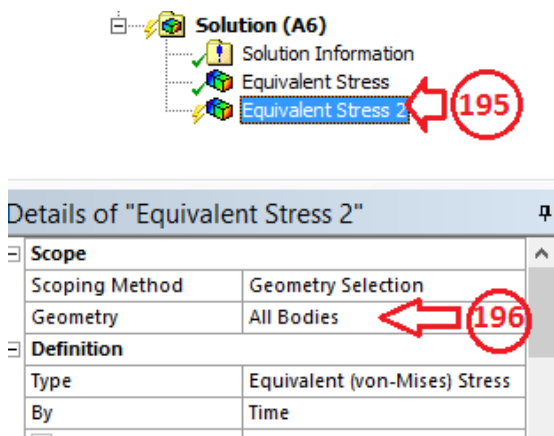
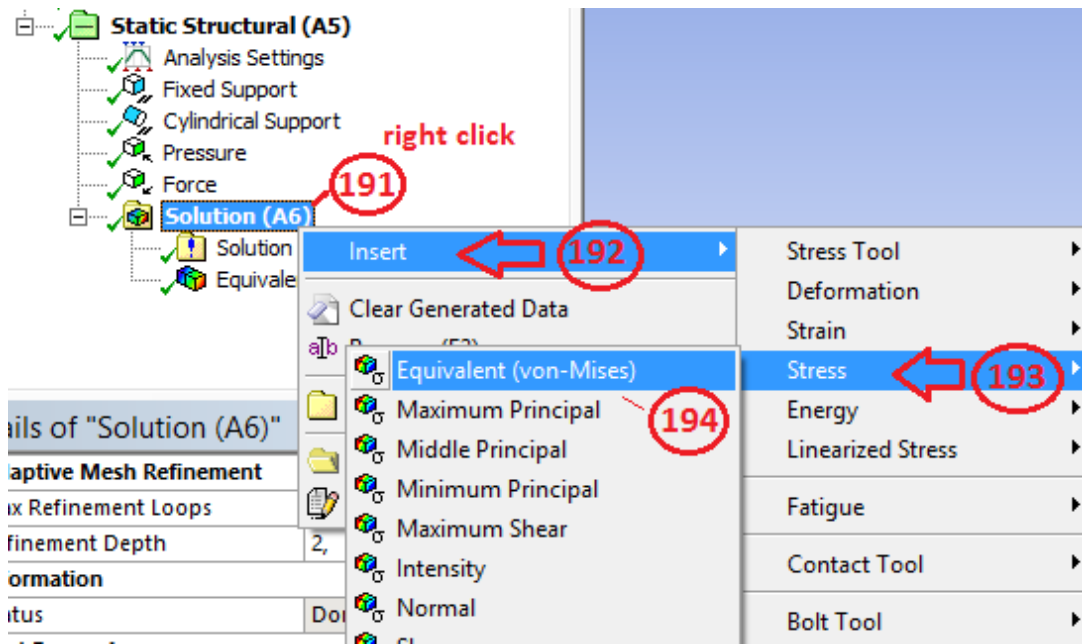
1.5 Sonuçları Görelim.

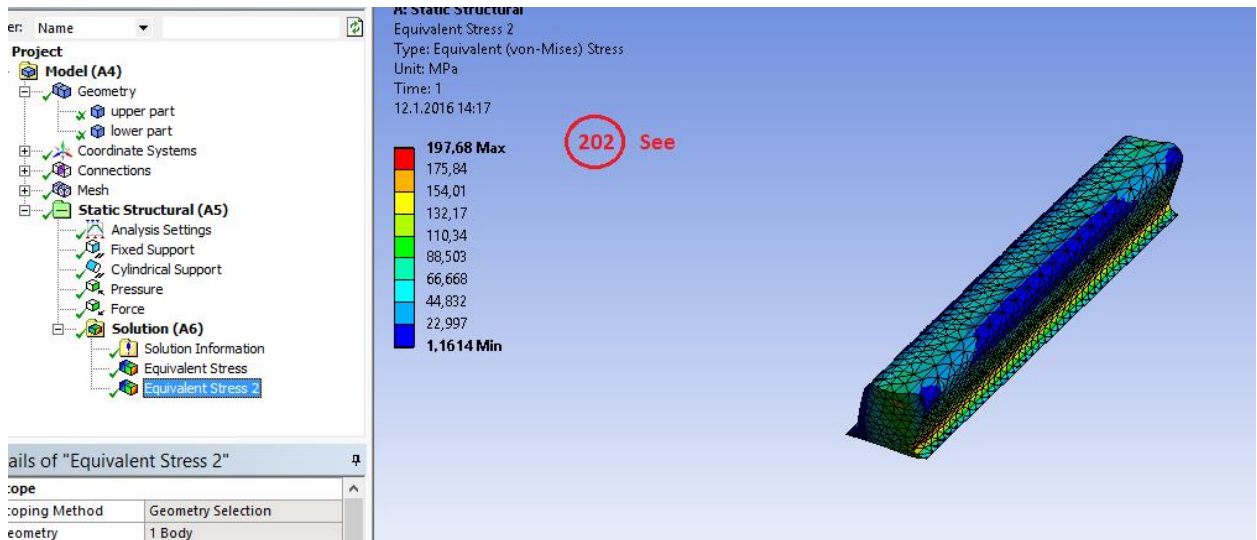
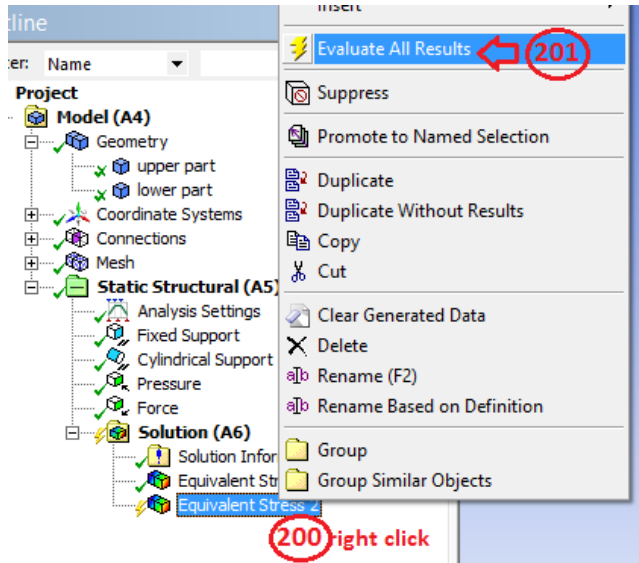


(Veya öncelikle 191-194 adımlarından görmek istediğimiz sonuçları atayabilirdik.)

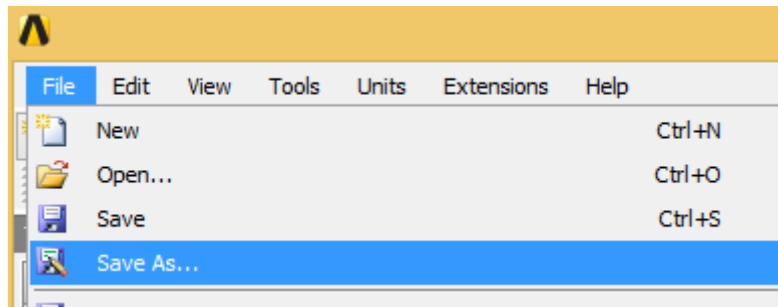


Sadece Üst Parçadaki Von-Mises Gerilme Dağılımını görmek istersek:



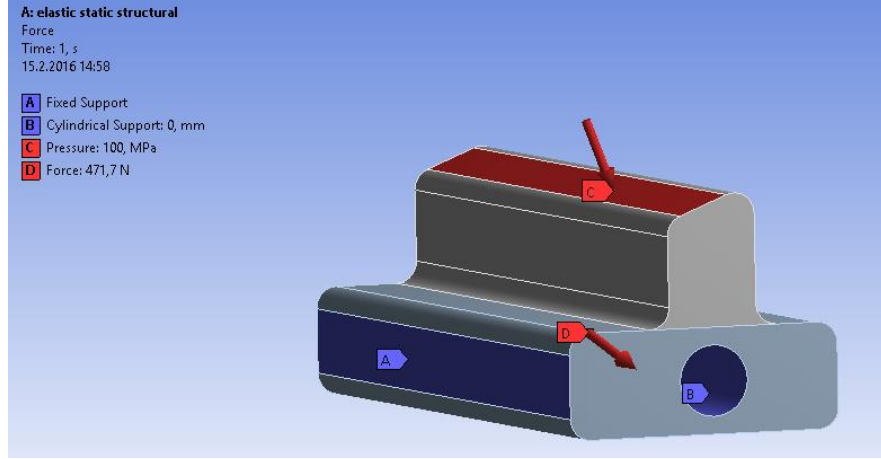


Bu projeyi "Elastik Statik.wbpj" olarak kaydedin.



2. STATİK YAPISAL, ELASTO –PLASTİK GERİLME ANALİZİ

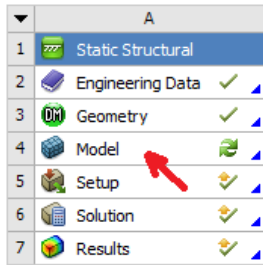
Aynı model, aynı yük ve aynı sınır şartları için üst parçaya Elasto-plastik bir yeni malzeme tanımlayacağız ve akma sınırını aşarak kalıcı (plastik) deformasyonları görmeye çalışacağız.



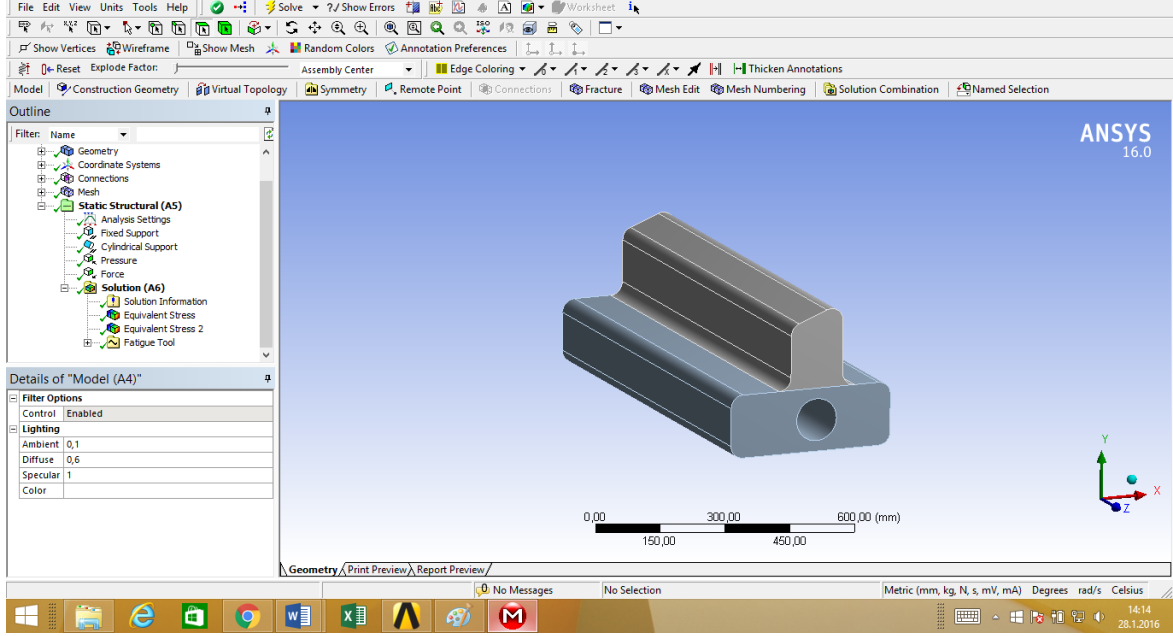
- Eğer Bilgisayarınızı yeni açtı iseniz, daha önce kaydettiğiniz *elastik_statik_analiz.wbpj* dosyasını açınız veya sıkıştırılmış halini [buradan](#) indiriniz.
- *elastik_statik_analiz* dosyasını açarken “Unlock veya Cancel” tercihli uyarı çıkarsa “**Unlock**” u tercih ediniz.
- Hiçbirisini yapamıyorsanız öncelikle “Elastik Gerilme Analizi” örneğini baştan sona yapınız.

Şimdi Alttaki adımları takip ediniz. (Gösterilen Simgeleri sırasıyla tıklayınız)

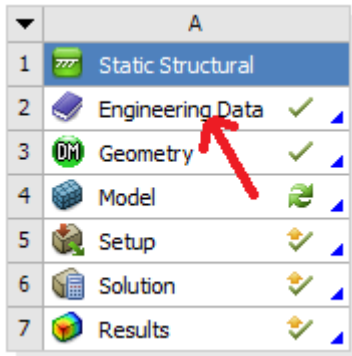
2.1



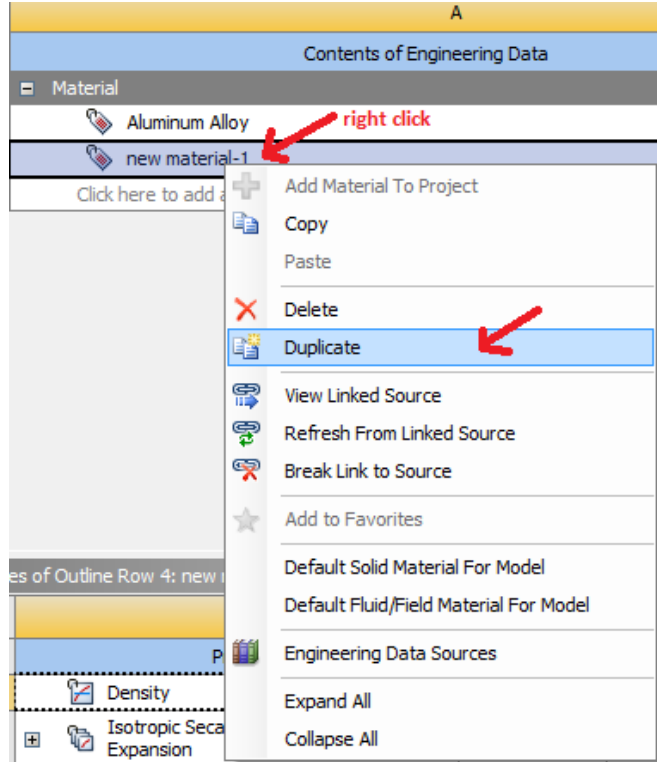
2.2 Ekranın Görüntüsü



2.3 Malzeme Özellikleri: Üst hacim new material-1 olarak kalsın. Alt Hacime Elasto Plastik bir malzeme tanımlayacağız.



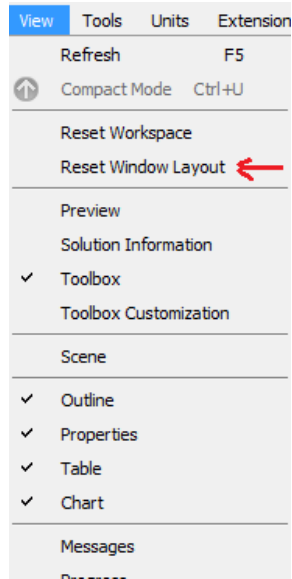
2.4 Önce Elastik analiz için tanımladığımız new material-1 in aynısından bir malzeme daha elde edelim.



2.5 Bu malzemeye Yeni isim verelim. Tek tıkla .. “elasto-plastic material”

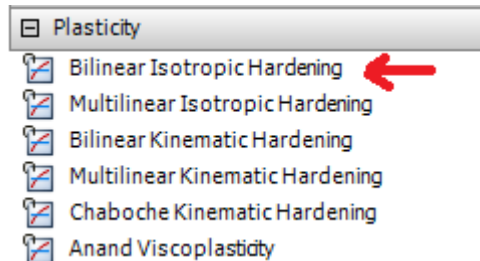
Outline of Schematic A2: Engineering Data	
	A
1	Contents of Engineering Data
2	Material
3	Aluminum Alloy
4	new material-1
5	elasto-plastic material

2.6 Ekranın görünümü bozuk olabilir... Düzeltelim.

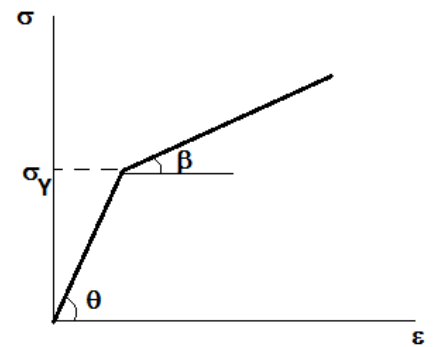


2.7 Yeni malzeme için plastik bölgeyi tanımlayalım.

Malzemenin E ve ν değerleri new material 1 ile aynıdır. İlaveten plastik bölge eğrisine ihtiyaç vardır. Plastik bölgesi de doğrusal olduğunu düşünüyoruz. Bu durumda, elastik ve plastik bölgesi 2 ayrı doğru ile tanımlanan Bilinear Isotropic Hardening malzeme seçeriz.



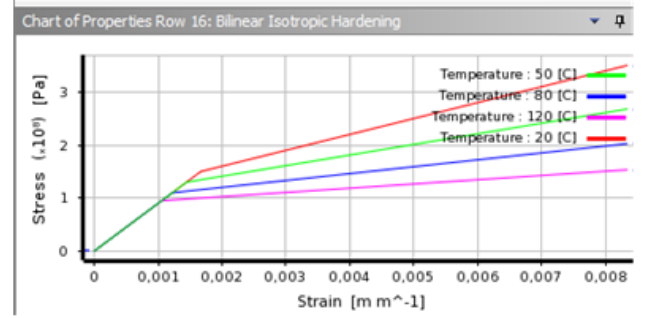
Properties of Outline Row 5: elasto-plastic material				
	A	B	C	D E
1	Property	Value	Unit	
6	Isotropic Elasticity			
7	Derive from	Young's...		
8	Young's Modulus = $tg\theta$	→ 90000	MPa	
9	Poisson's Ratio	→ 0,3		
10	Bulk Modulus	7,5E+10	Pa	
11	Shear Modulus	3,4615E+10	Pa	
12	Field Variables			
13	Temperature	Yes		
14	Shear Angle	No		
15	Degradation Factor	No		
16	Bilinear Isotropic Hardening			
17	Yield Strength = σ_Y	→ 150	MPa	
18	Tangent Modulus = $tg\beta$	→ 30000	MPa	
19	Alternating Stress R-Ratio	Tahılur		



2.8 Dikkat: Bu madde Bilgi Amaçlıdır. Altteki komutları inceleyip, 2.9 maddesinden devam ediniz.

a-) Bilinear malzeme özellikleri Sıcaklığa bağlı girilmesi gerekiyorsa:

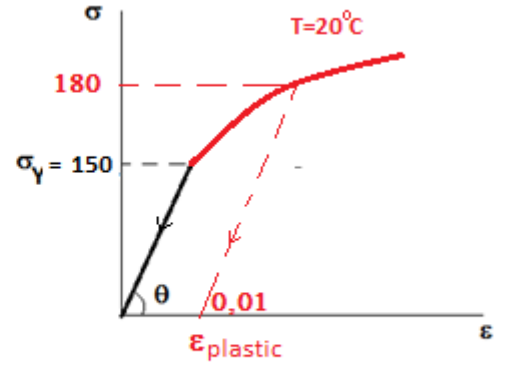
Table of Properties Row 16: Bilinear Isotropic Hardening			
	A	B	C
1	Temperature (C)	Yield Strength (MPa)	Tangent Modulus (MPa)
2	20	150	30000
3	50	130	20000
4	80	110	13000
5	120	95	8000
*			



Not: Burada elastik bölge sıcaklığa bağlı girilmemiş. Onu da sıcaklığa bağlı girmek için Young Modülünün (E) Çeşitli sıcaklıklardaki değerleri ayrıca girilmelidir. Young ve Tangent modülleri aynı sıcaklık değerlerinde tanımlanması çözümün hızlı yapılması için daha uygundur.

b-) Plastik Bölge Eğrisel olması gerekiyorsa: Multilinear Isotropic Hardening

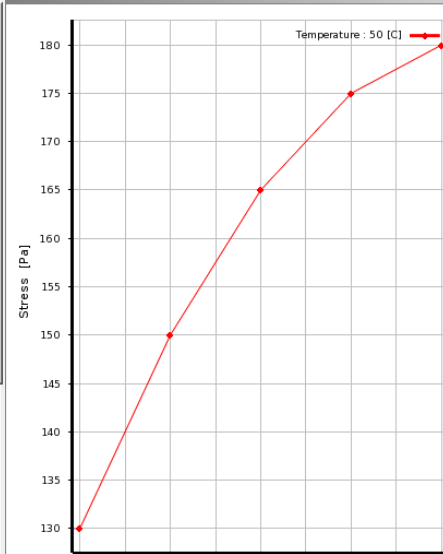
Table of Properties Row 16: Multilinear Isotropic Hardening			
	A	B	C
1	Temperature (C)	1 Plastic Strain (m m^-1)	Stress (Pa)
2	20	0	150
3		0,01	180
*		0,02	200
		0,03	210
		0,04	215
*			



c-) Plastik bölge Eğrisel ve Sıcaklığa bağlı ise: Multilinear Isotropic Hardening

Table of Properties Row 16: Multilinear Isotropic Hardening			
	A	B	C
1	Temperature (C)	1 Plastic Strain (m m^-1)	Stress (Pa)
2	20	0	130
3	50	0,01	150
4	80	0,02	165
5	110	0,03	175
6		0,04	180
*			

this table is for temp. 50°C

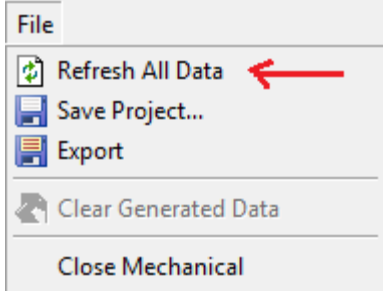


Not: Burada da Elastik bölge kısmı ayrıca sıcaklığa bağlı girilebilir.

d-) Diğer plastik malzeme karakterine göre uygun olan seçilmelidir.

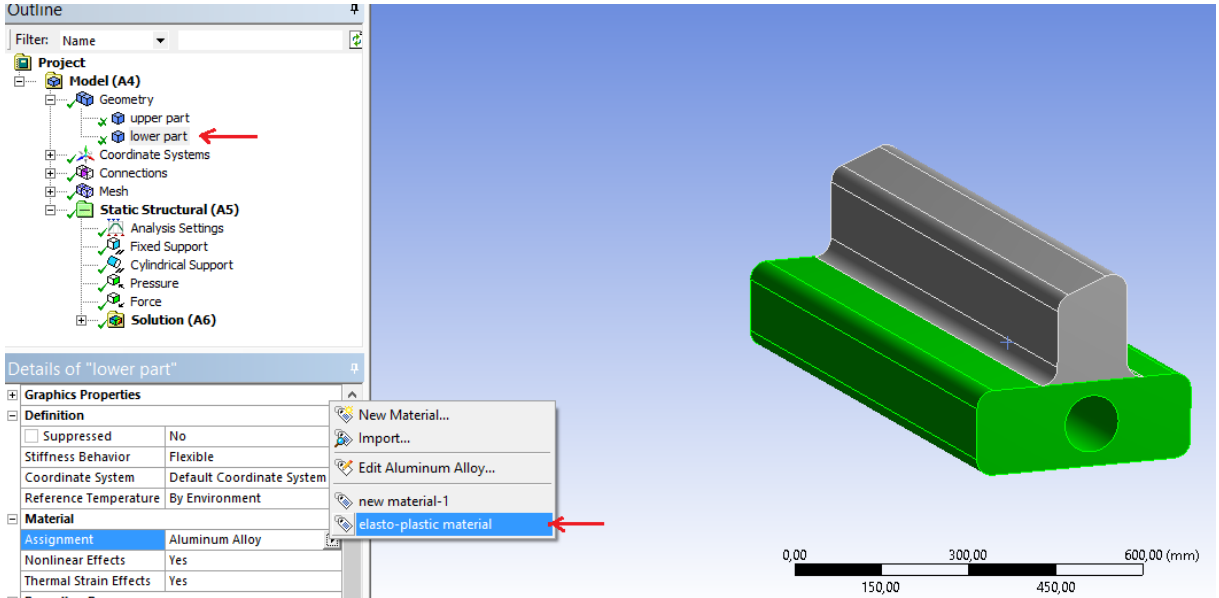
2.9) mechanical modülüne geçiniz.

Girilen Dataları güncelleyelim.



2.10) Üst Parça New Material-1 olarak kalsın.

Alt parçaya “elasto plastic material” isimli malzemeyi atayalım.



2.11) Dış Yükler : Mevcut dış yükleri aynen kullanacağız.

İşlem ağacından bu yükleri (force ve pressure) bir kere kontrol ediniz. Eğer yoksa “1. Statik Yapısal, Elastik Gerilme Analizi” örneğindeki 141-158 adımlarını tekrar uygulayınız. (syf: 26-27)

2.12) Sınır Şartları: Aynen kullanılacak. İşlem Ağacından Fixed Support ve Cylindrical Support u kontrol ediniz. Eğer yoksa “1. Elastik Statik Gerilme Analizi” ndeki 130-140 adımlarını tekrar yapınız.

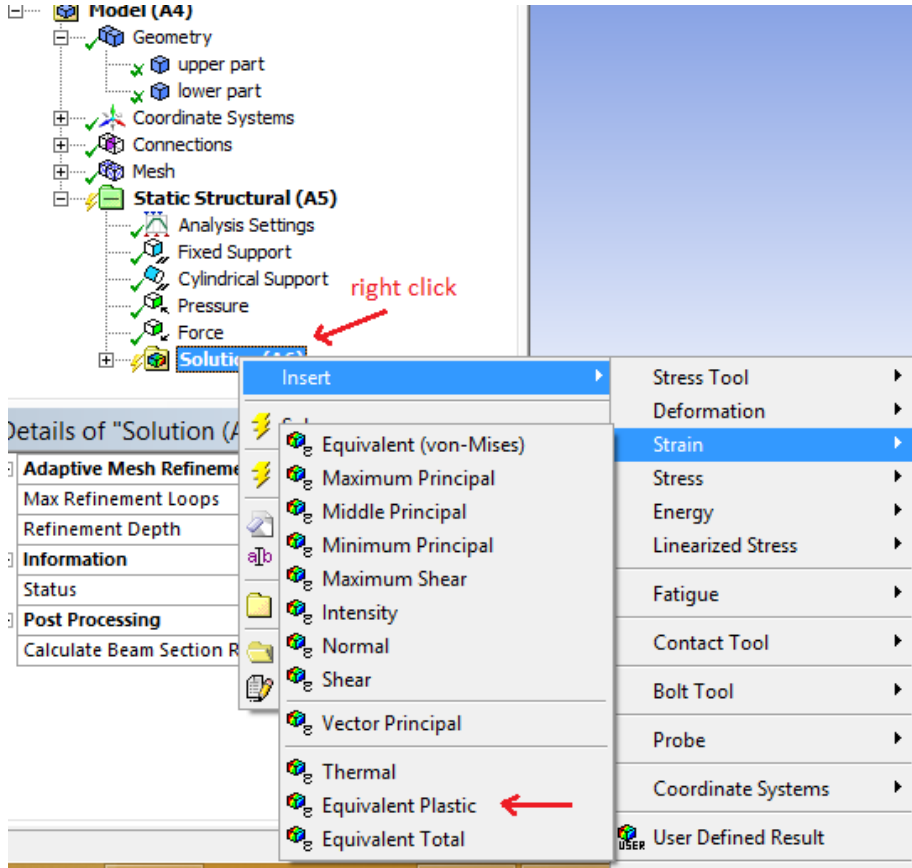
(syf: 24-25)

2.13) Elemanlara Ayırma: Aynen Kullanılacak. İşlem Ağacından Mesh i kontrol ediniz. Eğer Elemanlara ayrılmamış ise “1-Elastik Statik Analiz” örneğindeki 94-129 adımlarını tekrar yapmalısınız.

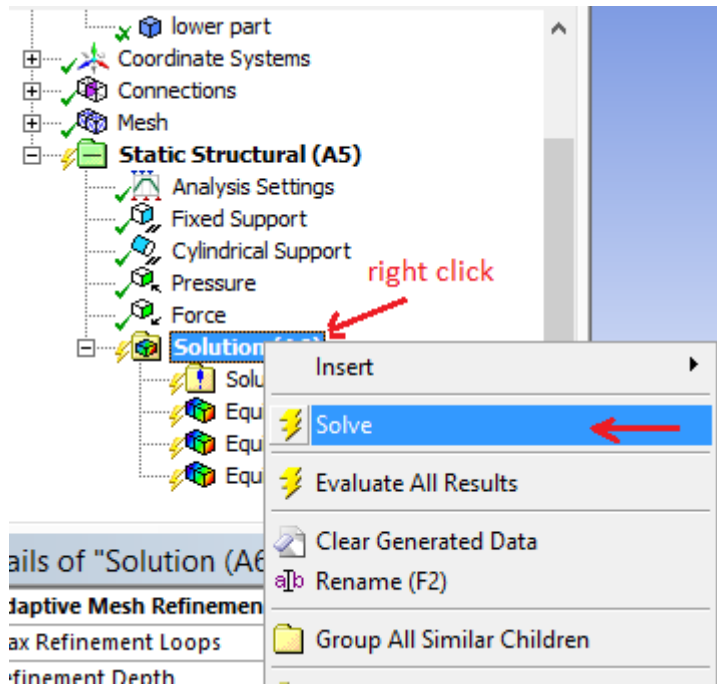
2.14) Görmek istediğimiz sonuçları atayalım.

Plastik deformasyona uğrayan kısımları görmek için “Eşdeğer Plastik Şekil Değiştirme” sonuçlarda mutlaka gözükmeli. Bunun için,

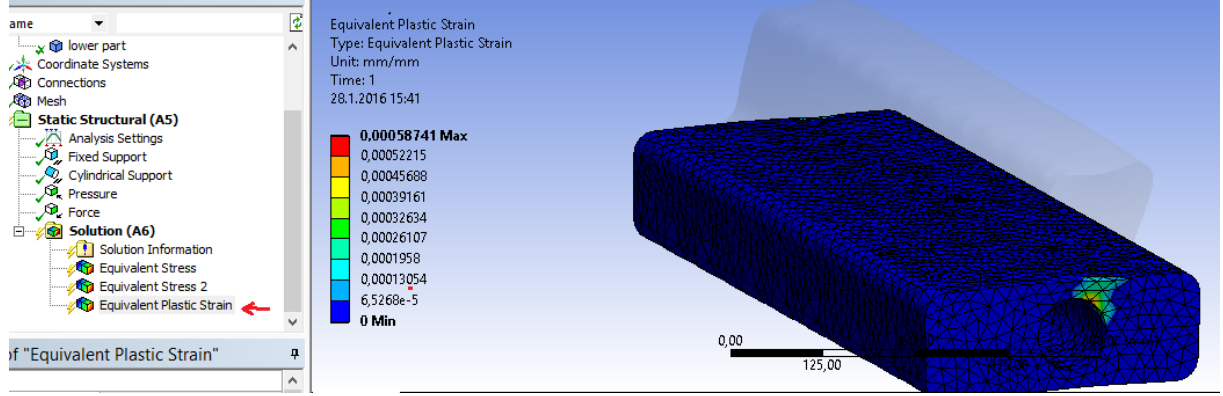
Solution (right click)>Insert>Strain> Equvilant Plastic Strain



Diğer sonuçları (Equvilant Stress, vb) benzer şekilde atayalım.



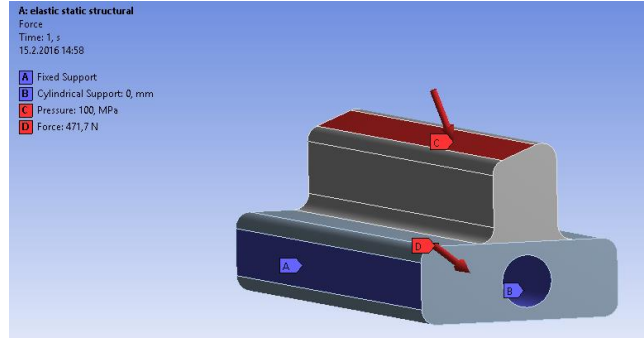
2.15) Sonuçları inceleyelim.



Bu sonuçlar 7. Maddede tanımlanan bilinear isotropic hardening malzeme karekteri için bulunmuştur. Diğer Sonuçları da inceleyiniz.

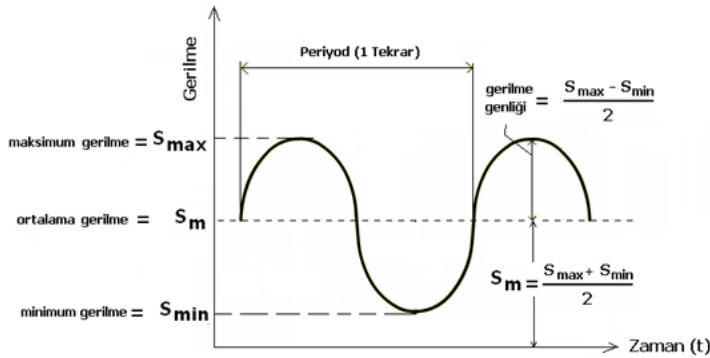
3. YORULMA (FATIGUE) ANALİZİ

1 nolu "Statik Yapısal, Elastik Gerilme Analizi" örneğindeki aynı model, aynı sınır şartları ve aynı yükler üzerinden yorulma analizi ile ömür tayini yapacağız. Yükler -F ile + F arasında tekrar edecek.



Yorulma ile ilgili Özet Bilgi:

- Yorulma, Tekrarlı yükler altında malzemenin bir süre sonra hasara uğramasıdır.
- Yükler statik uygulansaydı akma sınırı aşılmadığı sürece malzeme plastik deformasyona uğramaz ve kopma olmaz. Ancak periyodik olarak tekrar ederse akma sınırı aşılmaya dahi, belli bir süre sonra hasar oluşur. Tıpkı kaldırdığımız bir kutuyu tekrar tekrar kaldırdığımızda, bir süre sonra yorulup kaldıramadığımız gibi, malzemelerde de tekrarlı yüklerle karşı bu tip bir özellik vardır.
- Yorulma olmaması için bir malzemenin minimum 10^6 tekrara kadar bu yükü taşıması gerekir.
- Malzeme özelliği olarak ilaveten yorulma karakteristik eğrisi (S-N diyagramı) tanımlanmalıdır. Bu eğrinin anlamını iyi kavranmalıdır.

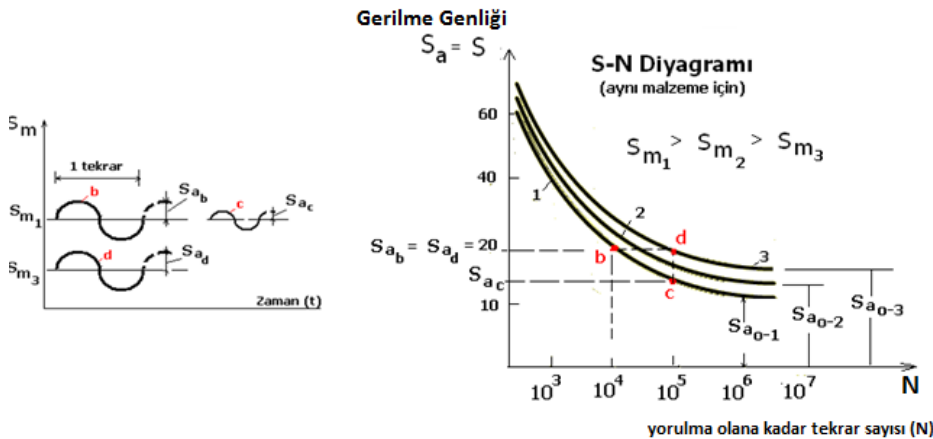


Şu noktaları yandaki diyagramdan anlamaya çalışınız.

- 1- Aynı ortalama gerilme (S_m) değeri için gerilme genliği S_a artarsa malzeme yorulması daha az tekrar sayısında gerçekleşir.
- 2- Aynı S_a değeri için S_m azalırsa malzeme daha fazla tekrar sayısında yorulur.

Bir noktadaki tekrarlı yüklemeye gerilme-zaman değişimi

Şimdi yukarıdaki yorumları alttaki diyagramlardan tekrar anlamaya çalışınız. S-N diyagramının ne anlama geldiğini iyice kavramalısınız. Soldaki diyagramı inceleyerek b, c ve d noktalarını yorumlayınız.

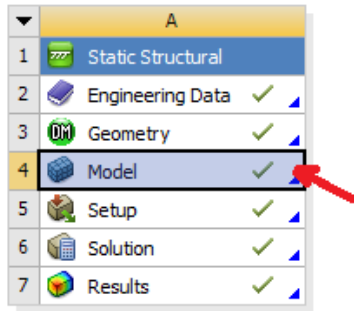


Sonsuz Ömür Kavramı: S - N eğrisi 10^6 çevrimden sonra genellikle yatay eksene (apsis) asimptotik bir durum gösterir, yani bu tekrar sayısından eğrinin yatay eksene paralel olduğu kabul edilebilir. Bu ise sonsuz ömür anlamına gelmektedir.

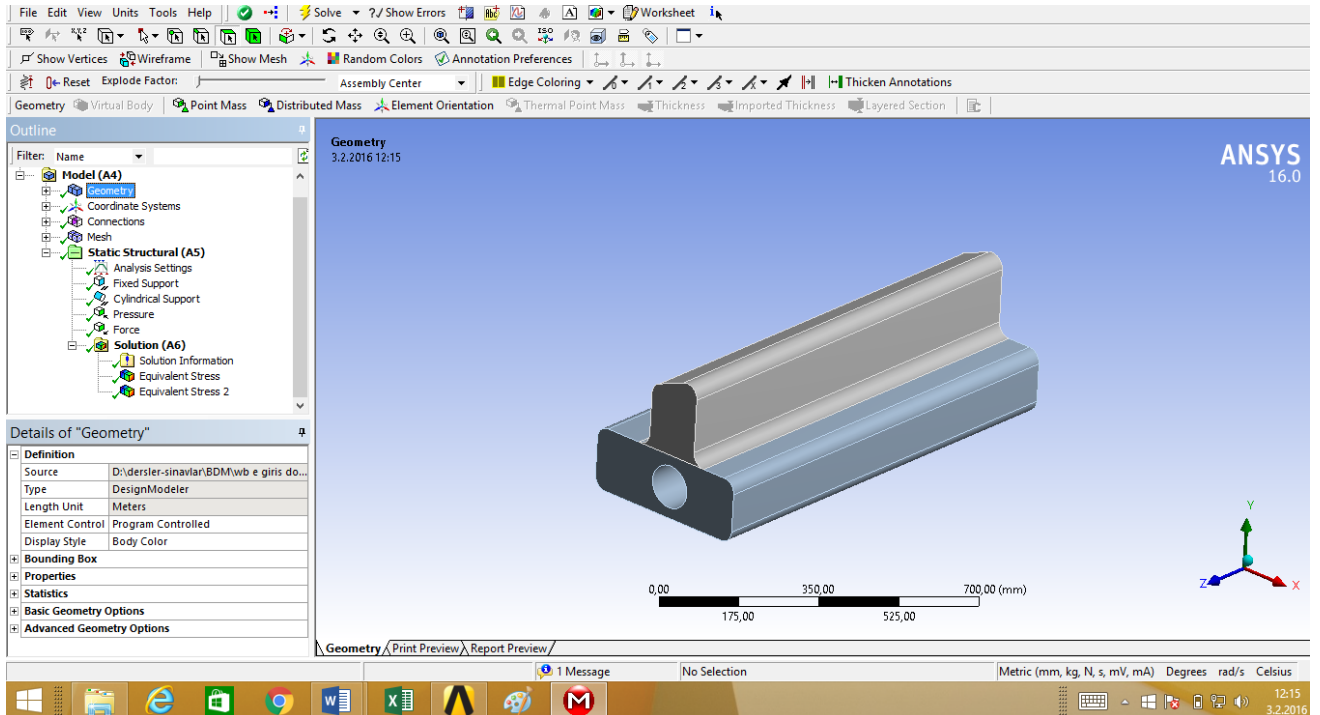
3.1 Yorulma Analizinin sonuçlarını görebilmek için öncelikle **statik yapısal analizin tamamlanmış** olması gerekir. Aşağıdaki şıklardan birisini tercih edin.

- a-) veya Eğer şu an elasto-plastik analiz adımlarını da bitirmiş iseniz, Alt Parçaya Aluminum Alloy u tekrar atayınız (1.örnekteki 183-184. Adımlar) ve tekrar çözüm yaptırınız . Böylece Elastik Statik Analizi tekrar elde edeceksiniz.
- b-) veya Daha önce kaydettiğiniz “elastik statik_analiz.wbpj” proje dosyasını açınız veya sıkıştırılmış halini [buradan](#) indiriniz ve açınız.
- c-) bunların hiçbirisini yapamıyorsanız 1 nolu “Elastik Yapısal, Statik Gerilme Analizi örneğindeki” 1-202 adımlarını yapınız.

3.2



Ekran Görüntüsü



Statik analiz tamamlandı. Şimdi Yorulma Analize geçebiliriz.

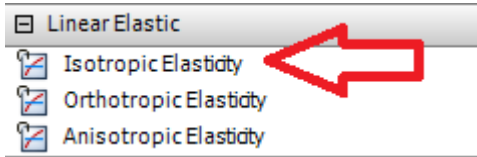
3.3 Öncelikle Yorulma analizi için yeni bir malzeme tanımlayalım. Bundan maksat analizde gerekli malzeme özelliklerini görmenizi sağlamaktır.



Engineering Data> Boş hücreyi tıklayınız. Yeni malzemeye new material for fatigue ismi verebiliriz.

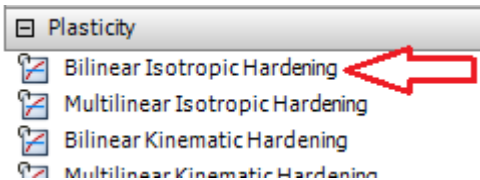
Outline of Schematic A2: Engineering Data				
	A	B	C	D
1	Contents of Engineering Data		source	Description
2	Material			
3	Aluminum Alloy	<input type="checkbox"/>		General aluminum alloy. Fatigue properties come from MIL-HDBK-5H, page 3-277.
4	new material-1	<input type="checkbox"/>		
5	new material for fatigue	<input type="checkbox"/>	write	
*	Click here to add a new material			

a-) Elastik Özellikler

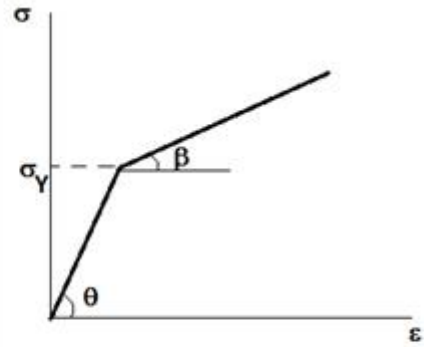


Properties of Outline Row 5: new material for fatigue					
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Isotropic Elasticity				
3	Derive from	Young's Modu...			
4	Young's Modulus	90000	MPa		
5	Poisson's Ratio	0,3			
6	Bulk Modulus	$7.5E+10$	Pa		

b-) Plastik Bölge : Plastik Bölgeyi de tanımlamakta fayda var. Zira gerilmeler akma sınırı aşabilir. Aşmazda zaten elastik çözümle aynı olur. Plastik bölge tanımlanmamış olduğu halde akma sınırı aşırsa sonuçlar yanlış olur.



Properties of Outline Row 3: elasto-plastic material				
	A	B	C	D E
1	Property	Value	Unit	
6	Isotropic Elasticity			
7	Derive from	Young's...		
8	Young's Modulus = $tg\theta$	90000	MPa	
9	Poisson's Ratio	0,3		
10	Bulk Modulus	7,5E+10	Pa	
11	Shear Modulus	3,4615E+10	Pa	
12	Field Variables			
13	Temperature	Yes		
14	Shear Angle	No		
15	Degradation Factor	No		
16	Bilinear Isotropic Hardening			
17	Yield Strength = σ_y	150	MPa	
18	Tangent Modulus = $tg\beta$	30000	MPa	
19	Alternating Stress R-Ratio	Tabular		



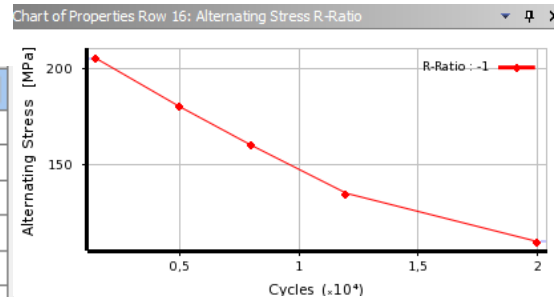
c-) Yorulma Eğrisi (S-N diyagramı) nın tanımlanması

S-N diyagramı: "Gerilme Genliği (Alternating Stress) – Hasar için Tekrar Sayısı" diyagramıdır.

Ortama Gerilme (Mean Stress - S_m) e göre S-N diyagramı değişir. (Yukarıda bilgi verilmiş idi.)

Alternating Stress R-Ratio		Tabular
Interpolation	Linear	

1	R-Ratio	1	Cycles	Alternating Stress (MPa)
2	-1	2	1500	205
*		3	5000	180
		4	8000	160
		5	12000	135
		6	20000	110



Bu Tablonun anlamı:

R-Ratio : Dış Yükün Değişim oranı.

R-Ratio = -1 ise dış yük "-F ile + F arası" değişiyor ;

(R-Ratio = -2 olsaydı -2F ile +2F arası değişecekti.)

(R-Ratio = 0 olsaydı 0 ile F arası değişecekti.)

Cycles (N) : Tekrar Sayısı,

Alternating Stress (S) : Bu tekrar Sayısına Dayanabileceği Gerilme Genliği,

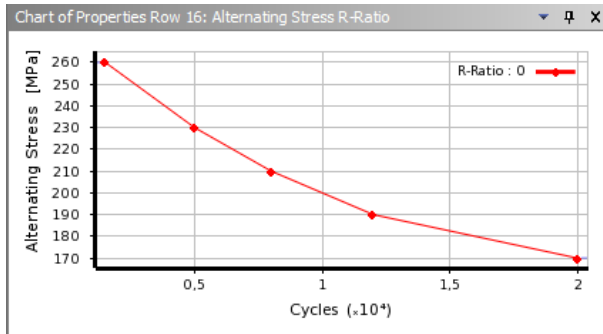
(Veya başka ifadeyle bu gerilme genliğinde, yorulma olana kadar ki tekrar sayısı)

R-Ratio = -1 ise bir noktada $\sigma_{max} = -\sigma_{min}$ ve $\sigma_m = 0$;

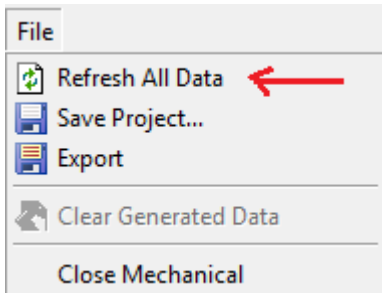
R-Ratio = 0 ise bir noktada $\sigma_{min} = 0$ ve $\sigma_m = \sigma_{max} / 2$, olduğunu görüyoruz.

R-Ratio = 0 için de S-N diyagramını giriniz:

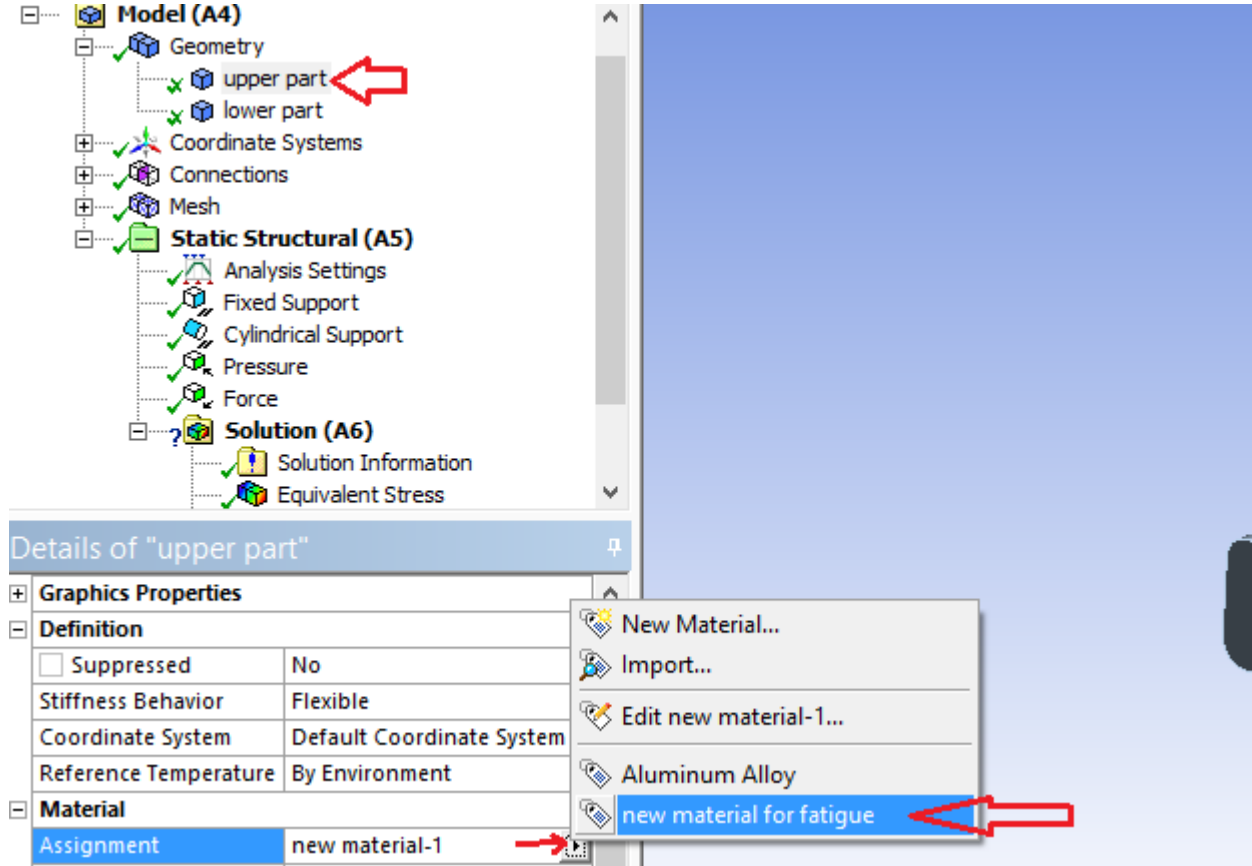
Table of Properties Row 16: Alternating Stress R-Ratio		
A	B	C
1 R-Ratio	1 Cycles	Alternating Stress (MPa)
2 -1	2 1500	260
3 0	3 5000	230
4 *	4 8000	210
	5 12000	190
	6 20000	170
	*	



3.4) Sistemi yenileyin ki, yeni girilen malzemeler algılanmış olsun.



3.5 Üst parçaya Malzeme ataması



3.6 Dış Yükler : Mevcut dış yükleri aynen kullanacağız.

İşlem ağacından bu yükleri (force ve pressure) bir kere kontrol ediniz. Eğer yoksa "1. Statik Yapısal, Elastik Gerilme Analizi" örneğindeki 141-158 adımlarını tekrar uygulayınız.

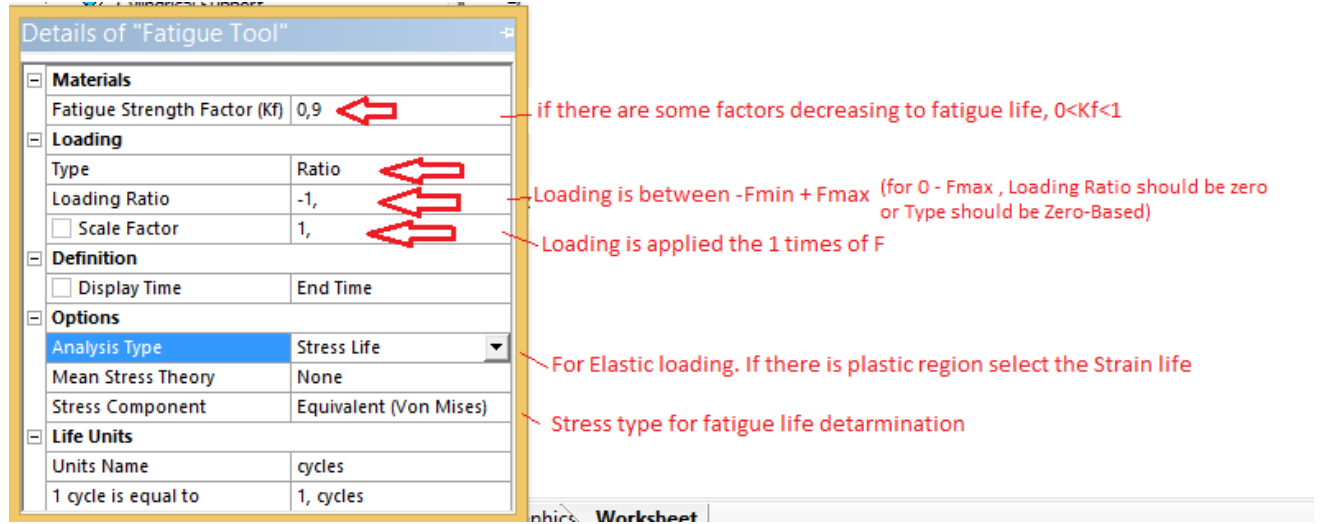
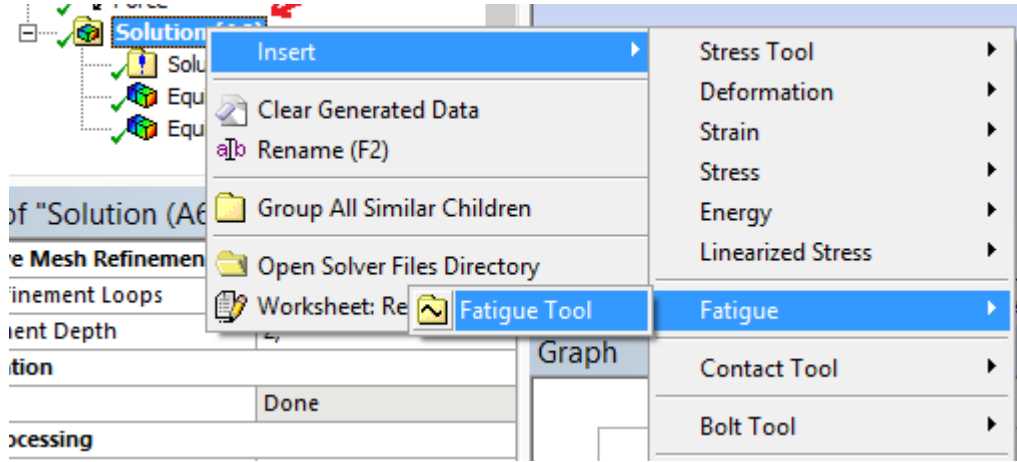
3.7. Sınır Şartları: Aynen kullanılacak.

İşlem Ağacından Fixed Support ve Cylindrical Support u kontrol ediniz. Eğer yoksa "1.Statik Yapısal, Elastik Gerilme Analizi" ndeki 130-140 adımlarını tekrar yapınız.

3.8. Elemanlara Ayırma: Aynen Kullanılacak.

İşlem Ağacından Mesh i kontrol ediniz. Eğer Elemanlara ayrılmamış ise "1.Statik Yapısal, Elastik Analiz" örneğindeki 94-129 adımlarını tekrar yapmalısınız.

3.9. Yorulma analizi için "Fatigue Tool" tanımlanmalı



Loading Ratio: -1 anlamı: Statik yükler (Force, Pressure) bir negatif bir pozitif olarak tekrar edecek

$$- F_{min} + F_{max} ; -p_{min} + p_{max}$$

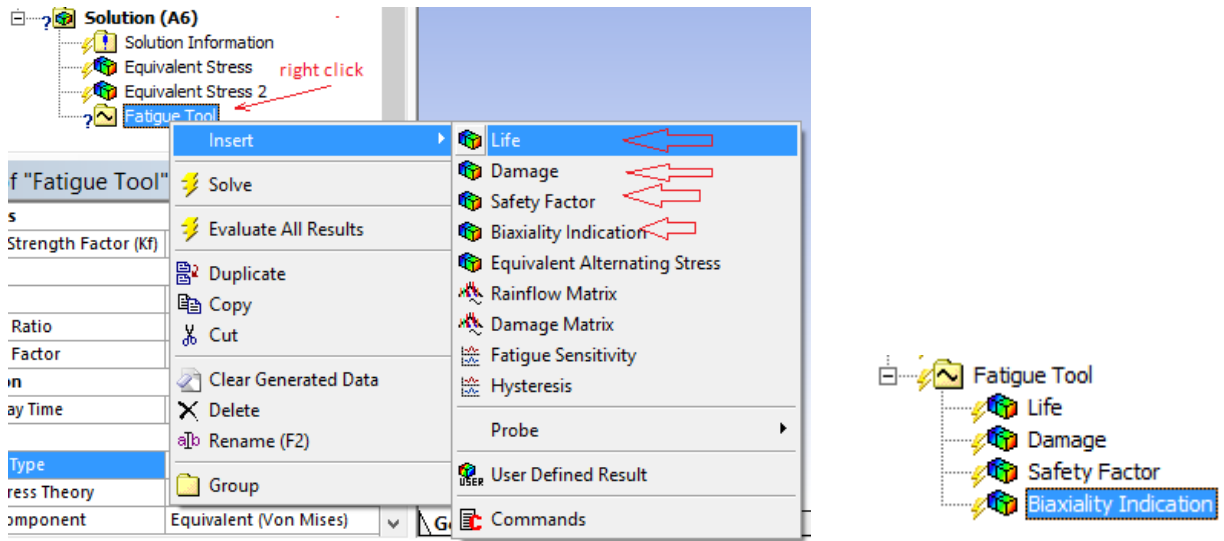
Fatigue Strength Factor (Kf): Çentik etkisi, sıcaklık vb. gibi faktörler yorulma ömrünü azaltır. Bu durumda yorulma mukavemetindeki düşüş bir katsayısı (Kf) ile ifade edilir. $0 < K_f < 1$

Scale Factor: Uygulanan yükün kaç katı uygulanacağını gösteren katsayıdır.

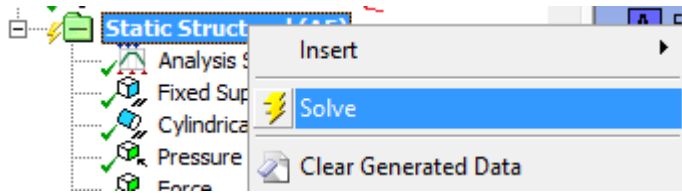
Analysis Type: Elastic yüklemelerde Stress life, plastik bölgeye geçilirse Strain life seçilir.

Stress Component: Ömür hesabında kriter alınacak gerilmedir. Sünek malzemeler için Von-Mises, Maksimum Kayma Gerilmesi (Max. Shear Stress); Gevrek malzemeler için Maksimum asal gerilme veya Columb kriteri tercih edilir.

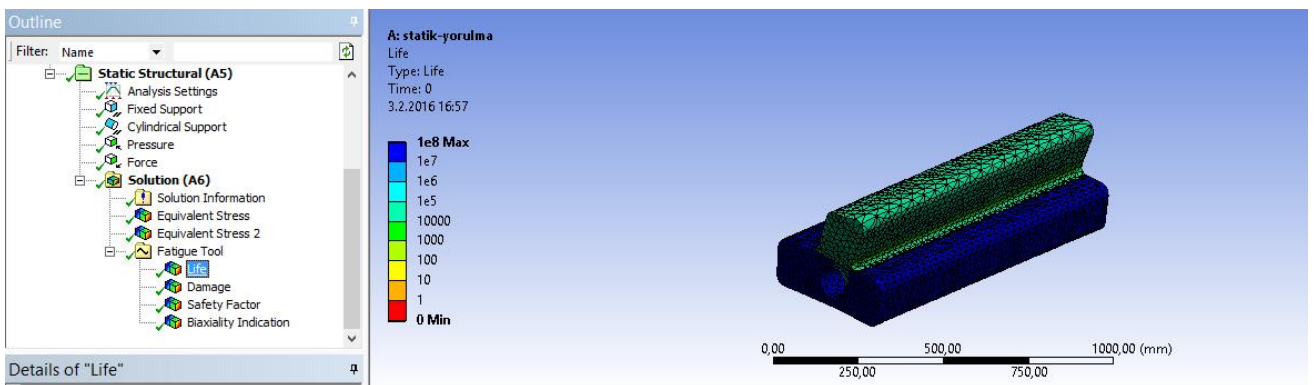
3.10 Yorulma Analizi Sonuçlarını atayalım.



3.11. Çözüm yaptırın. Şimdi Statik Analizi tekrar çözünüz. Yorulma Sonuçları da ortaya çıkacaktır.

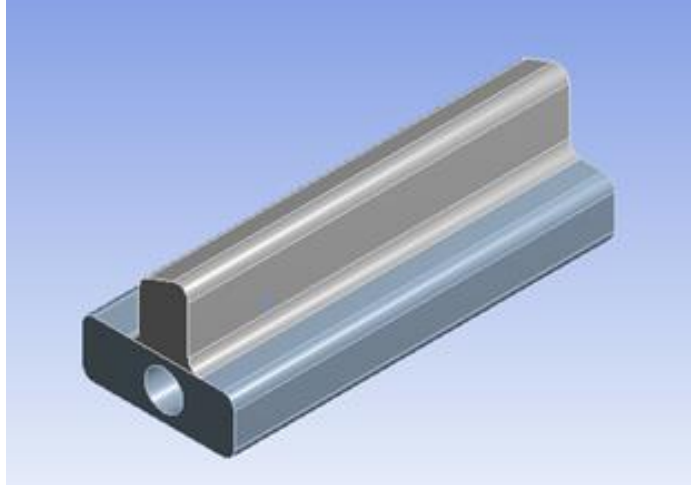


3.12. Sonuçları inceleyiniz.



3.13. Projeyi kaydedin.. File>Save As> statik + yorulma

4. KARARLI REJİM (STEADY-STATE) ISIL YAPISAL ANALİZ



1 nolu Statik Yapısal, Elastik Gerilme Analizi örneğindeki, aynı model üzerinde kararlı rejim durumu incelenecektir. Delikten 250 C lik sabit sıcaklıkta bir akışkan geçmesi durumunda parçalardaki sıcaklık dağılımları ve Gerilme dağılımları incelenecektir. Yeni malzemeler ve yeni sınır şartları tanımlanacaktır.

Kararlı Rejim (Steady-State) durumu nedir?

İncelenen sistemdeki her bir noktanın sıcaklığı birbirinden farklı olsa da sıcaklıklarda zamanla değişim yoktur. Sistem kararlı durumunu zaman içerisinde korur.

Şimdi aşağıdaki adımları sırayla takip ediniz.

4.1 Katı Modelin Kurulması :

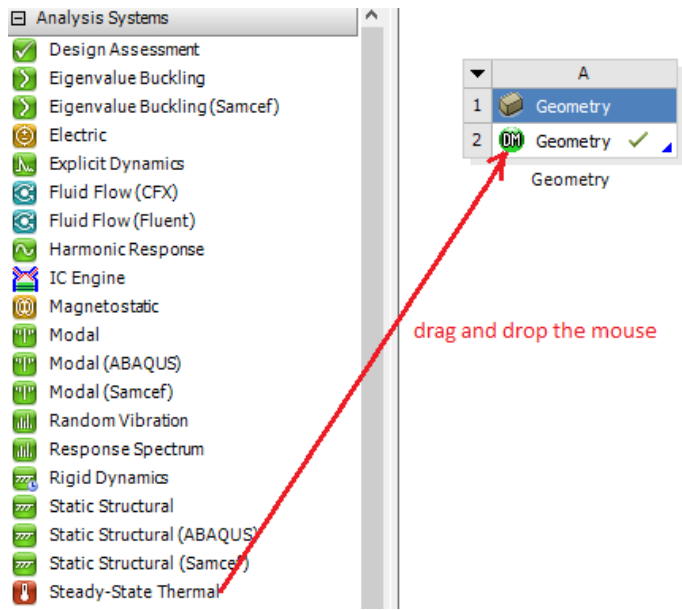
Aşağıdakilerden birisini tercih edini:.

- a- Eğer yorulma analizinden devam ediyor iseniz, alttaki segmeyi tıklayınız

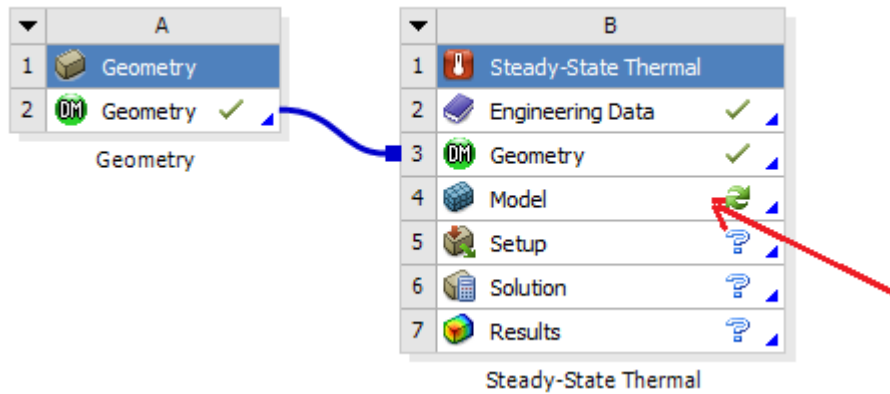


- b- Veya 1 nolu örnek için başta kaydettiğiniz extrude dosyasını bilgisayarınıza indirerek açınız.
 c- Veya [Extrude.rar](#) dosyasını indirip açınız
 d- Hiçbirini yapamıyorsanız ve model elinizde yoksa en baştaki 1.örnekte Elastik Statik analizin 1-101 adımlarını yapmalısınız.

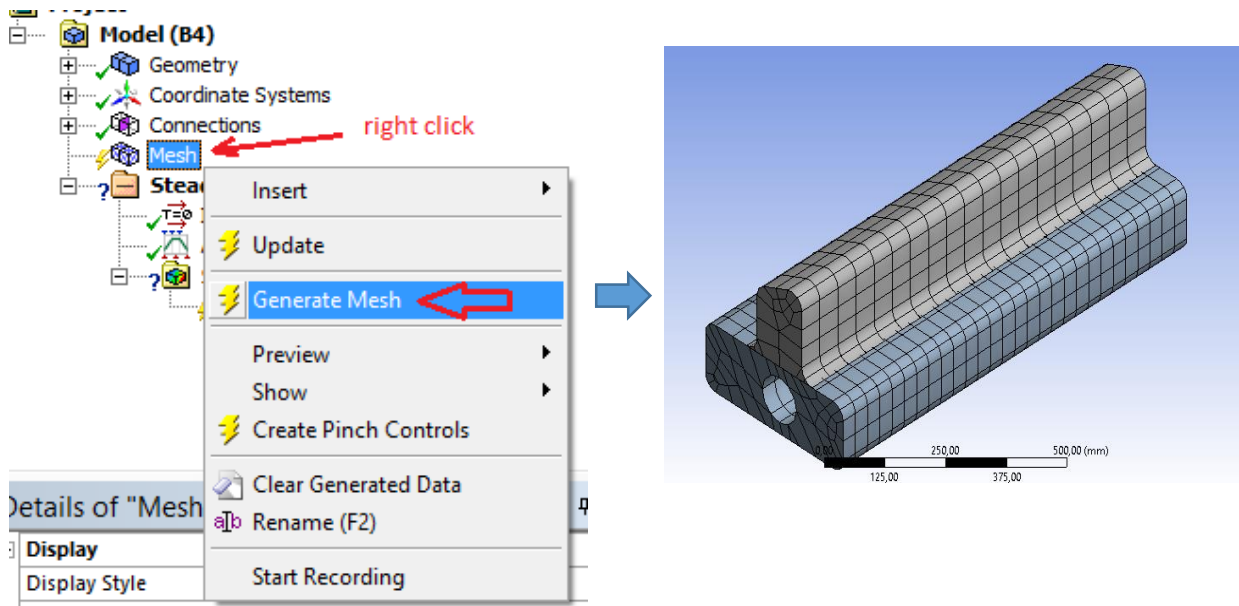
4.2 Analiz Tipini sağ tuşla tutup, Geometri Üzerine Sürükleyip Bırakın



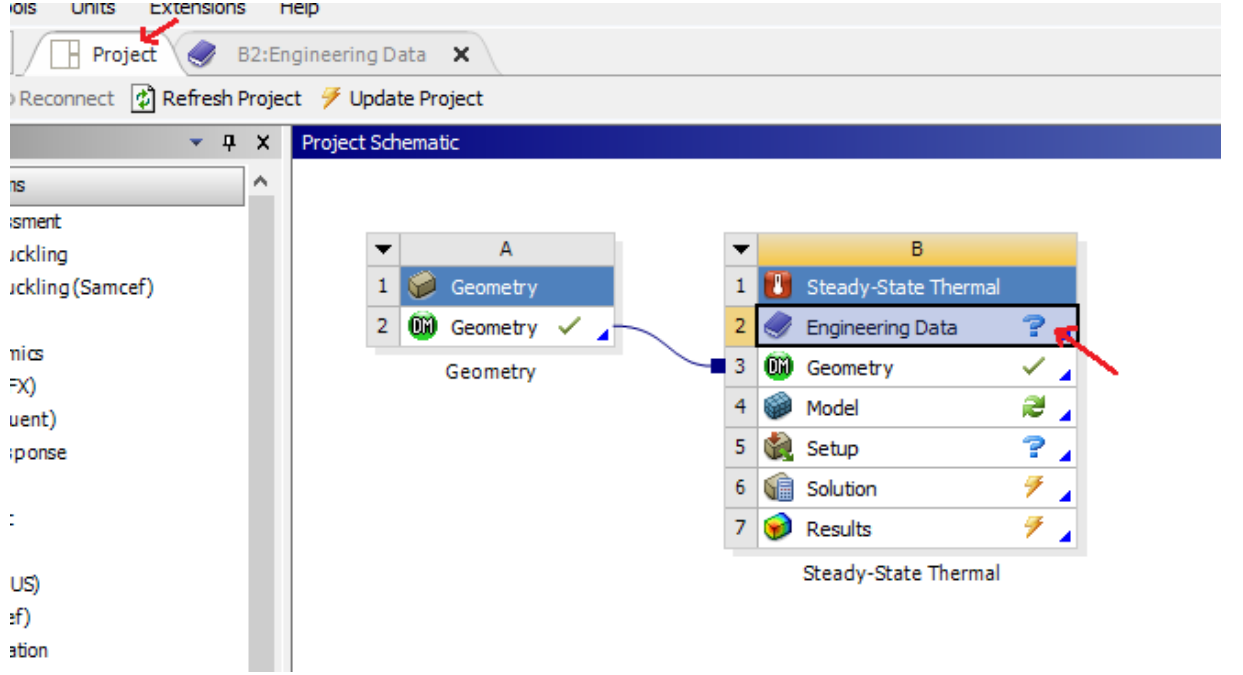
4.3 "Model" i tıklayın



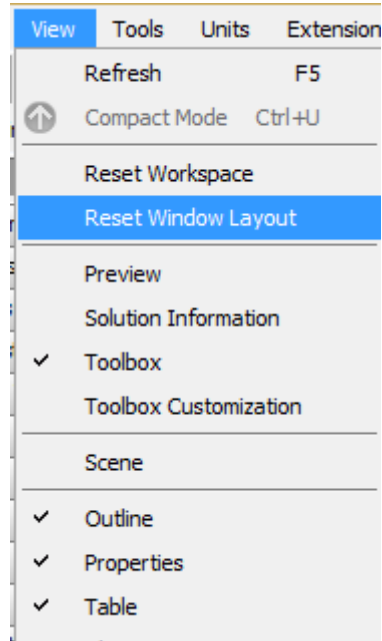
4.4 Meshing



4.5) Malzeme Özelliklerinin girilmesi: Tekrar girmemizin sebebi bu analiz için gerekli özellikleri görmektir.



4.5.1 Görünümü düzeltin



4.5.2 yeni malzeme girin. Altteki ismi tanımlayın

Outline of Schematic B2: Engineering Data				
	A	B	C	D
1	Contents of Engineering Data		source	Description
2	Material			
3	Structural Steel			Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1
4	new material for steady-state thermal			
*	Click here to add a new material			

4.5.3 elastik özellikler

Linear Elastic	
<input checked="" type="checkbox"/>	Isotropic Elasticity
<input checked="" type="checkbox"/>	Orthotropic Elasticity
<input checked="" type="checkbox"/>	Anisotropic Elasticity

a-) Sıcaklığa Bağlı Değilse (biz b şikkını gireceğiz)

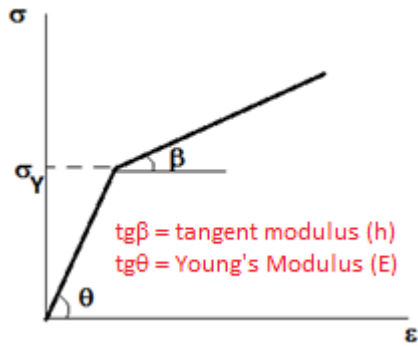
Property	Value	Unit
Isotropic Elasticity		
Derive from	Young's Modu...	
Young's Modulus	60000	MPa
Poisson's Ratio	0,25	
...

b-) Sıcaklığa Bağlı İse ki, bunu gireceğiz.

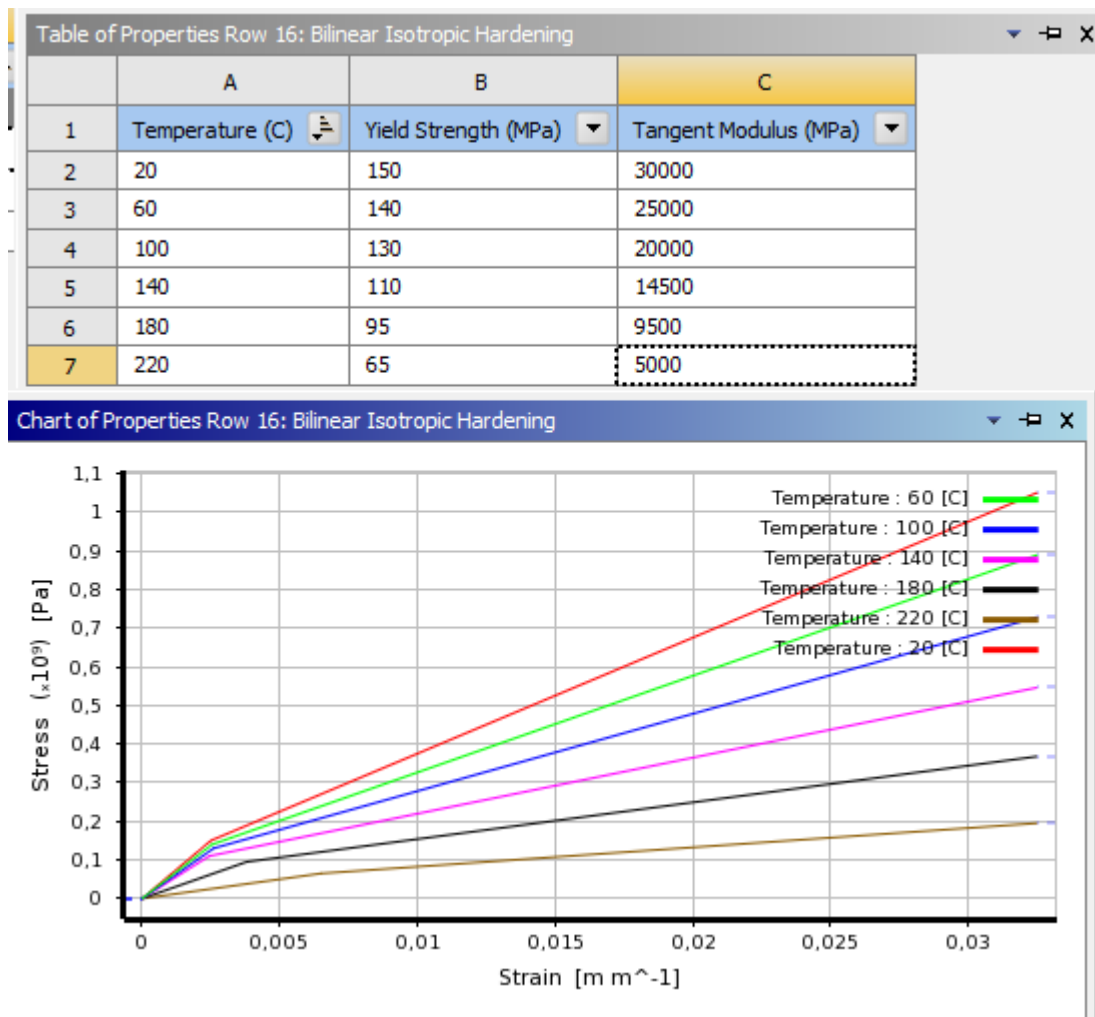
Table of Properties Row 2: Isotropic Elasticity			
	A	B	C
1	Temperature (C)	Young's Modulus (MPa)	Poisson's Ratio
2	20	60000	0,25
3	60	55000	0,26
4	100	50000	0,28
5	140	45000	0,31
6	180	25000	0,35
7	220	10000	0,38
*			

4.5.4 Plastik bölge özellikleri. Bilinear tanımlayalım.

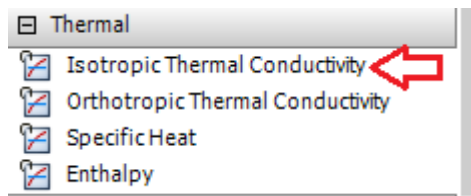
Plasticity	
<input checked="" type="checkbox"/>	Bilinear Isotropic Hardening
<input checked="" type="checkbox"/>	Multilinear Isotropic Hardening
<input checked="" type="checkbox"/>	Bilinear Kinematic Hardening
<input checked="" type="checkbox"/>	Multilinear Kinematic Hardening



Sıcaklığa bağlı gireceğiz.



4.5.5 Isı iletim katsayısı




a-) Sıcaklığa bağlı değilse..ki, Biz bunu seçeceğiz.


Properties of Outline Row 3: new material for steady-state thermal					
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	Shear Modulus Offset			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Field Variables			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Temperature	Yes <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Shear Angle	No <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Degradation Factor	No <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	Bilinear Isotropic Hardening	Tabular <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	Yield Strength: Scale	1		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	Yield Strength: Offset	0	MPa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	Tangent Modulus: Scale	1		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	Tangent Modulus: Offset	0	MPa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	Isotropic Thermal Conductivity	0,04	W mm ⁻¹ C ⁻¹	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

b-) Bilgi : Sıcaklığa bağlı olsaydı.. yine sağ üstten tablo oluşturacaktık

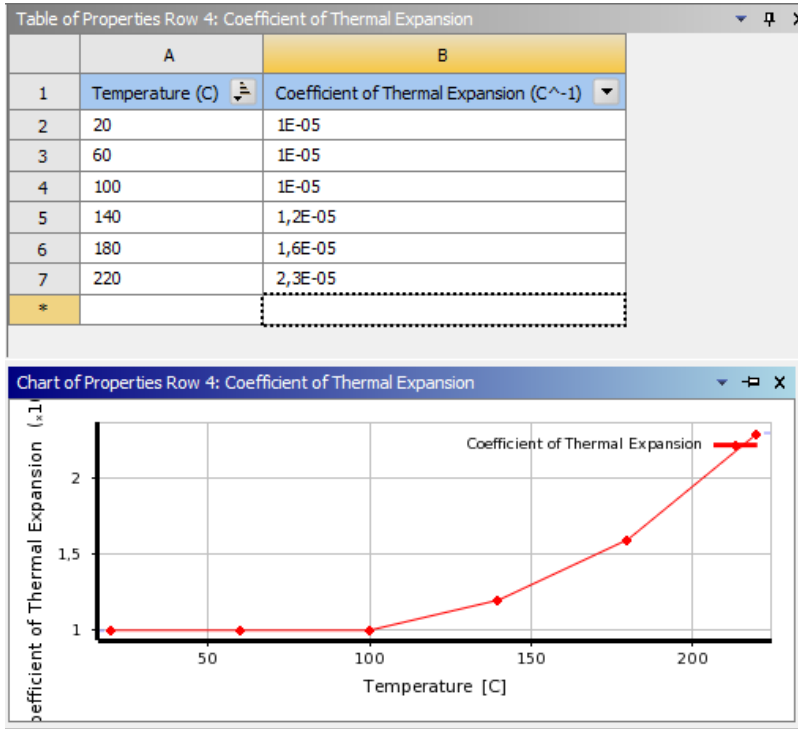
1	Temperature (C)	Thermal Conductivity (W mm ⁻¹ K ⁻¹)
2		0,04
*		

4.5.6 Isıl Genleşme Katsayısı

Physical Properties	
<input checked="" type="checkbox"/>	Density
<input checked="" type="checkbox"/>	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion 
<input checked="" type="checkbox"/>	Orthotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion
<input checked="" type="checkbox"/>	Isotropic Instantaneous Coefficient of Thermal Expansion
<input checked="" type="checkbox"/>	Orthotropic Instantaneous Coefficient of Thermal Expansion
<input checked="" type="checkbox"/>	Constant Damping Coefficient
<input checked="" type="checkbox"/>	Damping Factor (α)
<input checked="" type="checkbox"/>	Damping Factor (β)

<input checked="" type="checkbox"/>	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion
<input checked="" type="checkbox"/>	Coefficient of Thermal Expansion 

Sıcaklığa bağlı değişecek. Altteki tabloyu oluşturun.



4.5.7) Reference temperature girin. Reference temperature, sıcaklıktan dolayı şekil değiştirmenin olmadığı sıcaklıktır. Oda sıcaklığında cisimde sıcaklık sebebiyle şekil değişikliği olmadığı düşünüldüğünden Referans Temperature oda sıcaklığı (22 °C) alınacaktır.

Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion		
Coefficient of Thermal Expansion	Tabula	
Reference Temperature	22	C

4.6 Üst Parçaya yeni Malzemeyi atayalım.

Project

- Model (B4)
 - Geometry
 - upper part
 - lower part
 - Coordinate Systems
 - Connections
 - Mesh
 - Steady-State Thermal (B5)
 - Initial Temperature
 - Analysis Settings
 - Convection
 - Solution (B6)
 - Solution Information

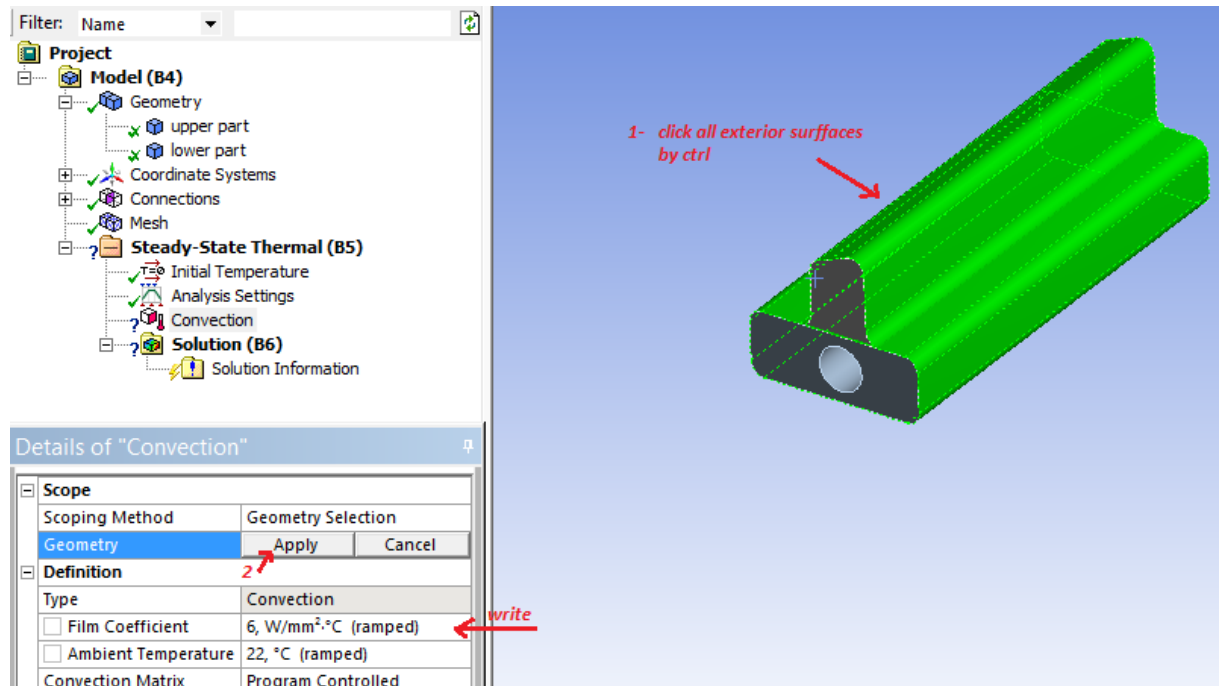
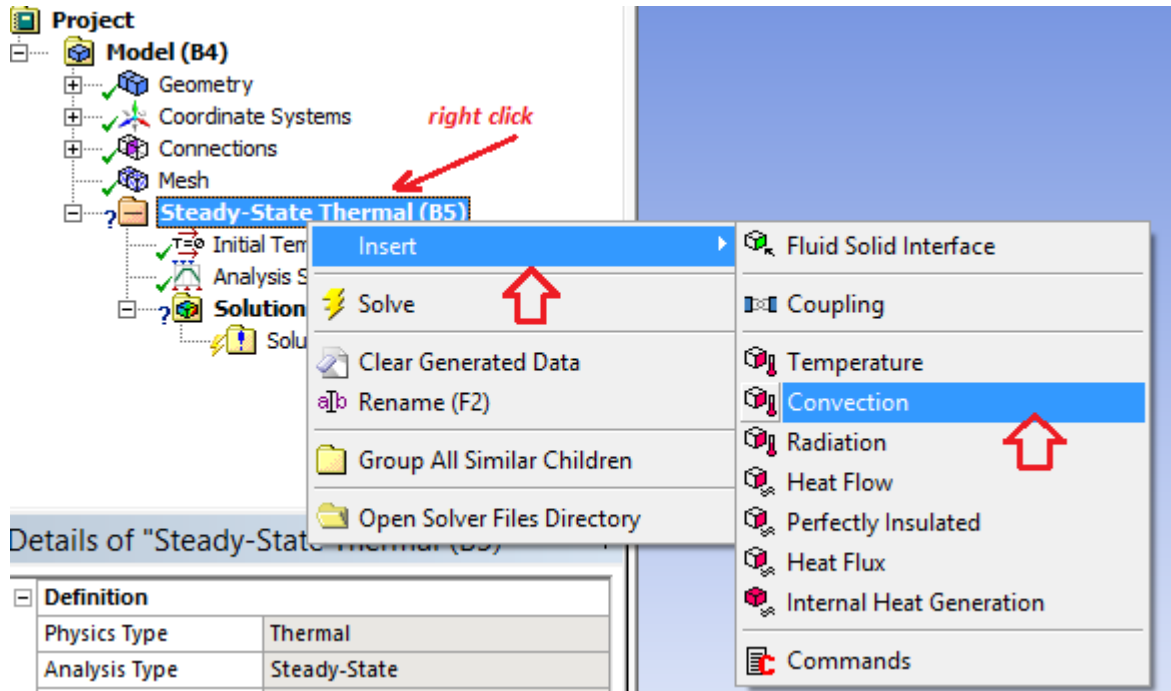
Details of "upper part"

Graphics Properties	
Definition	
Suppressed	No
Stiffness Behavior	Flexible
Coordinate System	Default Coordinate System
Reference Temperature	By Environment
Material	
Assignment	Structural Steel
Nonlinear Effects	Yes
Thermal Strain Effects	Yes
Bounding Box	

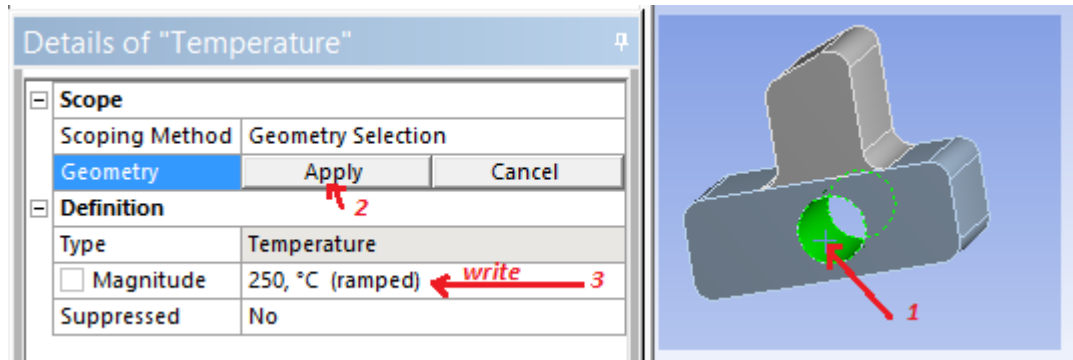
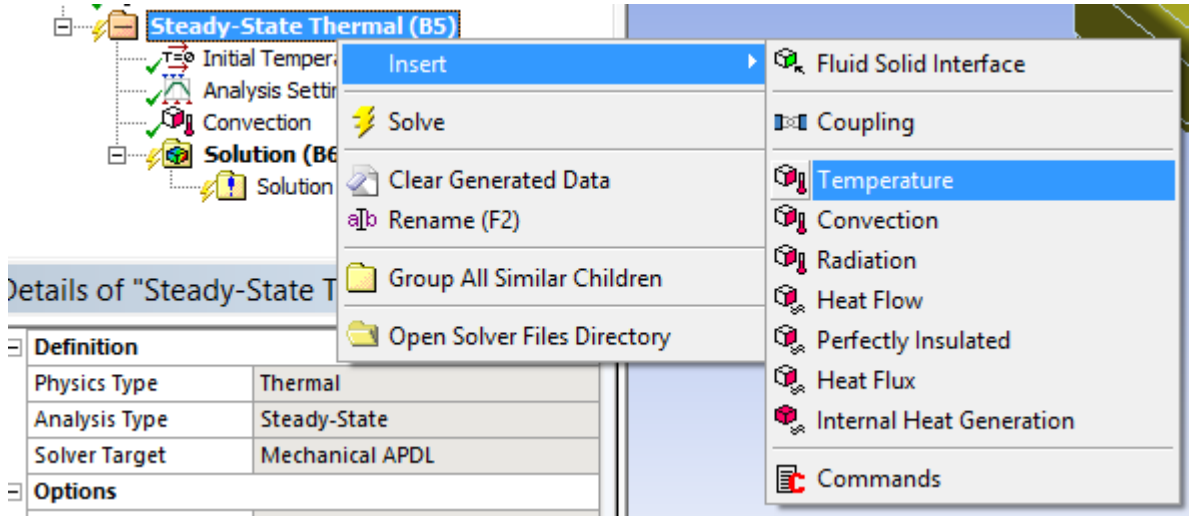
0,00 200,0

No Messages No Selectio

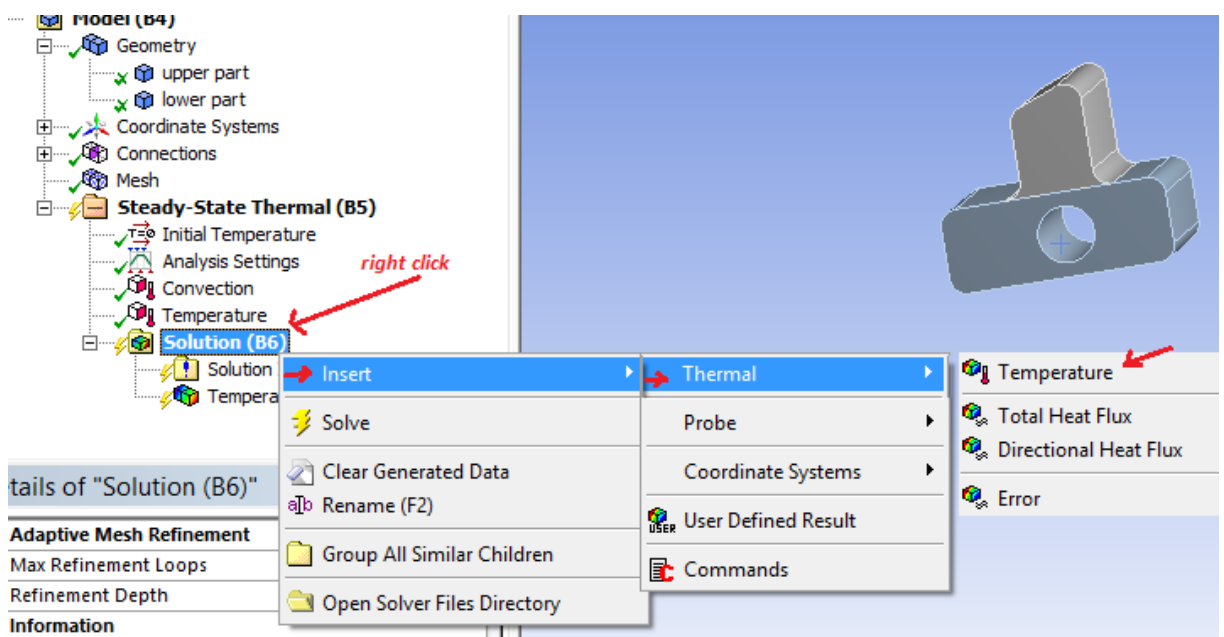
4.7 Dış yüzeylere taşınım katsayısı girelim.



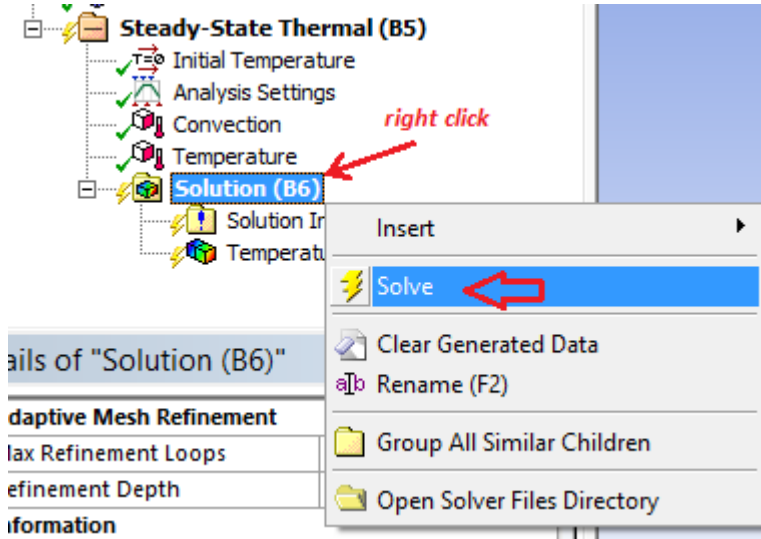
4.8 İç deliğe sabit 250 C sıcaklık değeri girelim. Sanki delikten 250 C de sabit sıcaklıkta bir akışkan geçiyor gibi düşünüyoruz.



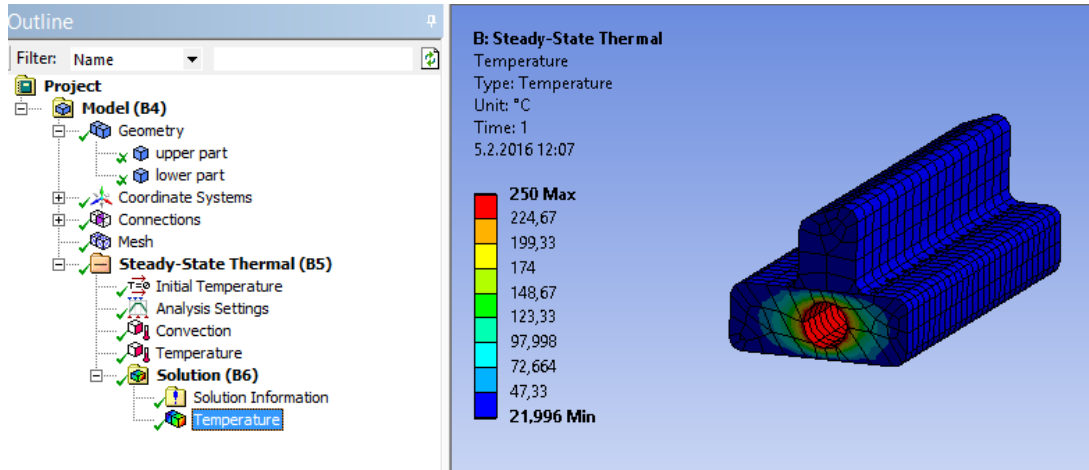
4.9 Çözüm sonunda görmek istediğiniz sonuçları atayın. Önce Sıcaklık dağılımını atayın



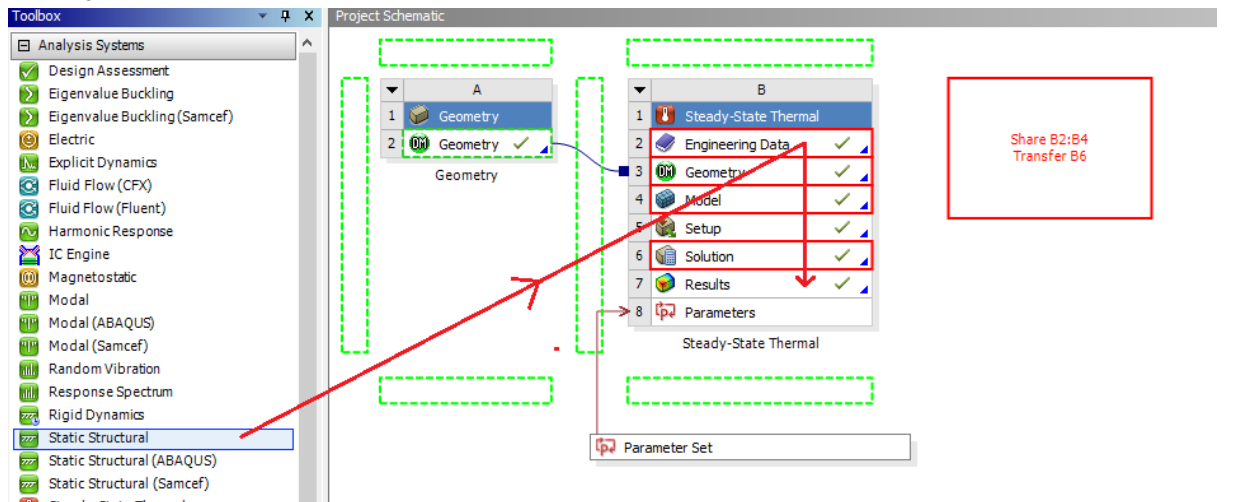
4.10) Çözümü yaptırın.



4.11) Sıcaklık Dağılımını inceleyin.

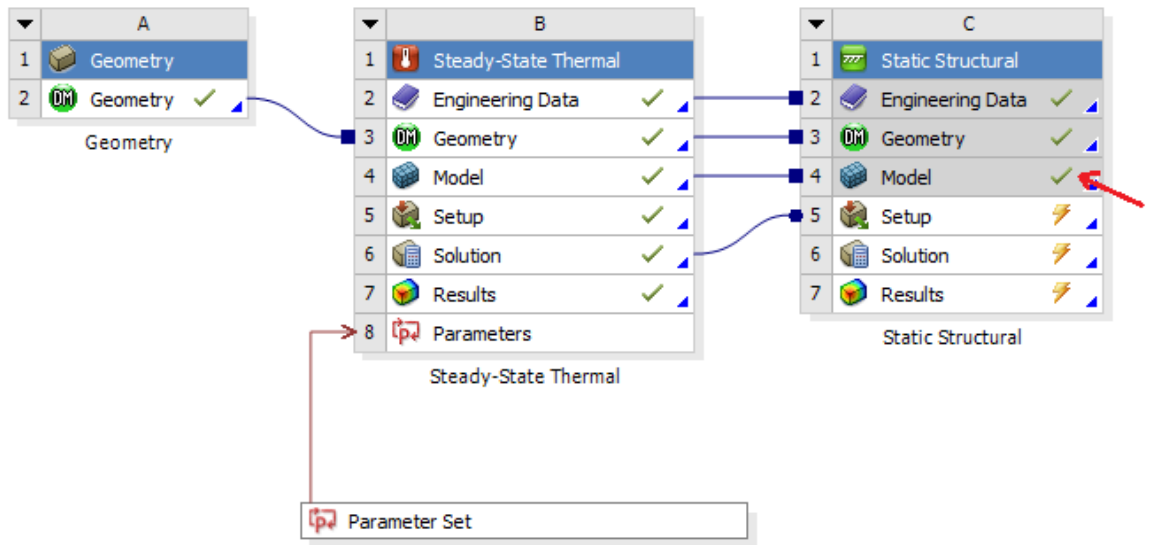


4.12) Gerilmeleri de Görebilmek için Isıl Analiz Üzerine Statik Analiz Yaptırmamız gerekiyor.



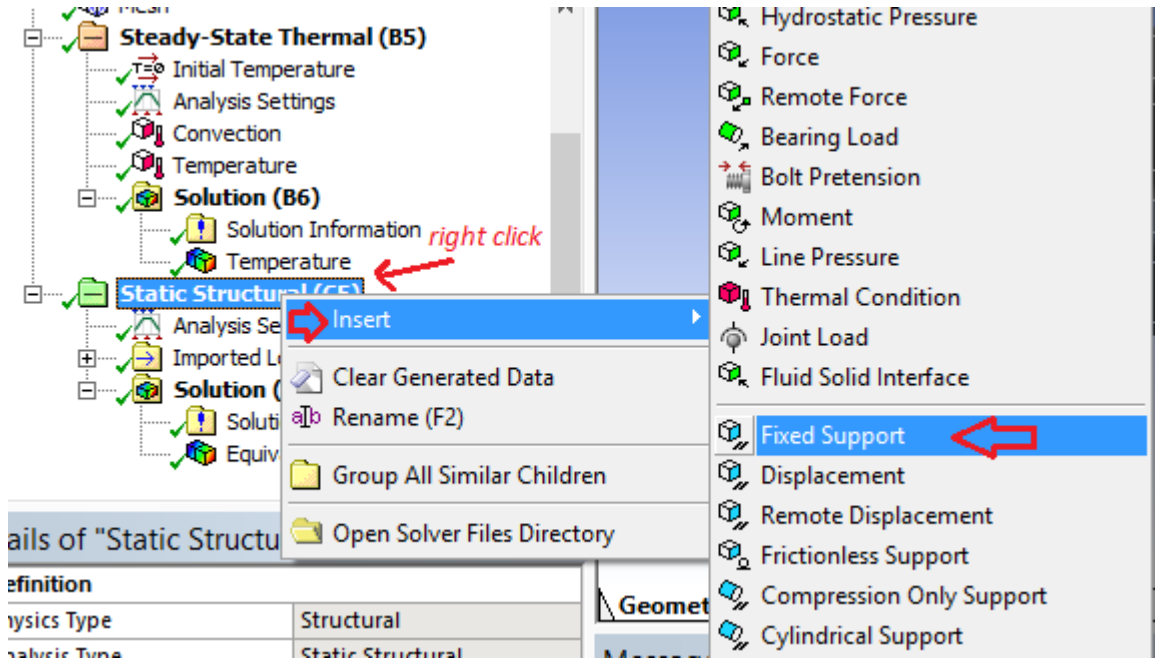
Mouse un sol tuşu basılı iken Static Structural üzerine basılı iken, Mouse u Engineering Data Üstüne Sürükleyin, Mouse u bırakmadan Geometri Model, Setup ve Results Üzerinde Sürükleyin, Kırmızı Çerçevesi gözüksün. Sonra Mouse u Bırakın.

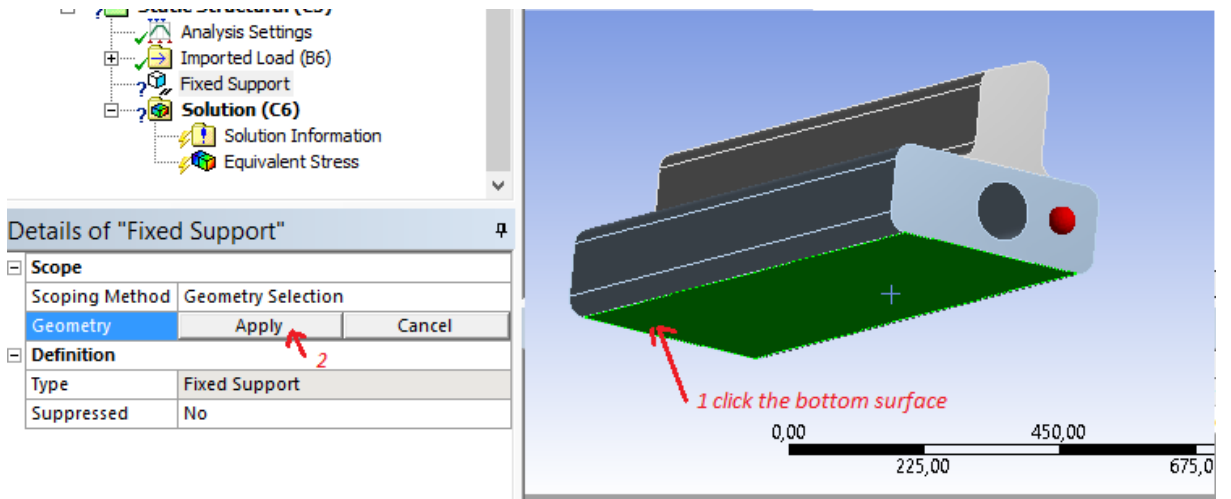
Altteki şekil elde edilmeli.. (Static Structrual menüsünde soru işareti olan bir modül olmamalı)
 Bu şekilde termal analizin sonuçlarıyla yapısal gerilme analizi yapılacaktır.



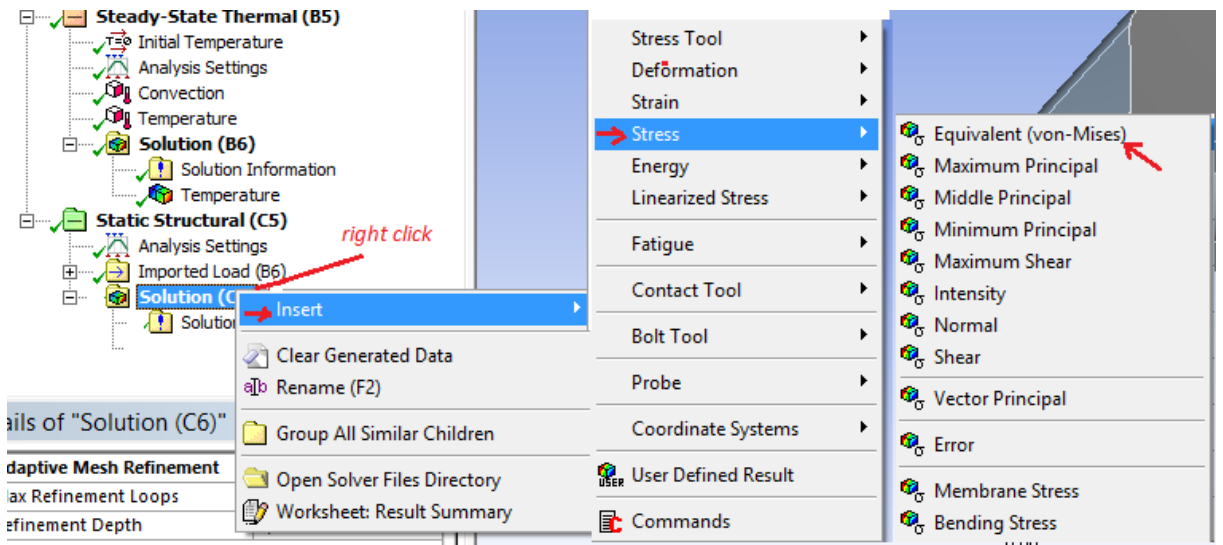
Şimdi Static Structural menüsünde “Model” butonunu tıklayıp Mechanical modülüne geçin

4.13 Sınır Şartları: Alt Yüzeyi Sabitleylim.

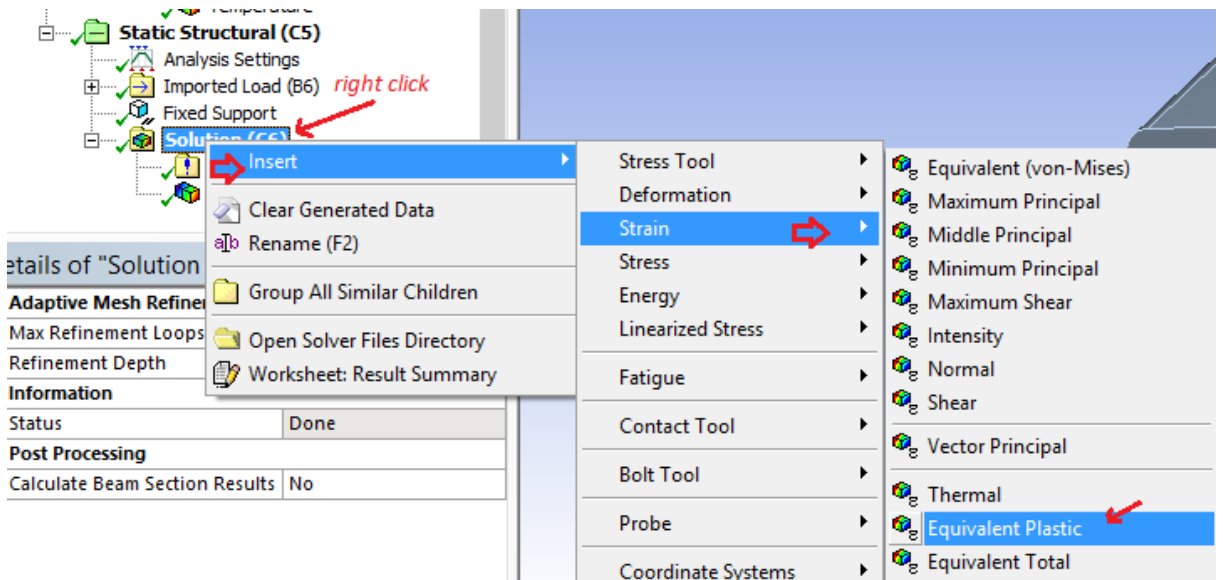




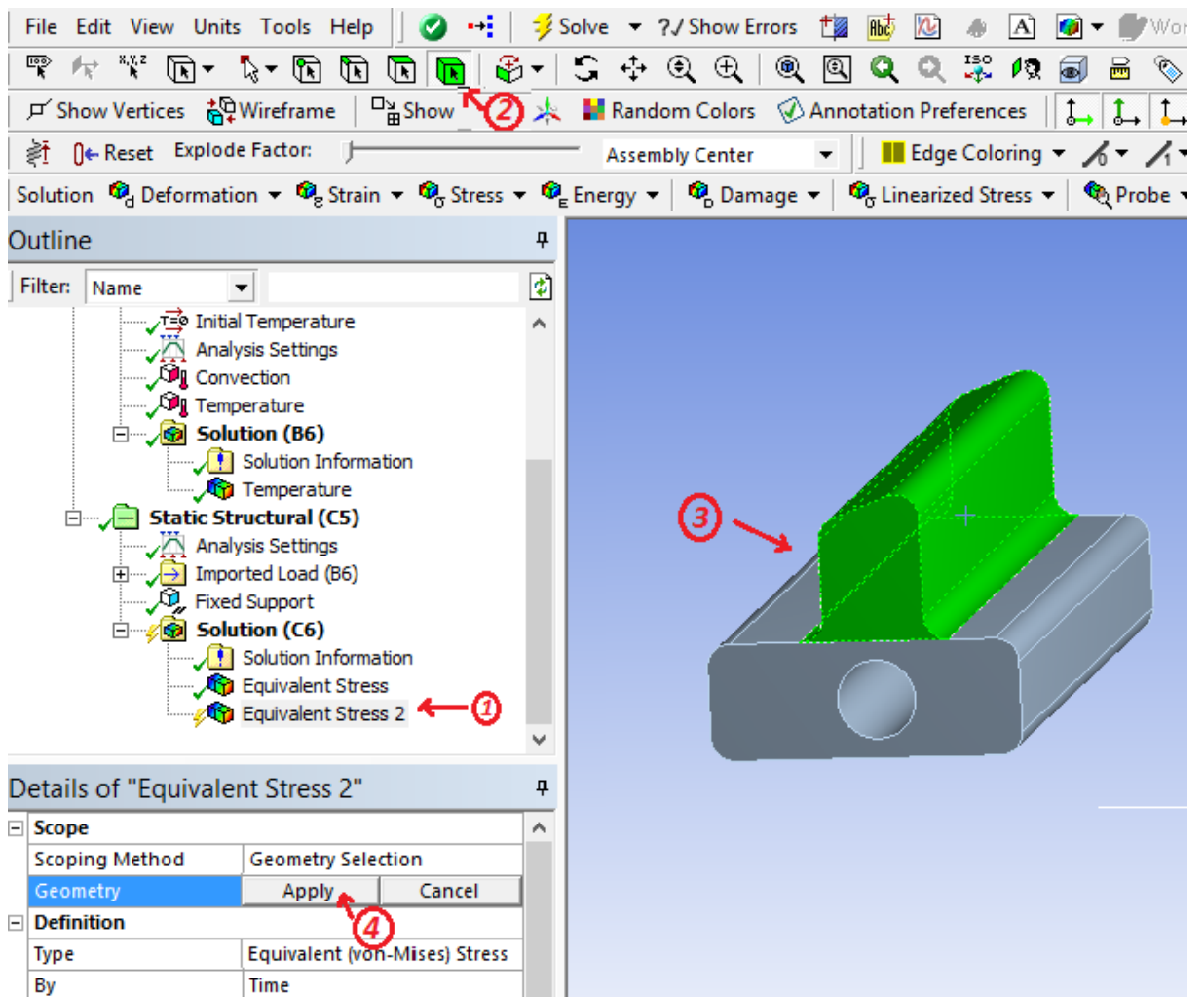
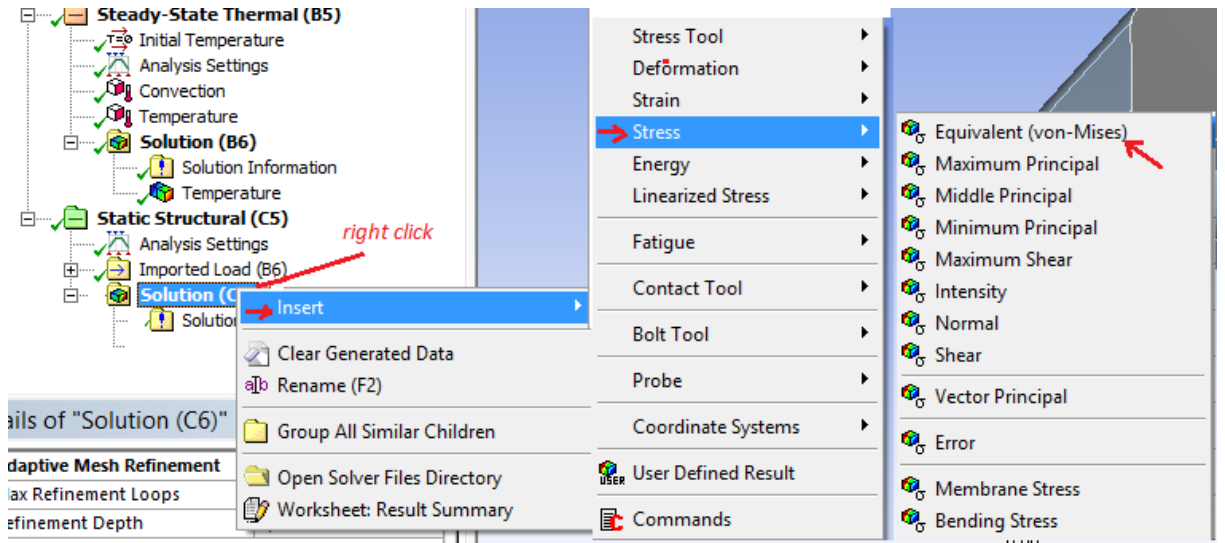
4.14 Görmek istediğimiz Sonuçlar: Örneğin a-) Von-Mises gerilmeleri



b-) Plastik şekil değiştiren kısımları görmek için "Eşdeğer Plastik Şekil Değiştirme" (Equivalent Plastic Strain) seçilir.

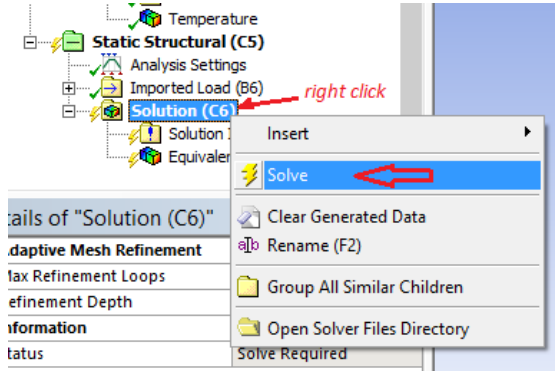


c-) Sadece Alt Parçadaki Von-Mises Gerilme Dağılımını görmek için;

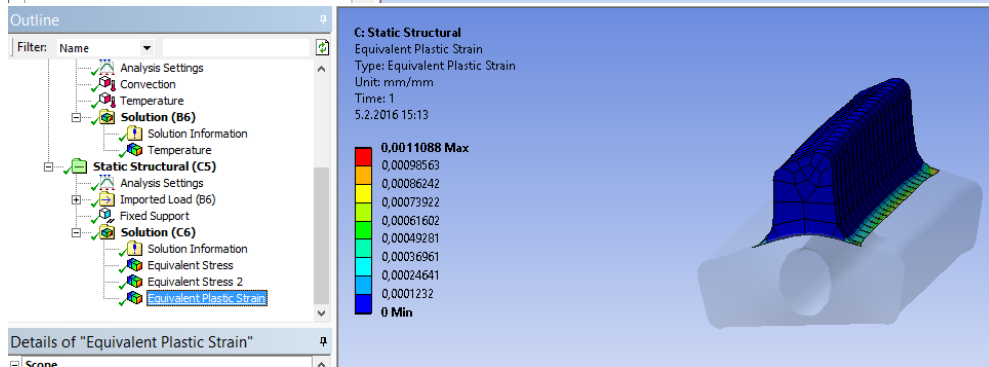
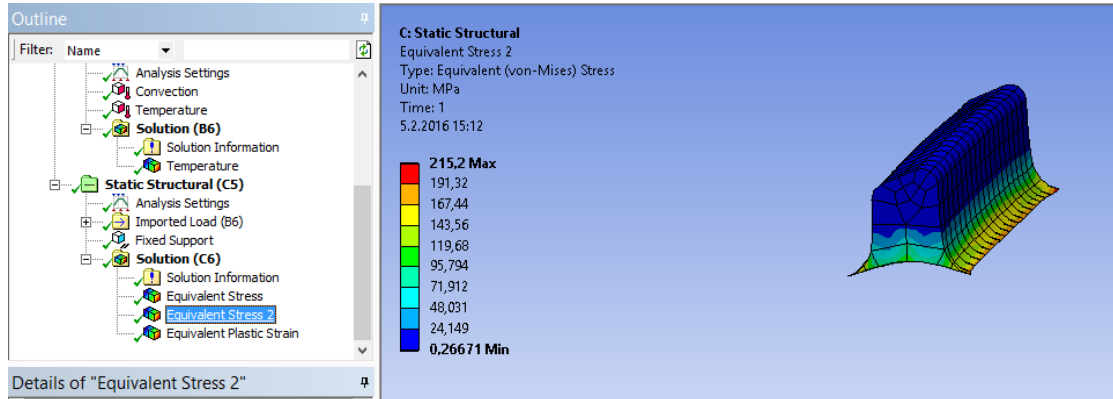
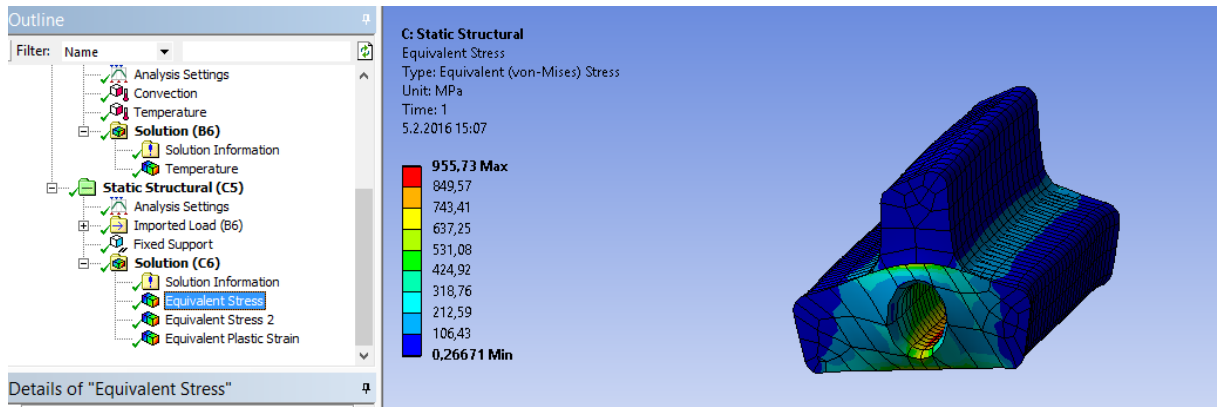


Dikkat: Alt parçayı Hide body yaparak sadece üst parçadaki sonuçları göremezsiniz. Hide body yine tüm sistemdeki sonuçları verir ama üst parçayı gösterir. Ancak bu c şıkındaki işlemle sadece üst parçaya ait sonuçları görmeniz mümkün.

4.15 Çözüm Yaptırılım.



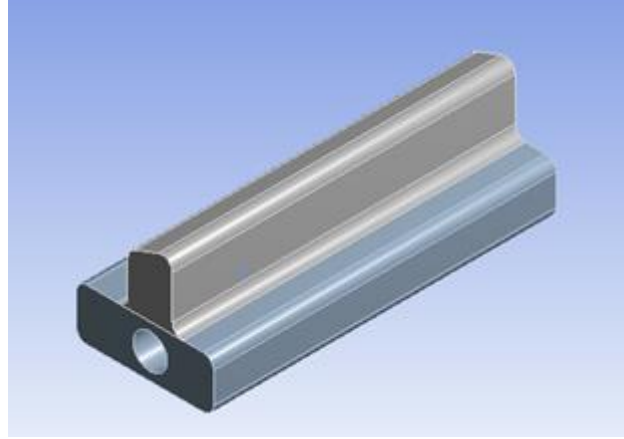
4.16 Sonuçları İnceleyin.



4.17 Projeyi Save As> “steady state thermal structural” ismiyle kaydediniz.

Not: Sadece sıcaklık dağılımı için ısı özelliklerinin girilmesi yeterlidir. Ancak termal gerilmeleri de görmek istiyorsak E, ν , varsa plastik bölge eğrisi de girilmelidir.

5. ZAMANA BAĞLI (TRANSIENT) ISIL- YAPISAL ANALİZ



Yine 1 nolu örnekteki aynı katı modeli kullanacağız.

Bu katı modelin tümünün 250 °C lik fırının içinden bir anda oda ortamında soğumaya terk edildiğini düşüneceğiz. Malzeme Özelliklerini yeniden gireceğiz. Soğuma sırasında sıcaklıkların ve gerilmelerin nasıl değiştiğini görmeye çalışacağız.

Zamana Bağlı (Transient) Isıl Analiz ne demektir?

İncelenen sistem veya parçanın her bir noktasının sıcaklığı farklı olabildiği gibi incelenen süreç için her bir noktanın sıcaklığı zamanla da değişkendir. Bir fırından çıkarılan bir malzemenin soğuma süreci veya sıcak bir içeceğin soğuk bir bardağa koyulması durumunda bardağın ısınma süreci buna örnek olarak verilebilir.

Isıl analiz tiplerinden hangisini seçmeliyiz?

Hangisinde daha kritik durum söz konusu ise o seçilmeli ve analiz ona göre yapılmalıdır. Bu ise tecrübe ve tahminle belirlenir. Örneğin, kalorifer borusunda en fazla genleşme ve dolayısıyla maksimum gerilme tamamen ısındığı son durumda olduğunu tahmin ederek kararlı rejim (steady-state) analizini tercih ederiz. Ancak soğuk bir ortamdaki cam bardağa sıcak bir çay doldurulduğu zaman birkaç saniye içinde kırıldığını biliriz ve bu durumda zamana bağlı (transient) analizi tercih ederiz.

5.1 Katı Modelin Kurulması : Bunun için, aşağıdaki şıklardan birisini tercih ediniz.

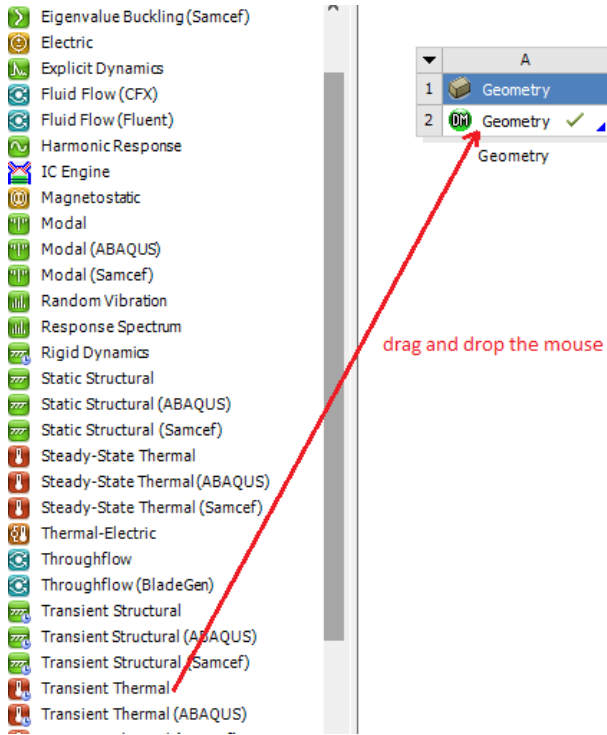
a-) Eğer aynı modelle ilgili bir analiziniz açıksa alttaki segmeyi tıklayın



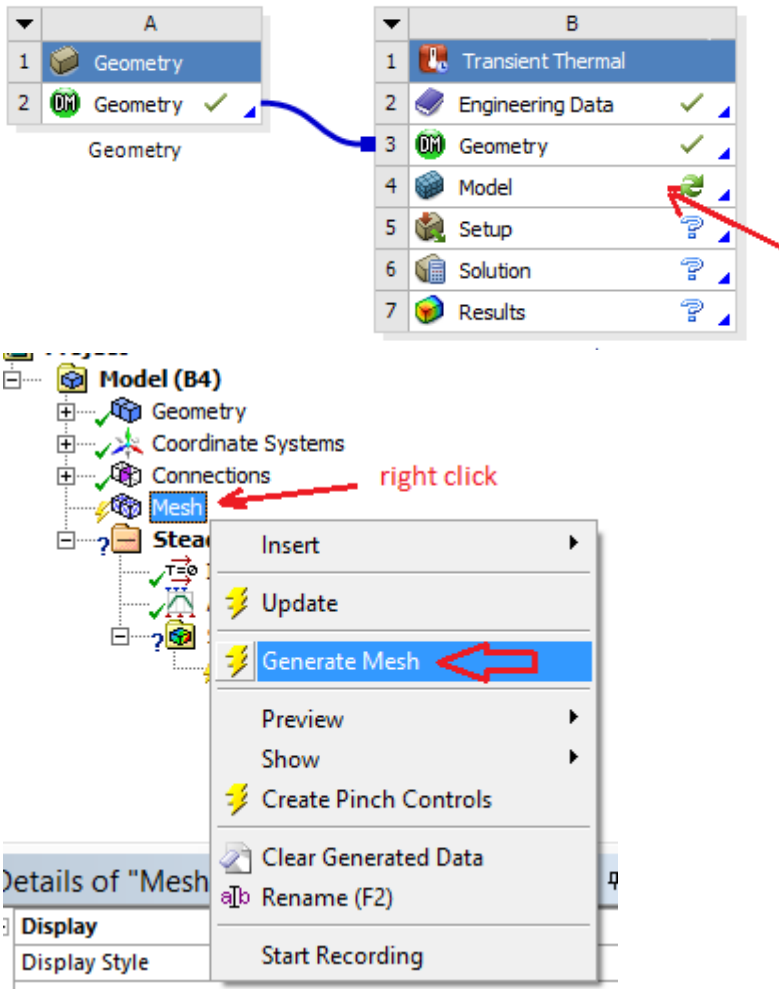
b-) veya [Extrude.rar](#) dosyasını bilgisayarınıza indirerek açın.

c-) veya En baştaki 1. Örnekteki 1-101 adımlarını yapınız ve modeli oluşturunuz.

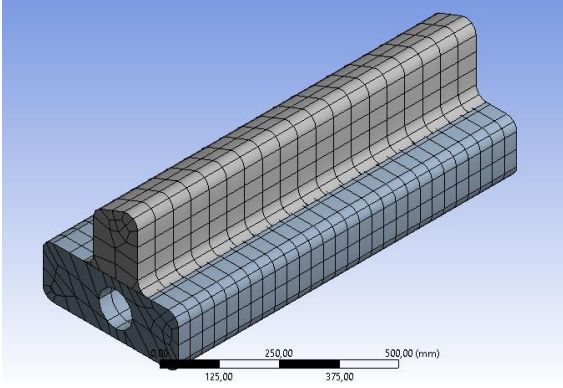
5.2 Mouse un sol tuşu basılı vaziyette iken Transient Thermal çekip Geometri üzerine bırakın.



5.3 Elemanlara Ayırma: Altta kırmızı okla gösterilen butonları sırasıyla tıklayın.

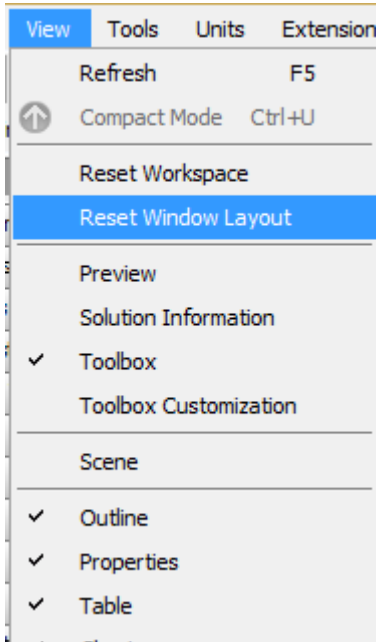


Elemanlara ayrılmış model görünümü



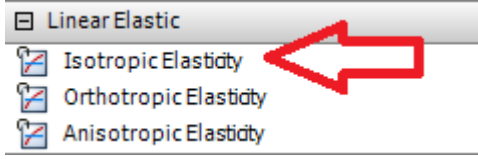
5.4 Malzeme Özelliklerinin Girilmesi

Önce görünümü düzeltelim.



Engineering Data yi tıkladıktan sonra, Boş hücreye tıklayıp, yeni malzeme tanımlayalım. Ve new material for transient thermal ismi verelim.

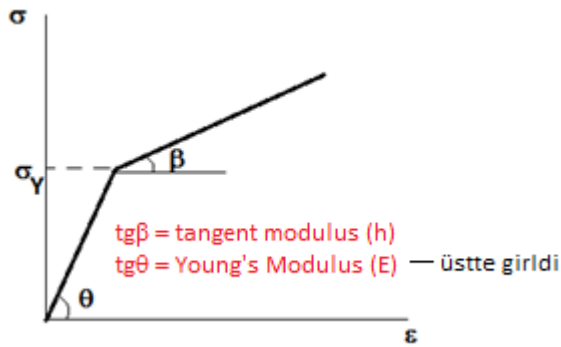
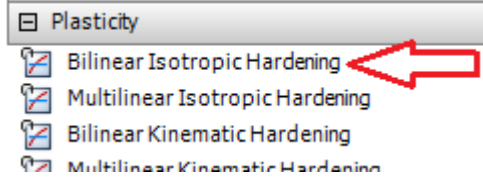
Outline of Schematic B2: Engineering Data				
	A	B	C	D
1	Contents of Engineering Data		Source	Description
2	Material			
3	Structural Steel			Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1
4	new material for transient thermal			
*	Click here to add a new material			

a-) Elastik Özellikler (E ve ν)

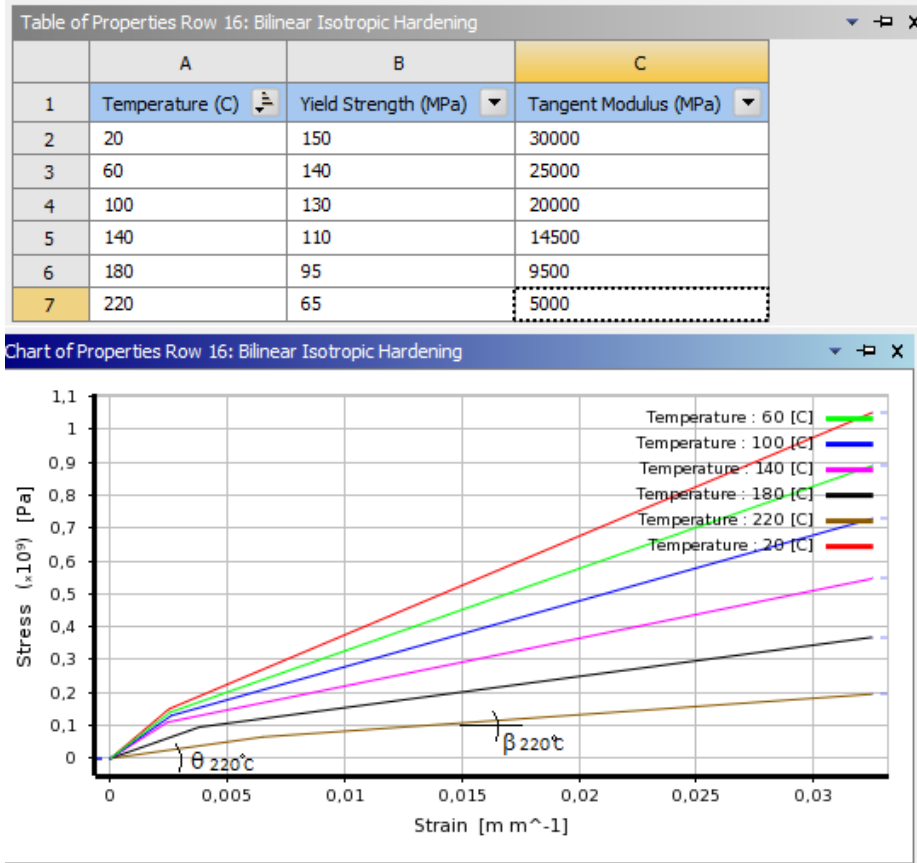
Sıcaklığa Bağlı gireceğiz. Bu tabloyu oluşturalım.

Table of Properties Row 2: Isotropic Elasticity			
	A	B	C
1	Temperature (C)	Young's Modulus (MPa)	Poisson's Ratio
2	20	60000	0,25
3	60	55000	0,26
4	100	50000	0,28
5	140	45000	0,31
6	180	25000	0,35
7	220	10000	0,38
*			

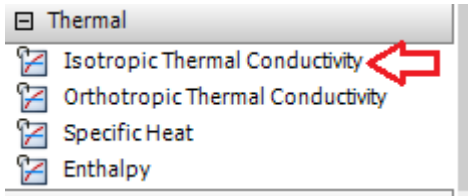
b-) Plastik Özellikler bilinear ve sıcaklığa bağlı girilecek.



Altteki tabloyu oluşturalım.



c-) Isıl iletkenlik katsayısı



Sıcaklığa bağlı değil.

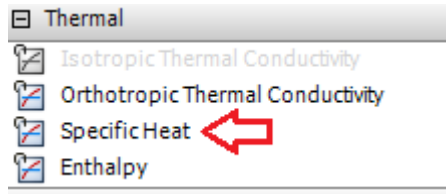
Properties of Outline Row 3: new material for steady-state thermal

	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
12	Field Variables				
13	Temperature	Yes			
14	Shear Angle	No			
15	Degradation Factor	No			
16	Bilinear Isotropic Hardening	Tabular			
17	Yield Strength: Scale	1			
18	Yield Strength: Offset	0	MPa		
19	Tangent Modulus: Scale	1			
20	Tangent Modulus: Offset	0	MPa		
21	Isotropic Thermal Conductivity	0,04	W mm ⁻¹ C ⁻¹		

Bilgi: Sıcaklığa bağlı ise yine sağ üstten tablo oluşturulur.

1	Temperature (C)	Thermal Conductivity (W mm ⁻¹ K ⁻¹)
2		0,04
*		

d-) Isıl Kapasite Cp



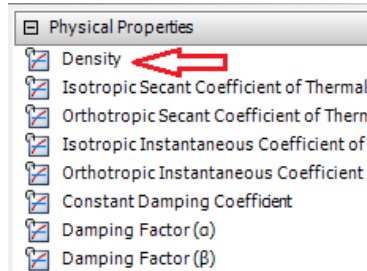
Sıcaklığa bağlı değil.

	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
13	Temperature	Yes			
14	Shear Angle	No			
15	Degradation Factor	No			
16	Bilinear Isotropic Hardening	Tabular			
17	Yield Strength: Scale	1			
18	Yield Strength: Offset	0	MPa		
19	Tangent Modulus: Scale	1			
20	Tangent Modulus: Offset	0	MPa		
21	Isotropic Thermal Conductivity	0,04	W mm ⁻¹ C ⁻¹		
22	Specific Heat	600	J kg ⁻¹ C ⁻¹		

Bilgi: Sıcaklığa bağlı olursa tablo girilmeli.

	A	B
1	Temperature (C)	Specific Heat (J kg ⁻¹ C ⁻¹)
2		400
*		

e-) Yoğunluk d

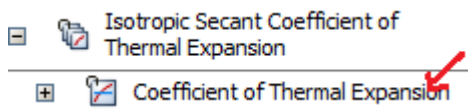
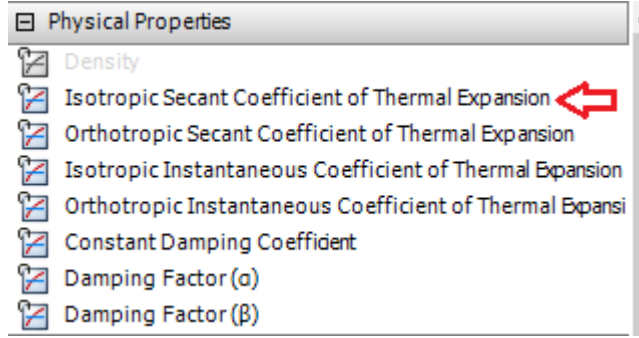


Sıcaklığa bağlı değil.

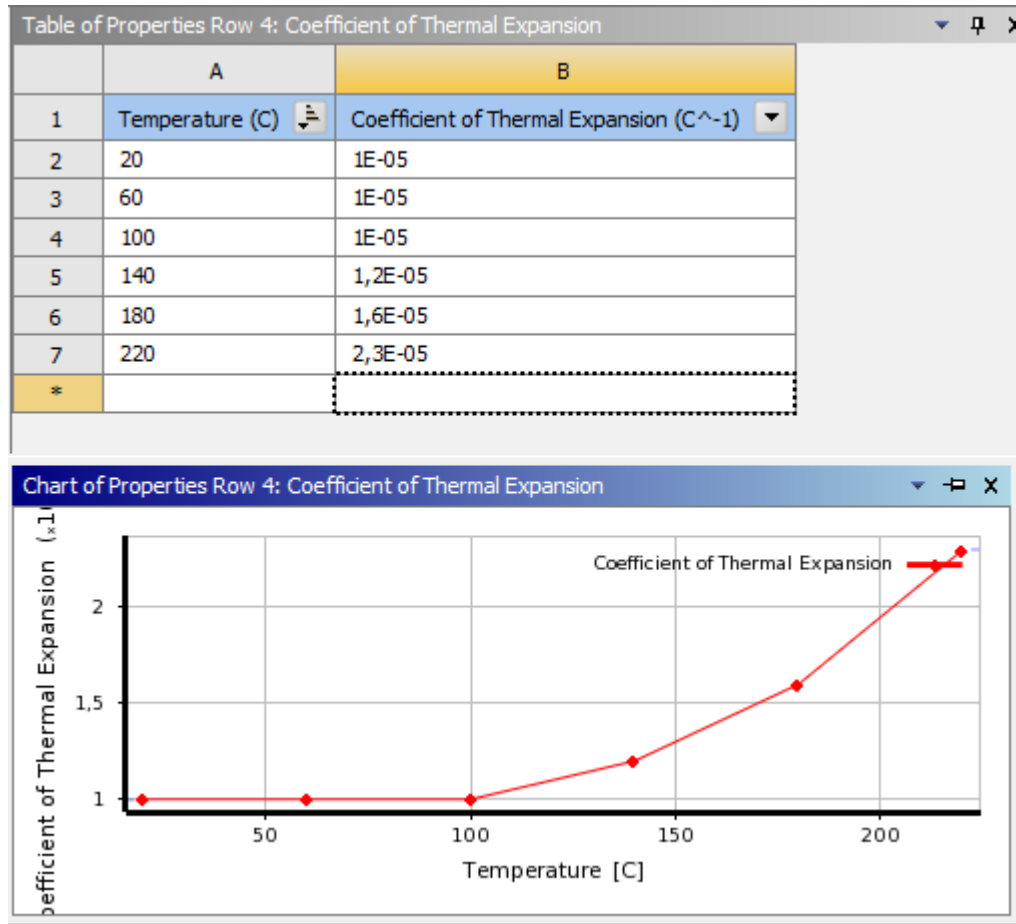
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Density	5,2E-06	kg mm ⁻³		
3	Isotropic Elasticity	Tabular			

Bilgi: Sıcaklığa bağlı olsaydı tablo oluşturacaktık.

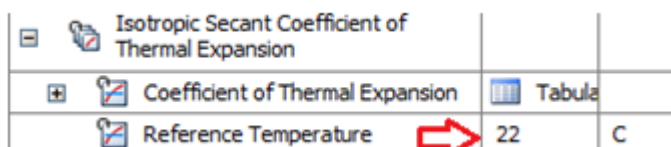
	A	B
1	Temperature (C)	Density (kg mm ⁻³)
2		5,2E-06
*		

f-) Isıl Genleşme Katsayısı (α)

Sıcaklığa bağlı gireceğiz. Altteki tabloyu oluşturalım.



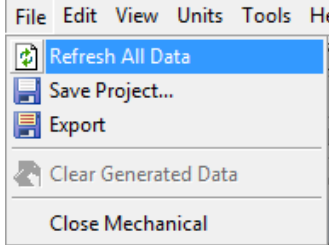
g-) **Reference temperature** girin. Reference temperature, sıcaklıktan dolayı şekil değiştirmenin henüz başlamadığı sıcaklık olarak düşünülebilir. Oda sıcaklığında cisimde sıcaklık sebebiyle şekil değişikliği olmadığı düşünüldüğünden Referans Temperature oda sıcaklığı (22 °C) alınacaktır.



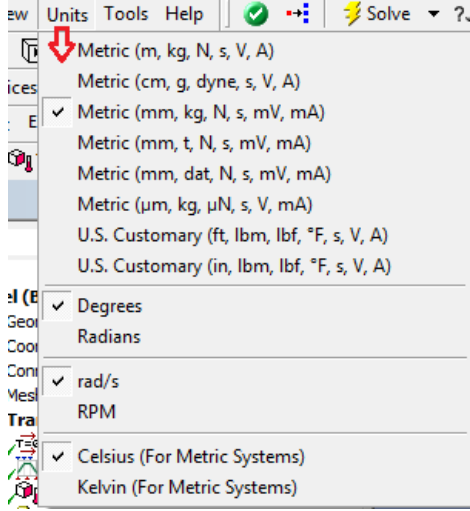
5.5. Üst parçaya yeni malzemeyi atayalım. Alt parça çelik olarak kalacak.

a-)  Mechanical a geç

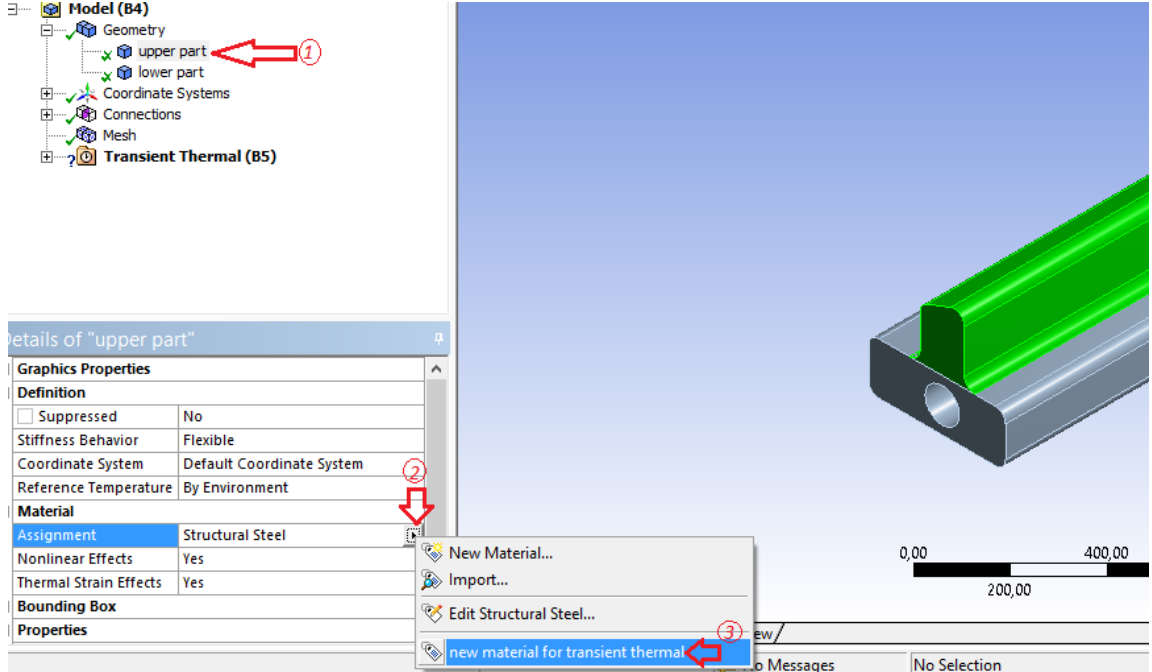
b-) Girilen malzeme özellikleri için Data ları güncelleyelim.



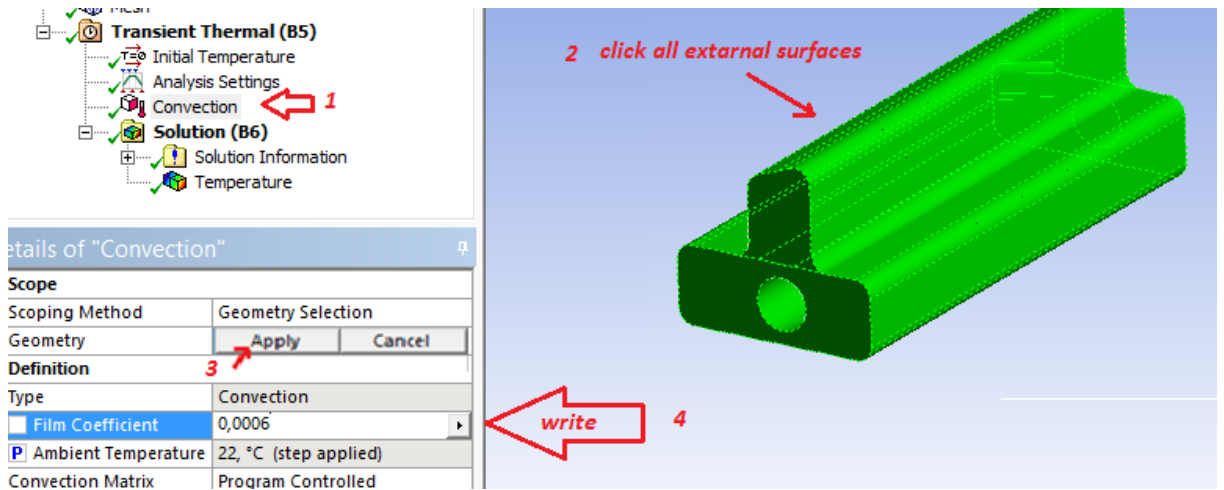
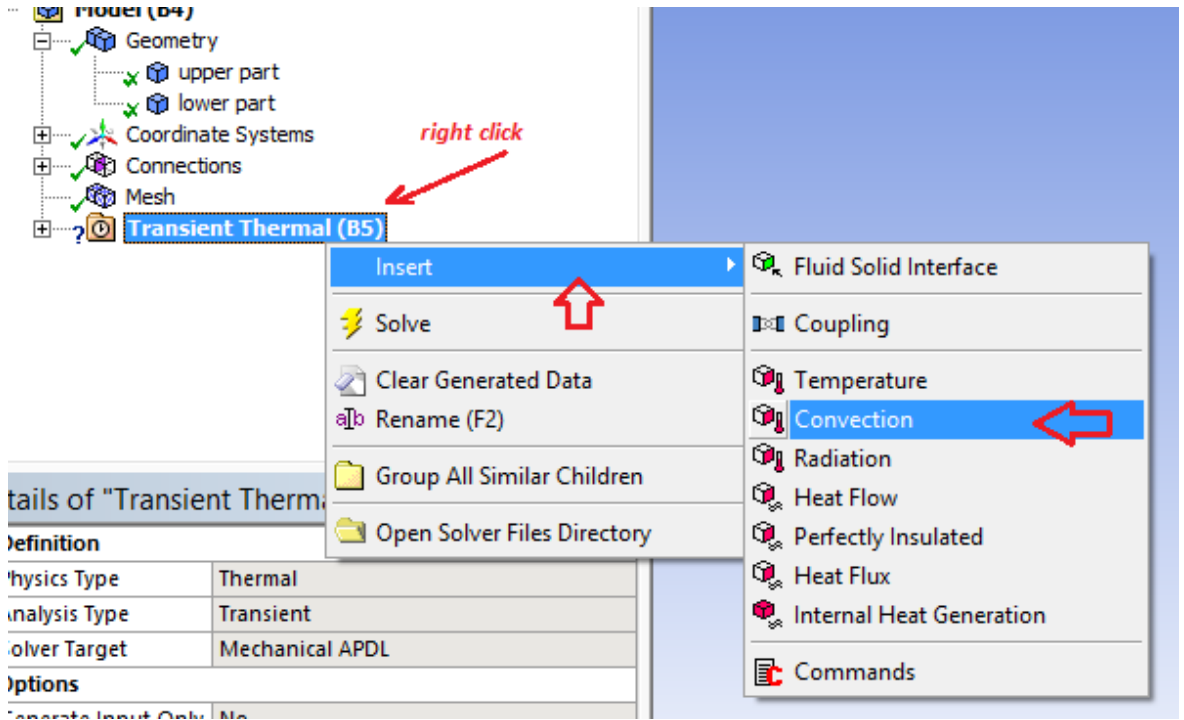
c-) Birim ayarlarına tekrar bakalım. Metric (mm,kg,N,s,mV,mA) seçelim.



d-) Üst parçaya malzeme atayalım.



5.6 Dış Yükler: Dış yüzeylerin tümü hava ile temas edeceği için tüm dış yüzeylere (delik dahil) aynı taşınım katsayısını gireceğiz.



Taşınım katsayısının biriminin $W/mm^2 C$ olduğundan emin olmalısınız.

5.7 Initial Temperature (Başlangıç Sıcaklığı): Tüm cisim 250 °C de fırından çıkarıldığını 22 °C lik oda ortamında soğumaya terk edildiğini düşünüyoruz. Bu sebeple başlangıç sıcaklığımız 250 °C olmalıdır.

Model (B4)

- Geometry
- Coordinate Systems
- Connections
- Mesh
- Transient Thermal (B5)
 - Initial Temperature ← 1
 - Analysis Settings
 - Convection
- Solution (B6)
 - Solution Information
 - Temperature

Details of "Initial Temperature"

Definition	
Initial Temperature	Uniform Temperature
Initial Temperature Value	250, °C ← write 2

5.8 Zaman Ayarları : Toplam 1000 sn boyunca soğumayı takip edeceğiz. İşlem Ağacından **Analysis Setting** e giriniz.

Transient Thermal (B5)

- Initial Temperature
- Analysis Settings ←
- Convection

Solution (B6)

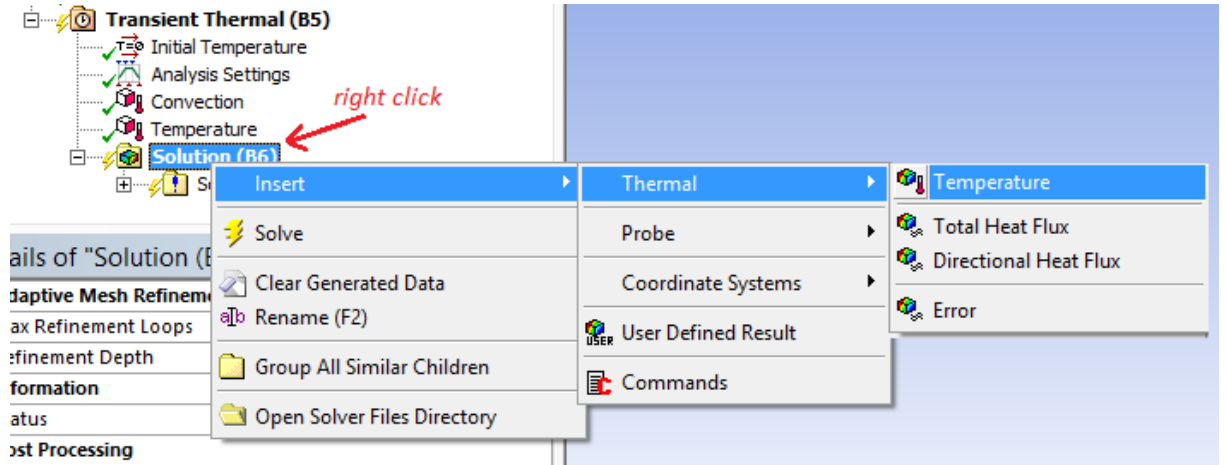
- Solution Information
- Temperature

Details of "Analysis Settings"

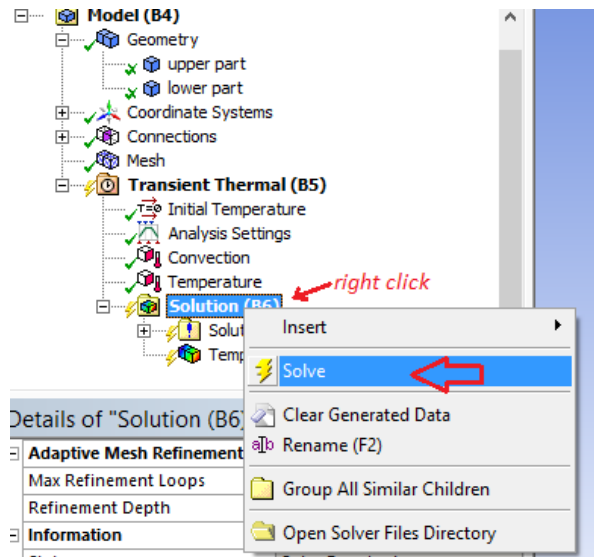
Step Controls	
Number Of Steps	1,
Current Step Number	1,
Step End Time	1000 ← Toplam 1 adımda çöz 1.adımı 1000.sn de bitir
Auto Time Stepping	Program Controlled
Initial Time Step	1,e-002 s
Minimum Time Step	1,e-003 s
Maximum Time Step	0,1 s

Veya duruma göre farklı ayarlar yapılabilir. Ancak bu ayarlama iyi yapılamazsa program yakınsama yapamaz ve hata verebilir. Transient analizde en önemli noktalardan birisi bu çözüm zaman ayarlarını doğru yapabilmektir.

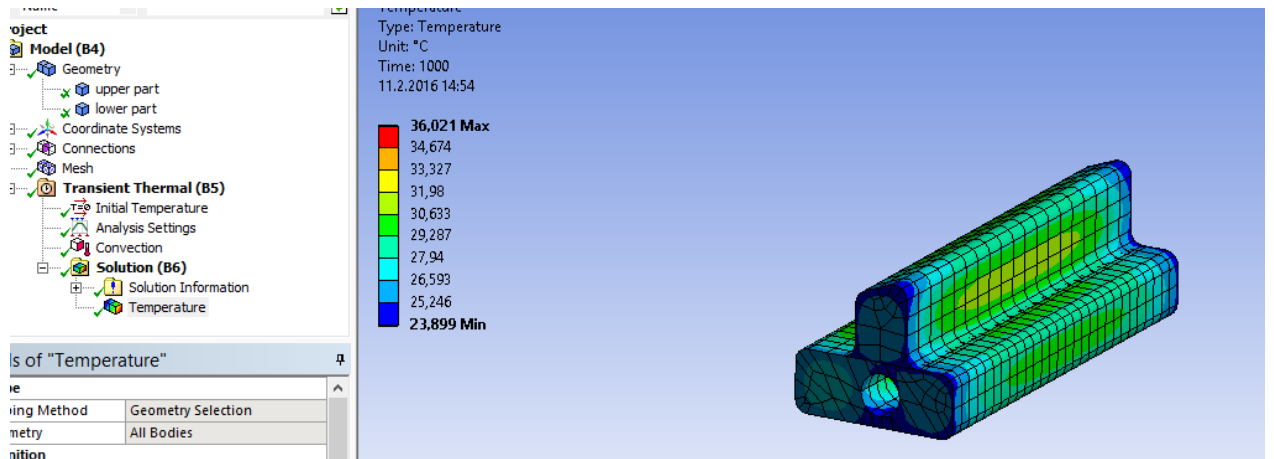
5.9. Sonuçları atayalım.
Sıcaklık Dağılımını görmek istiyoruz.



5.10. Çözüm Yaptırılım



5.11. 1000.sn (Son adımdaki) sonuçlar ekrana çıkar



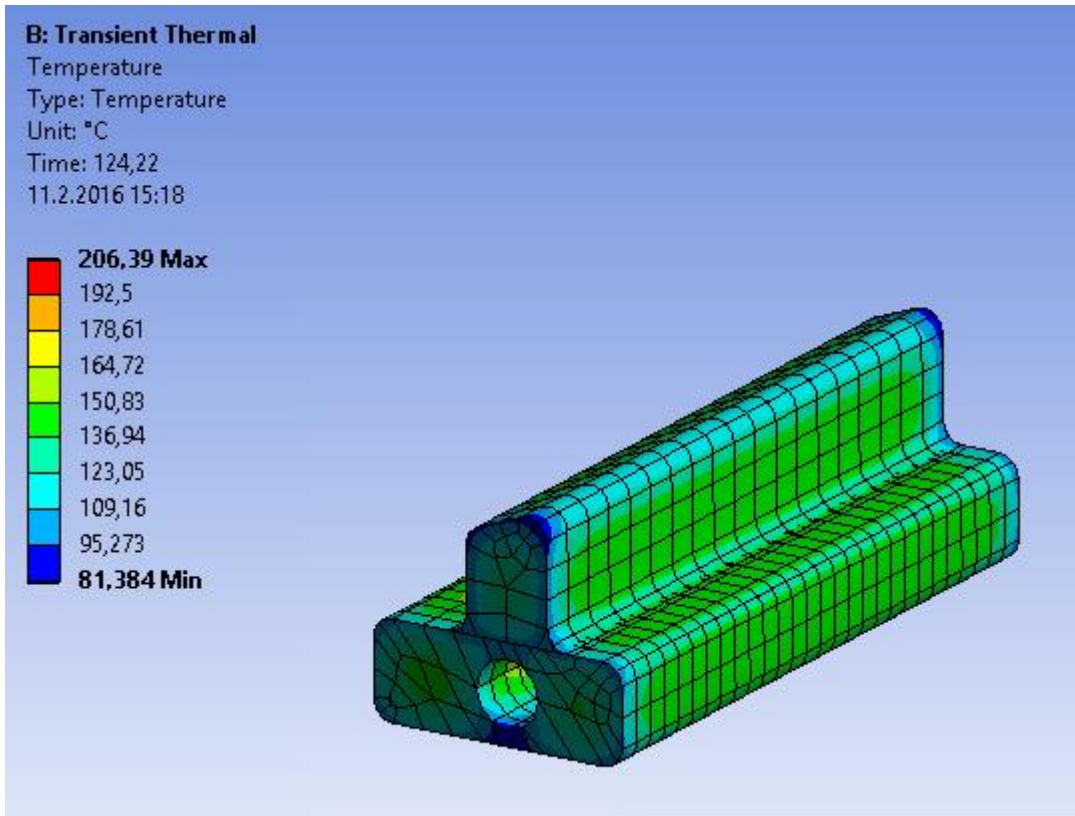
5.12. Ara saniyelerdeki değerleri gormek için alttaki adımları numara sırasına uygun takip edin..

The screenshot shows the ANSYS Workbench interface for a transient thermal analysis. The central 3D model displays a temperature gradient. The 'Tabular Data' table on the right provides the following data:

Time [s]	Minimum [°C]	Maximum [°C]
1	187,73	250,19
2	18,159	249,32
3	26,318	247,61
4	50,794	240,01
5	124,22	206,39
6	224,22	162,76
7	324,22	127,61
8	424,22	100,7
9	524,22	80,463
10	624,22	65,363
11	724,22	54,133
12	824,22	45,802
13	924,22	39,694
14	1000	36,021

The 'Details of "Temperature"' panel on the left shows the 'Display Time' set to 124,22 s, which is highlighted with a red circle and arrow labeled '4 (see)'. The 'Solution' tree on the left shows the 'Evaluate All Results' button highlighted with a red circle and arrow labeled '6'. A red circle labeled '2' points to the 'Tabular Data' table, and a red circle labeled '3' points to the row for 124,22 s in the table. A red circle labeled '5' points to the 'right click' action on the 'Temperature' object in the tree.

124.22sn değerler aşağıdaki gibi ekranda çıkar.



5.13. Isıl gerilmeleri hesaplamak için, aşağıdaki adımları takip ediniz.

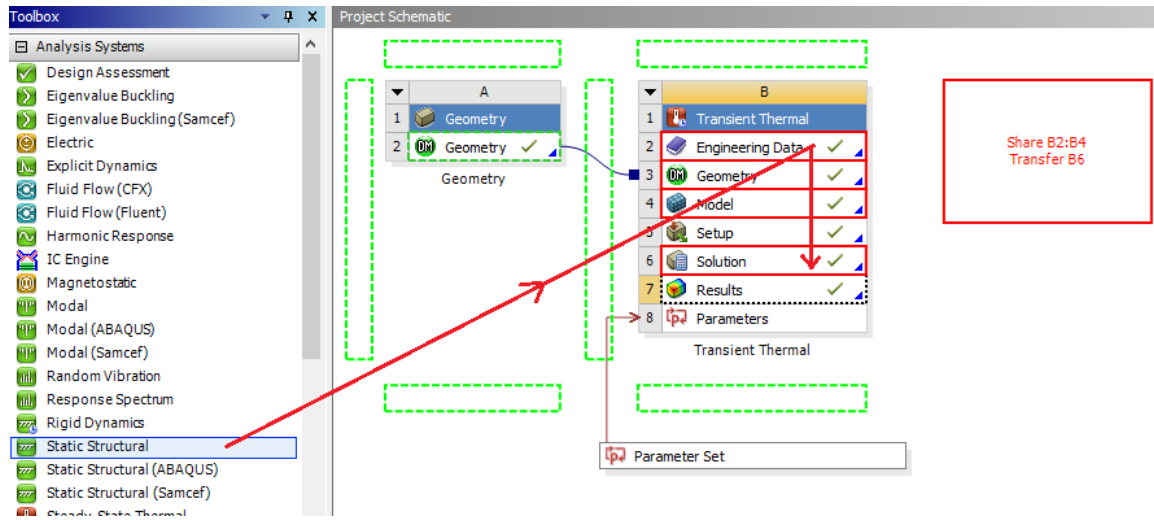
Not: Sadece sıcaklık dağılımını görmek isteseydik malzeme özelliklerine E, ν , plastik bölge eğrisi ve girilmesine gerek yoktu. k, d, Cp yeterli olurdu.

5.13.1 Gerilmeleri görmek için Isıl Analizin üstüne Statik Structural analiz yapacağız. Önce Analizi



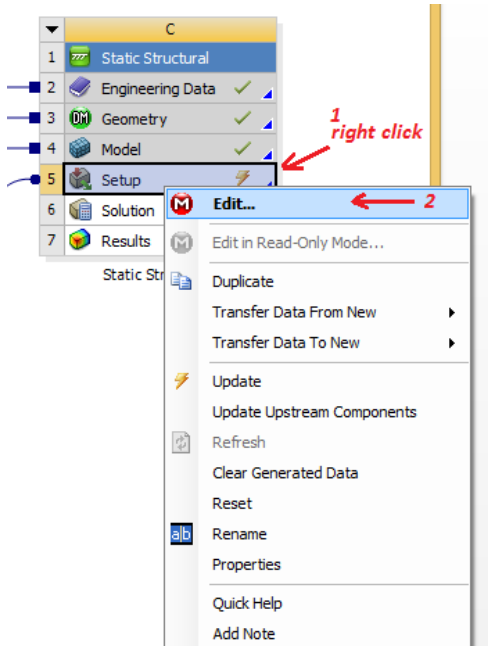
atayalım.

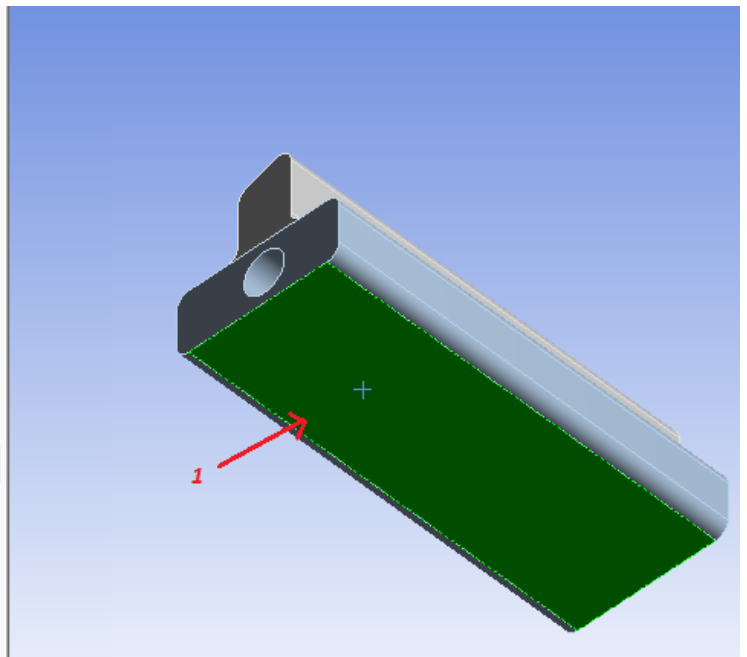
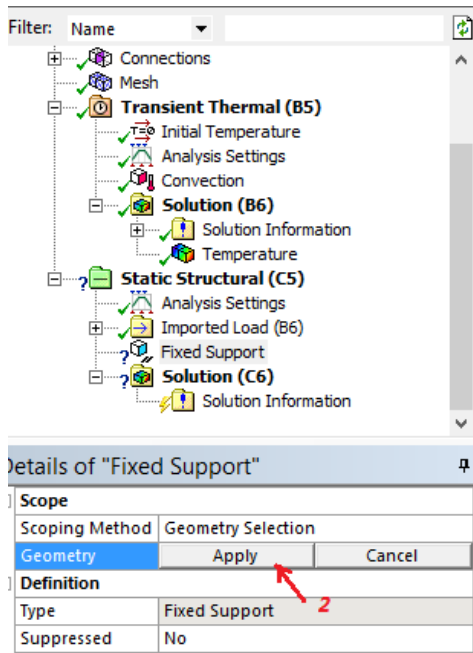
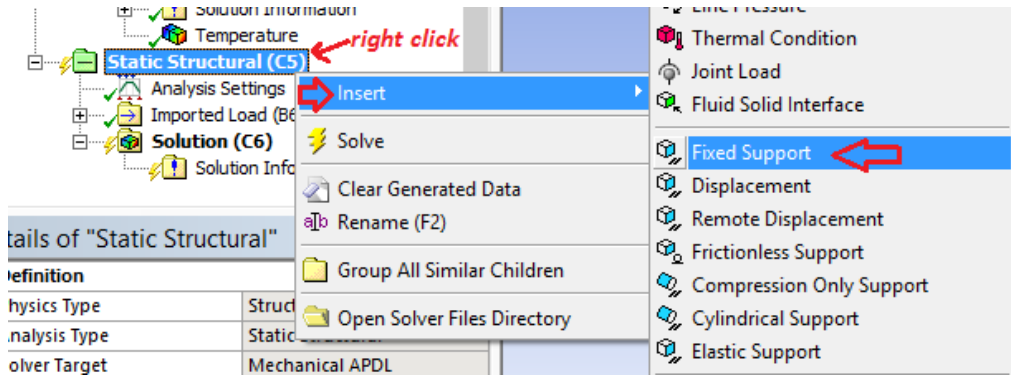
Sağ tuşla Static Structural dan tutup ok yörüngesinde sürükleyin.



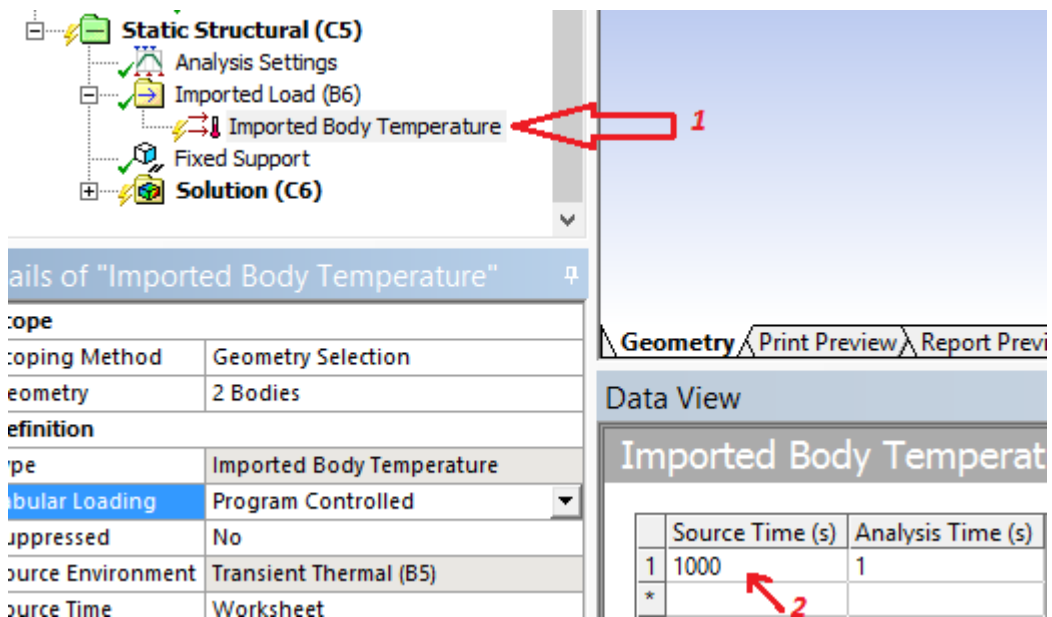
Böylece tüm transient termal analiz modeli, girdileri ve sonuçları statik analiz içine dahil edilmiş olur.

5.13.2 Sınır Şartları: Alt yüzeyi de sabitleylim.

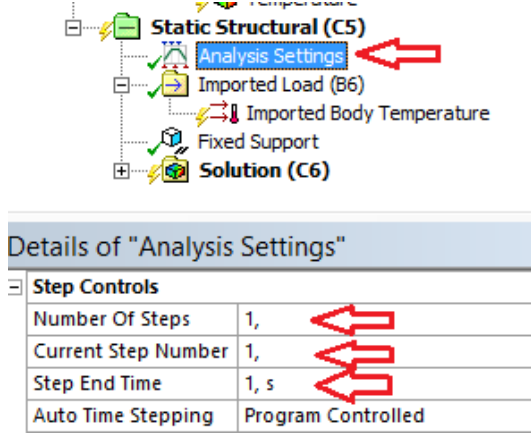




5.13.3 1000.sn deki sıcaklık dağılımını yük olarak verelim

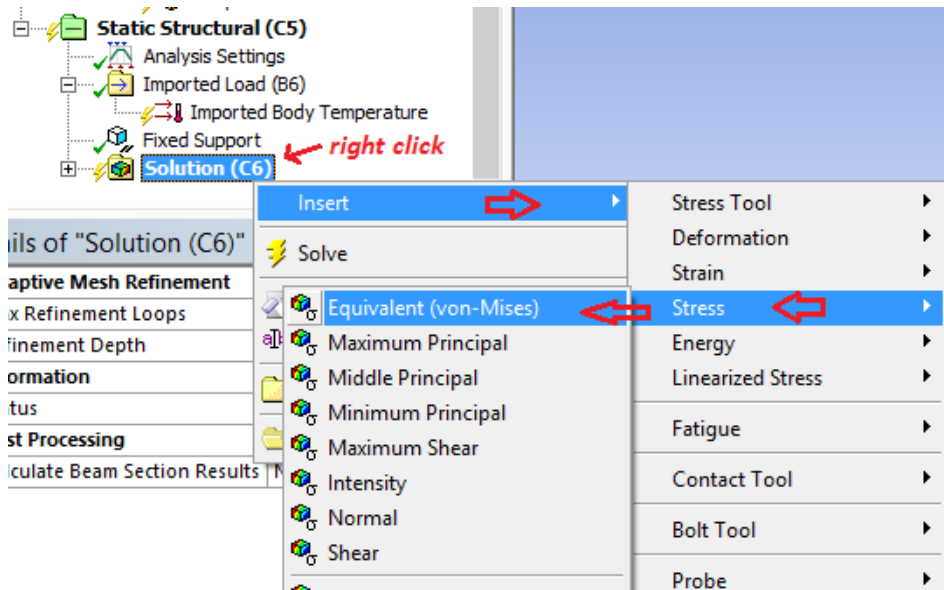


5.13.4. Zaman ayarlarında statik analiz zamana bağlı olmayacak. Son saniye için çözülecek.

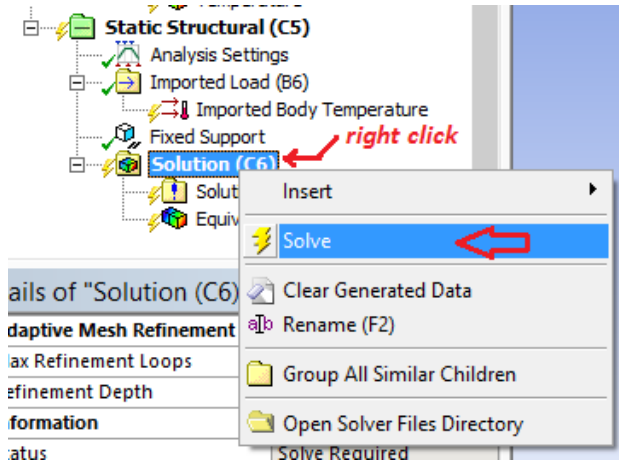


Olmasına dikkat edelim.

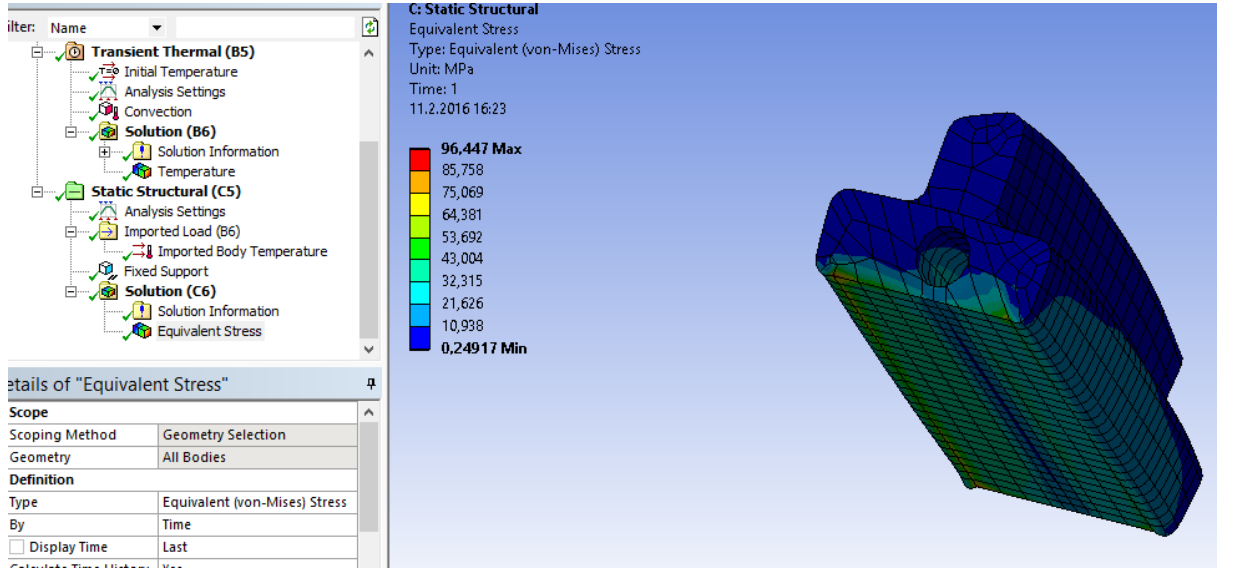
5.13.5 Von-Mises Gerilmelerini görmek için,



5.13.6 Çözüm yaptıralım.



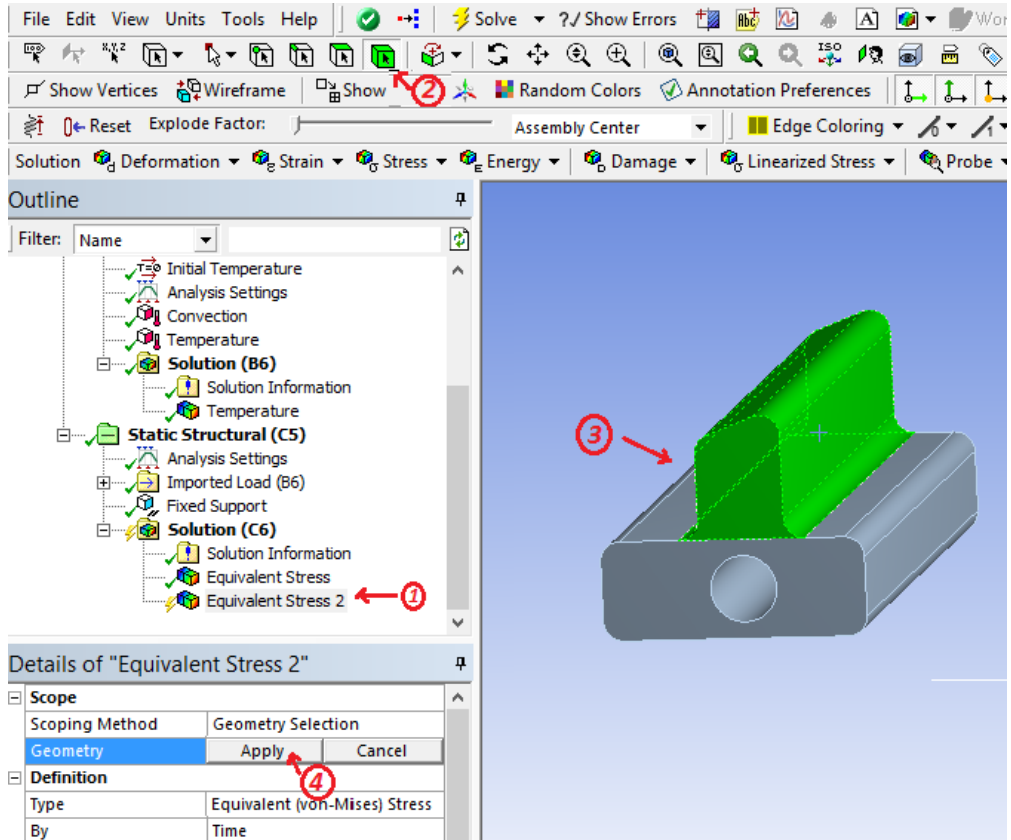
5.13.7 Sonuçları Görelim.



Static Structural menüsünde "Model" butonunu tıklayıp Mechanical modülüne geç.

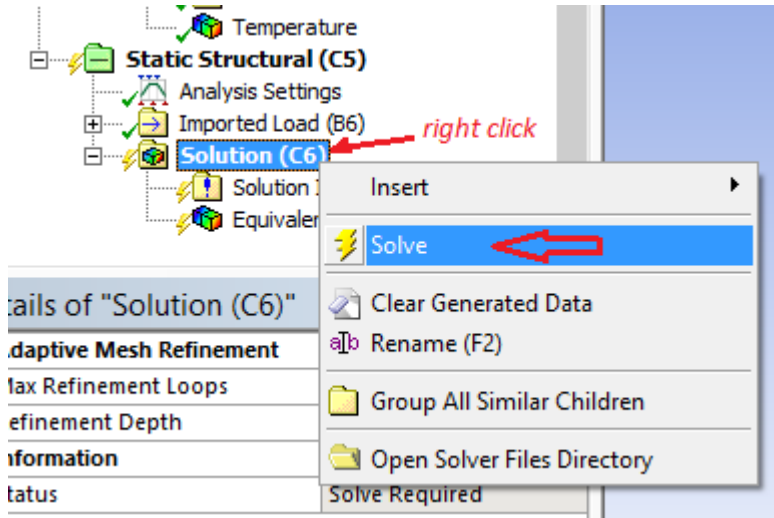
5.13.8 Sadece Üst Parçadaki Von-Mises Gerilme Dağılımını görmek için;

a-) 5.13.5 adımından Equivalent Stress 2 atadıktan sonra alttaki sırayı takip ediniz.

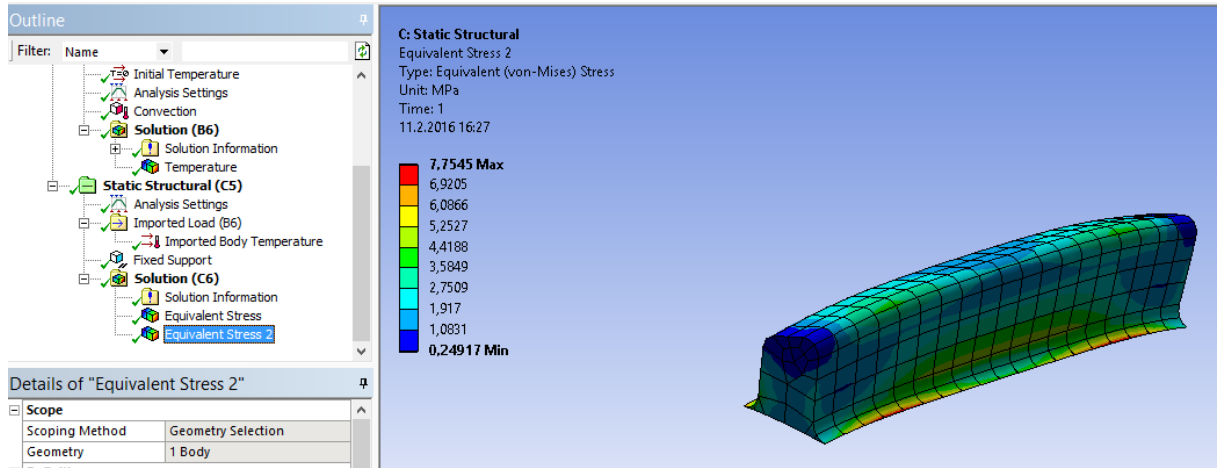


Dikkat: Alt parçayı Hide body yaparak sadece üst parçadaki sonuçları göremezsiniz. Hide body yine tüm sistemdeki sonuçları verir ama üst parçayı gösterir. Ancak yukarıdaki şekilde sadece üst parçaya ait sonuçları görmeniz mümkün.

b-). Tekrar Çözüm yaptırırız.

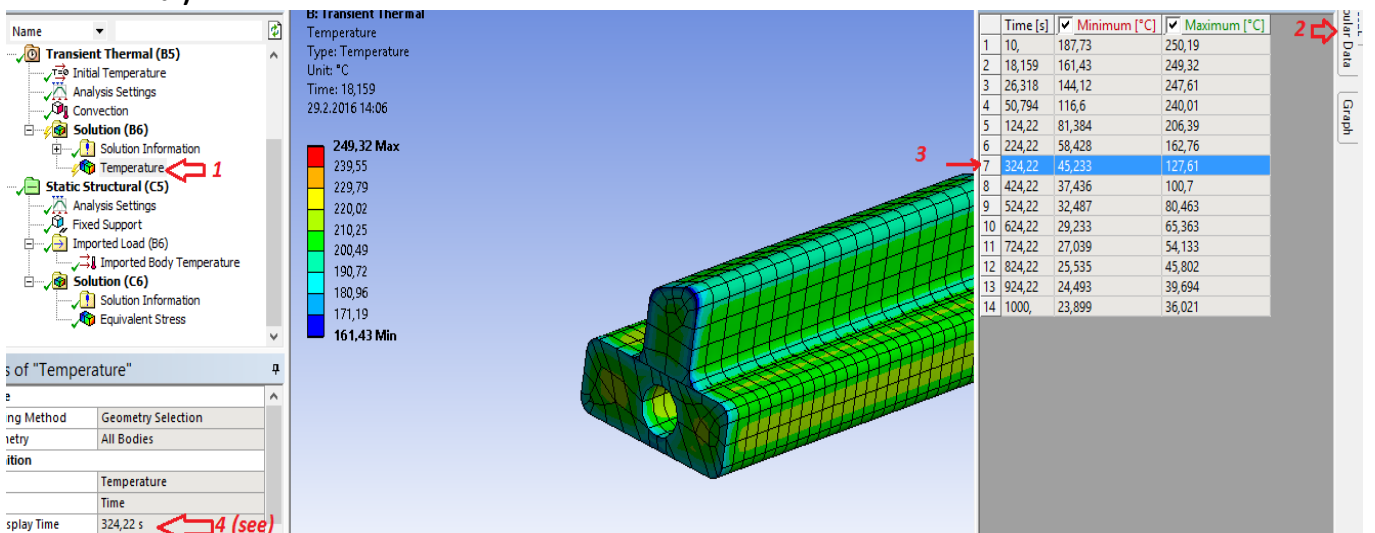


Sadece üst parçaya ait gerilme dağılımı.

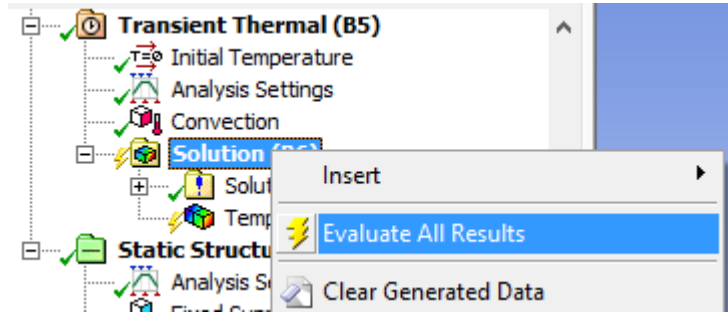


5.14. Ara saniyelerde gerilme dağılımını görmek için: Örneğin 7.step olan 324,22.sn deki gerilmeleri görebilmek için alttaki adımları takip ediniz.

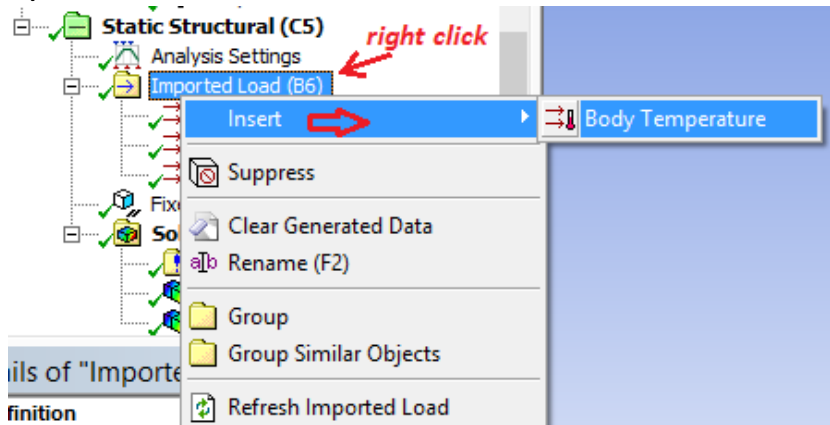
a-)



b-)



c-)



d-)

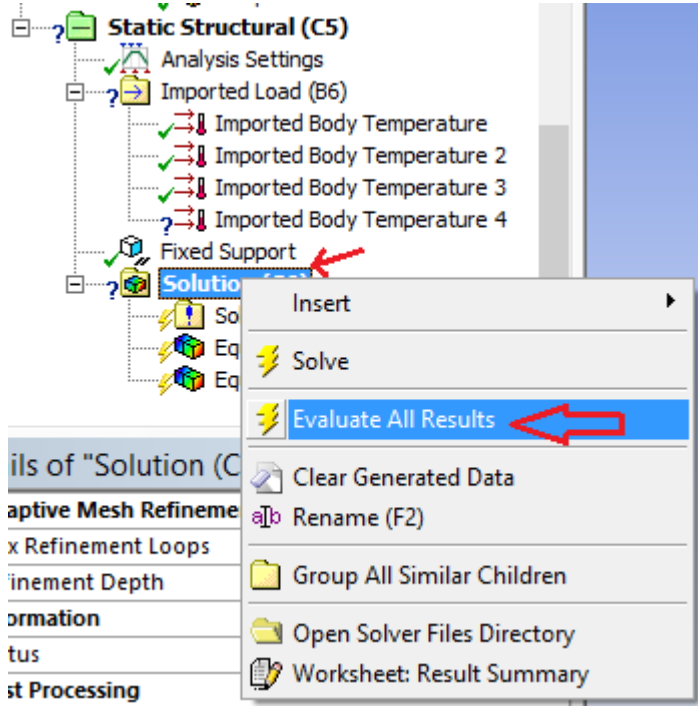
Static Structural (C5)

- Analysis Settings
- Imported Load (B6)
 - Imported Body Temperature
 - Imported Body Temperature 2
- Fixed Support
- Solution (C6)
 - Solution Information
 - Equivalent Stress
 - Equivalent Stress 2

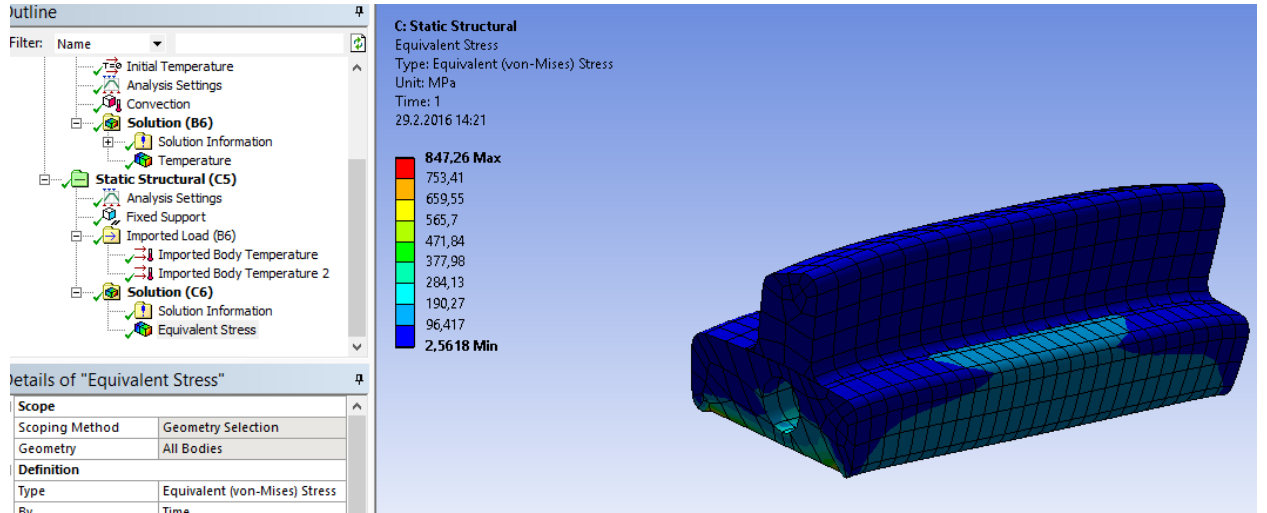
Imported Body Temperature 4

Source Time (s)	Analysis Time (s)
324,22	1

e-)



f-) 324,22 sn sonundaki Eşdeğer gerilme dağılımı

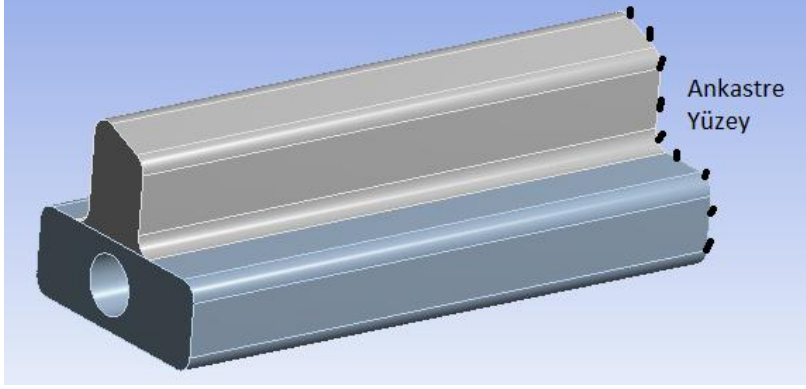


5.15 . Ara saniyede sadece üst parçadaki gerilme dağılımını görebilmek için 3.18.8 ve 3.14 maddeleri birlikte yapılmalıdır.

6. MODAL ANALİZ (Titreşim Analizi)

1.Örnekteki Aynı Geometriyi kullanacağız. Sınır Şartlarını Değiştireceğiz. Yükleri Kaldıracağız ve Bir Ucundan Ankastre Yapararak Doğal Frekansları Bulacağız.

Çalışma Şartlarındaki frekansın doğal Frekanslardan birisiyle çakışması halinde Rezonans dediğimiz aşırı titreşim oluşur. Bu sebeple farklı modlardaki doğal frekansların belirlenmesi son derece önemlidir.



6.1 Öncelikle katı modeli kuralmalıyız. Aşağıdaki şıklardan birisini tercih ediniz.

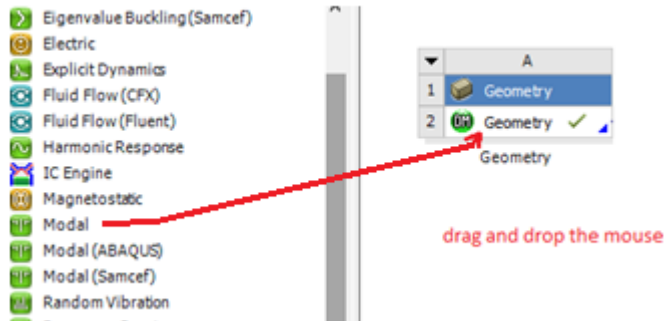
a-) Eğer aynı modelle ilgili bir analiziniz açıksa alttaki segmeyi tıklayın



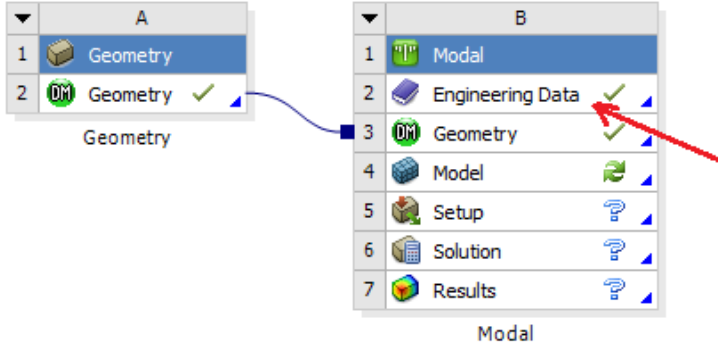
b-) veya [Extrude.rar](#) dosyasını bilgisayarınıza indirerek açın.

c-) veya 1. Örnekteki 1-101 adımlarını yapınız ve modeli oluşturunuz.

6.2 Mouse un sol tuşu basılı vaziyette iken Modal üzerinden çekip Geometri üzerine bırakın.



6.3. Şimdi alt hacim paslanmaz çelik, üst hacim ise başka bir elastik malzeme olsun.



a-) Önce yeni malzemeyi tanımlayıp üst parçaya atayacağız.

Engineering Data ya girin.. yeni malzeme tanımlayalım. Boş hücreye tıklayın ve aşağıdaki gibi isim girin.

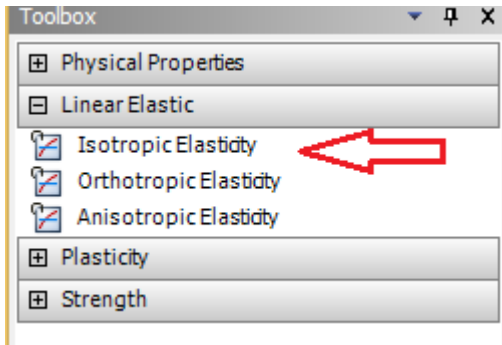
Outline of Schematic B2: Engineering Data				
	A	B	C	D
1	Contents of Engineering Data		Source	Description
2	Material			
3	Structural Steel	<input type="checkbox"/>	General_Materials	Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1
4	elastic material for modal analysis	<input checked="" type="checkbox"/>		
*	Click here to add a new material			

b-) Yoğunluk tanımlamalıyız.

Physical Properties	
<input checked="" type="checkbox"/>	Density
<input checked="" type="checkbox"/>	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Ex
<input checked="" type="checkbox"/>	Orthotropic Secant Coefficient of Thermal
<input checked="" type="checkbox"/>	Isotropic Instantaneous Coefficient of The
<input checked="" type="checkbox"/>	Orthotropic Instantaneous Coefficient of 1
<input checked="" type="checkbox"/>	Constant Damping Coefficient
<input checked="" type="checkbox"/>	Damping Factor (α)
<input checked="" type="checkbox"/>	Damping Factor (β)
Linear Elastic	

Properties of Outline Row 3: elastic material for modal analysis					
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Density	4000	kg m ⁻³		
3	Isotropic Elasticity				
4	Derive from	Yo...			
5	Young's Modulus	30000	MPa		

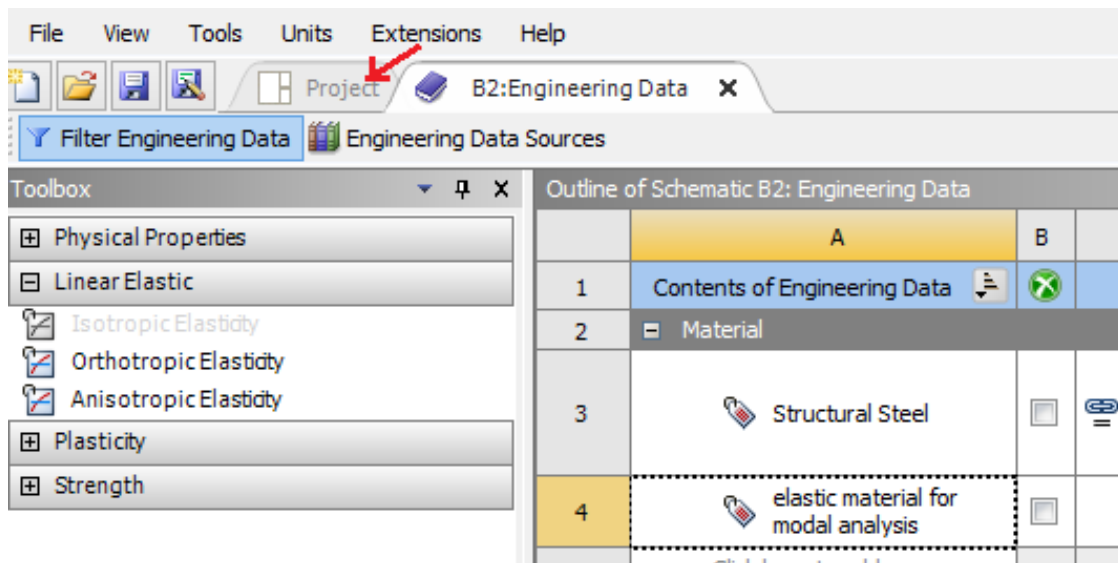
c-) Elastik Özellikleri (E, ν) aşağıdaki gibi girelim.

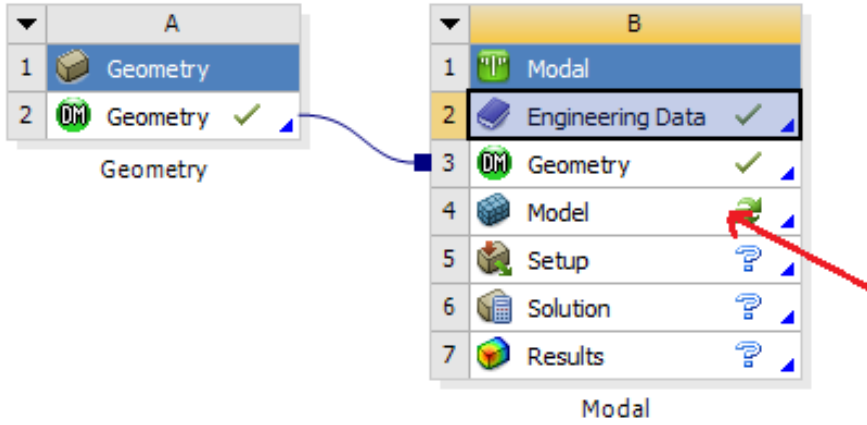


Properties of Outline Row 4: elastic material for modal analysis

	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	<input checked="" type="checkbox"/> Isotropic Elasticity			<input type="checkbox"/>	
3	Derive from	Yo...			
4	Young's Modulus	30000	MPa	<input type="checkbox"/>	
5	Poisson's Ratio	0,27		<input type="checkbox"/>	
6	Bulk Modulus	2,1739E+1	Pa	<input type="checkbox"/>	
7	Shear Modulus	1,1811E+1	Pa	<input type="checkbox"/>	
8	<input checked="" type="checkbox"/> Field Variables				
9	Temperature	Yes			

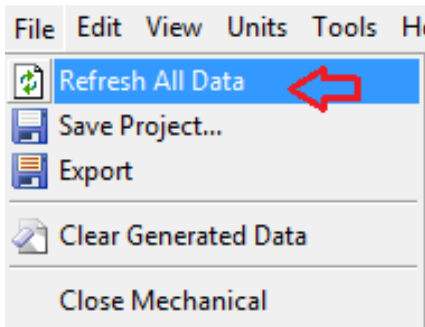
d-)



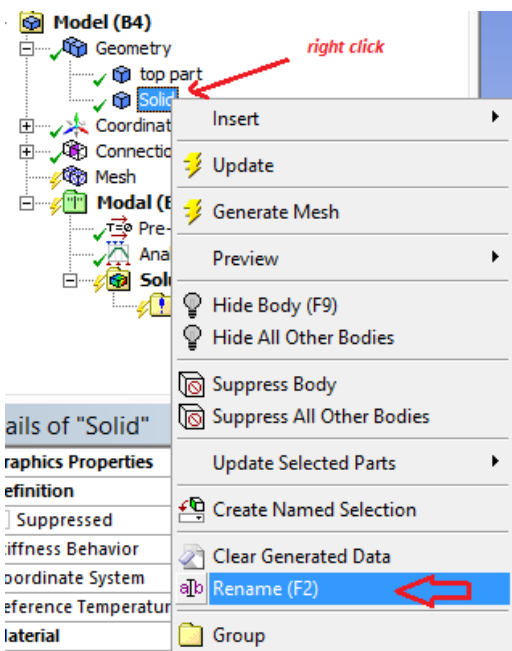


açılır.

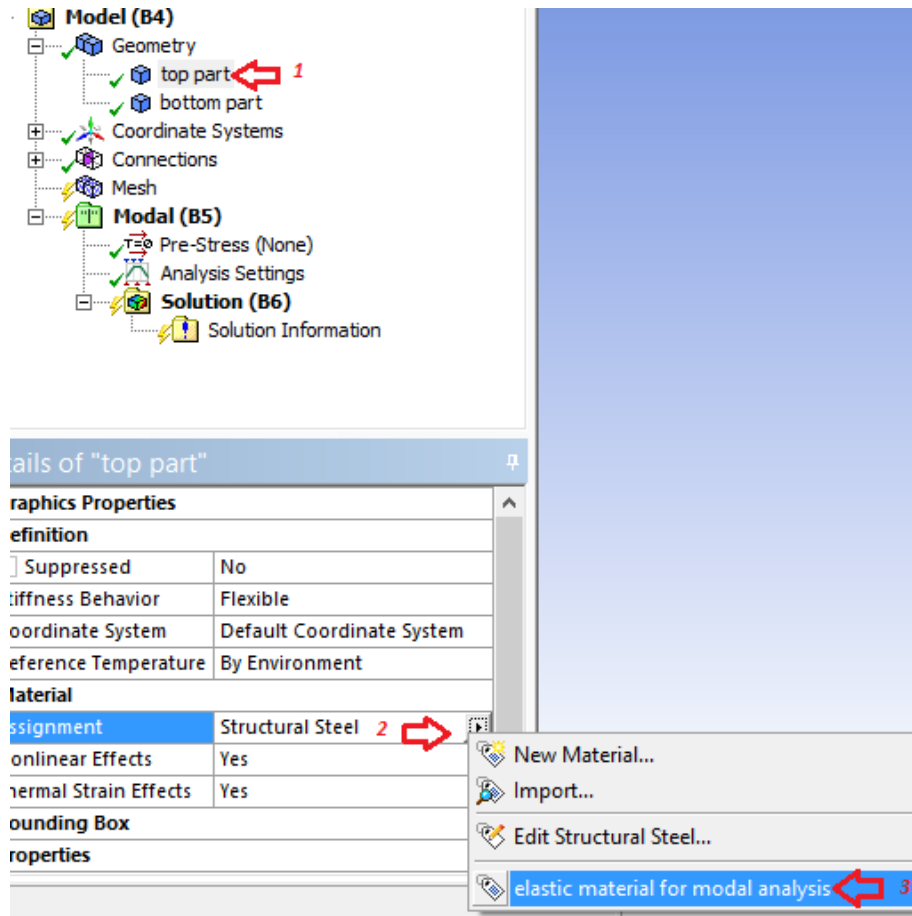
e-) Önce malzeme özelliklerini mechanical kısmında güncellemekte daima fayda var.



f-) Hacimlere isim verelim. (Top part and bottom Part)

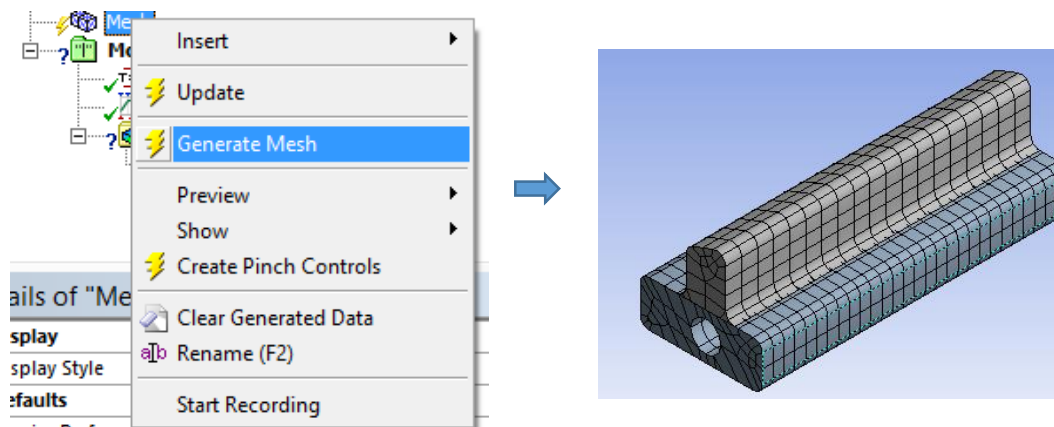


g-) Üst Parçaya yeni malzeme atayalım.

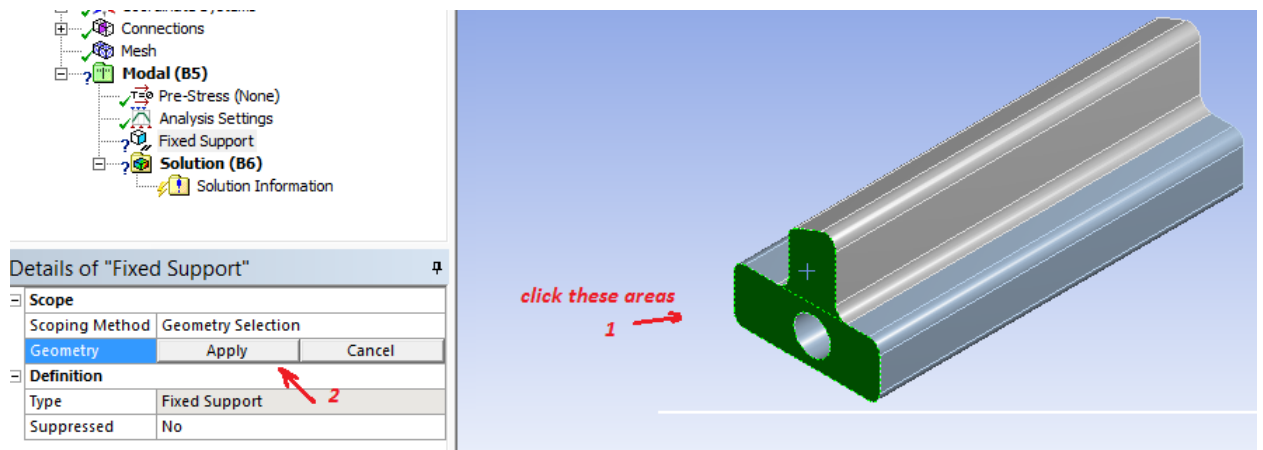
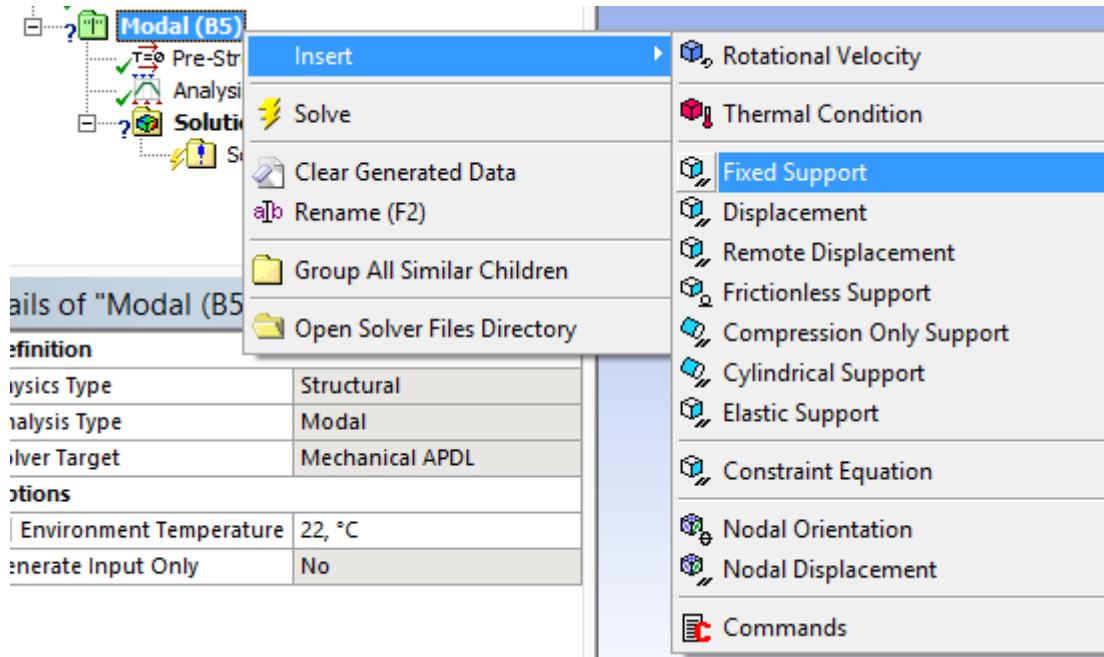


Not: Alt parçanın malzemesi çelik (structural steel) olduğunu kontrol ediniz. (İşlem ağacında bottom part ı tıklayarak alt kısımda structural steel yazdığını görünüz.) Farklı ise aynı işlemle alt parçaya çelik malzemeyi atamayı unutmayın.

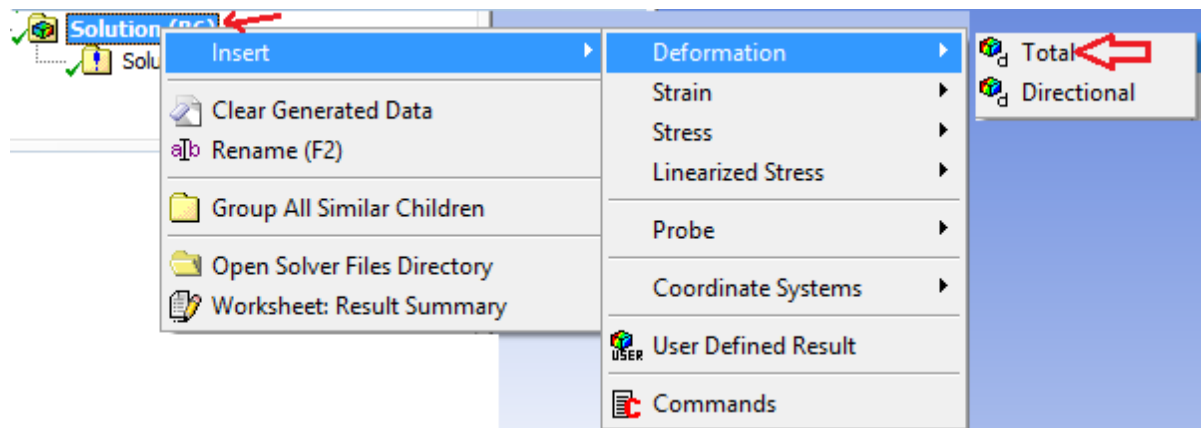
6.4 Elemanlara Ayırma (Meshing)



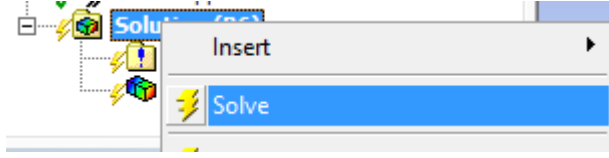
6.5 Sınır Şartları: Bir Uç Yüzeyi Ankastre yapacağız.



6.6 Sonuçlara Toplam Deformasyonu Atayalım



6.7 Çözüm yaptırılım



6.8 Altı mod için doğal frekansları görelim

The 'Tabular Data' window displays the results of the modal analysis. A red arrow points to the 'Tabular Data' tab on the right side of the window.

	Mode	Frequency [Hz]
1	1,	149,99
2	2,	271,44
3	3,	464,53
4	4,	751,41
5	5,	1046,7
6	6,	1177,5

6.9 Şimdi her bir modda şekil değiştirme durumunu inceleyelim.

a-)

The 'Tabular Data' window is shown with a context menu open over the first row (Mode 1). A red arrow labeled '1' points to the 'Tabular Data' tab. Another red arrow labeled '2' points to the first row, with the text 'right click' next to it. A third red arrow labeled '3' points to the 'Select All' option in the context menu.

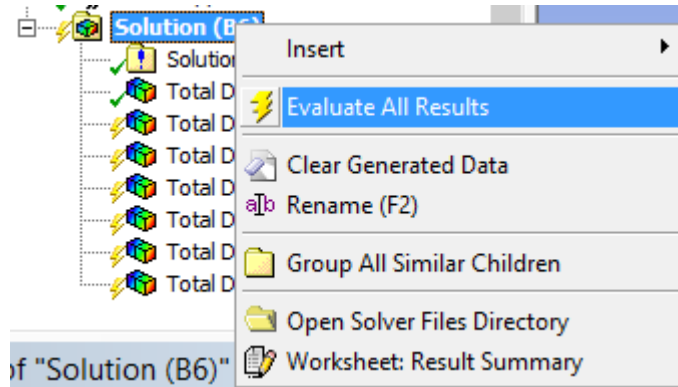
	Mode	Frequency [Hz]
1	1,	149,99
2	2,	271,44
3	3,	464,53
4	4,	751,41
5	5,	1046,7
6	6,	1177,5

b-) Tekrar Sağ tuşla

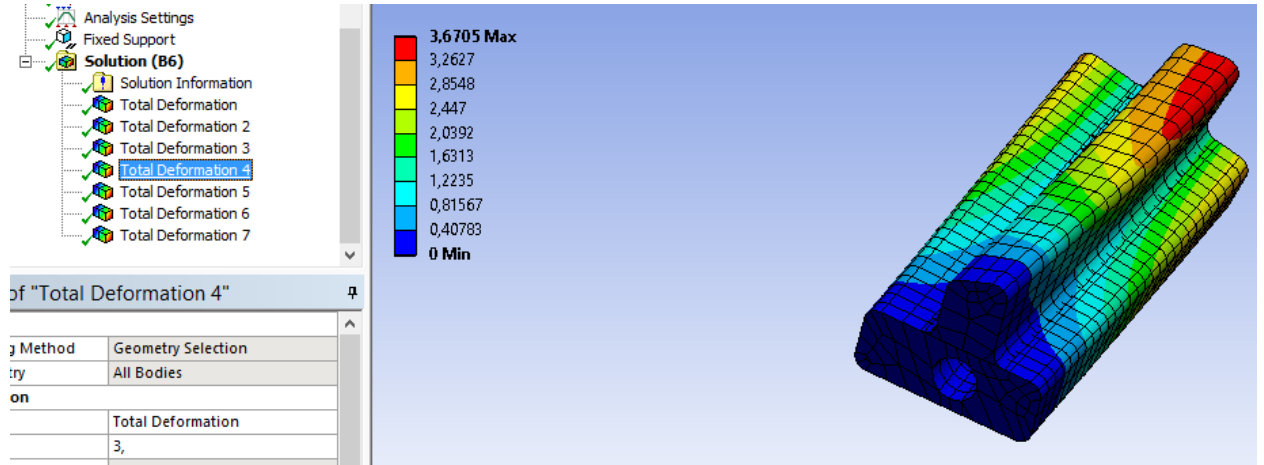
The 'Tabular Data' window is shown with a context menu open over the first row. A red arrow points to the 'Create Mode Shape Results' option in the menu.

	Mode	Frequency [Hz]
1	1,	149,99
2	2,	271,44
3	3,	464,53
4	4,	751,41
5	5,	1046,7
6	6,	1177,5

c-) 6 mod için sonuçları görelim.



6.10 Mesela 4.moddaki deformasyonu görelim.



6.11 Animasyon: Örneğin mod 4 ü animasyon halinde görmek için

