

## Şehir su şebekesi tesisat boru bağlantı elemanlarının akışkan analizine bağlı basınç dayanım analizinin yapılması

Özkan KÜÇÜK<sup>1\*</sup>, Burak ÖZTÜRK<sup>2</sup>, Yusuf Serhat ALTINBİLEK<sup>3</sup>, Tayeb Taher Kalefa ELFAH<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fak., Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Müh. Böl., Kastamonu

<sup>2</sup> Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği A.B.D., Kastamonu

<sup>3</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği

### ARTICLE INFO

Received: March: 12, 2016;  
Reviewed: December: 05. 2016;  
Accepted: December 29, 2016

#### Keywords:

Fluid analysis  
Finite Elements Method  
Fittings

#### Corresponding Author:

\*E-mail: okucuk@kastamonu.edu.tr

### ABSTRACT

The city water network has varying pressures ranging from 0,4-0,6 MPa. As pipe fittings, tempered iron pipe fittings are used according to TS 11 standards. Installation is done using different types of pipe fittings such as plug, elbow, Te, Inegal T. In this study, fluid analysis of different types of 3/4" pipe fittings has been done for the city network. Dynamic pressure, velocity and pressure changes are calculated. It has been shown to flow in three dimensions. According to this fluid analysis, maximum stress, deformation amount and safety coefficients of cast iron pipe fittings have been determined. Safety factors of cast iron pipe fittings; 10-fold reduction was observed due to different geometries.

### ÖZET

#### Anahtar Kelimeler:

Akışkan Analizi  
Sonlu Elemanlar Yöntemi  
Boru Bağlantı Elemanları

Şehir su şebekesi basıncı 0,4-0,6 MPa aralığında değişkenlik göstermektedir. Boru bağlantı elemanlarında TS 11 standartlarına göre temper dökme bağlantı elemanları kullanılır. Tesisatlar tapa, dirsek, Te, Inegal T gibi farklı tip boru bağlantı elemanları kullanılarak döşenir. Bu çalışma ile farklı tiplerdeki 3/4" boru bağlantı elemanlarının şehir şebekesi için akışkan analizi yapılmıştır. Dinamik basınç, akış hızı ve basınç değişimleri hesaplanmıştır. Üç boyutlu olarak akış profili gösterilmiştir. Bu akışkan analizine bağlı olarak dökme demir boru bağlantı elemanlarının maksimum gerilme, deformasyon miktarı ve emniyet katsayıları tespit edilmiştir. Dökme demir boru bağlantı elemanlarının emniyet katsayılarında, farklı geometrilere bağlı olarak 10 kat azalma gözlenmiştir.

## 1. Giriş

Dökme demir boru bağlantı elemanlarının döküm soğuma hızına bağlı olarak mekanik özelliklerinin ve sertliklerinin değişimleri araştırılmıştır (Öztürk B. , 2013). Küçük cidarlı malzemelerin son derece kırılabilir olması ile su basması ve doğalgaz kaçağı gibi risklerin, malzeme mikroyapısı yüzünden meydana gelebileceği görülmüştür. Ayrıca bu tip malzemelerin işlenmesi için yüksek tork değerlerine çıkılması gerektiği ortaya çıkmıştır (Öztürk B. ve ark., 2016). Yeni tip işleme tezgâhları geliştirilmiştir. Boru ve bağlantı elemanlarının geliştirilmesi konusunda farklı çalışmalar literatürde yer almaktadır. 6061-T6

malzemesinden boru ve bağlantı elemanlarının geliştirilmesi de araştırılmıştır (Zhang C. , Zhao G ve ark. 2012).

Boru ve bağlantılarda basınç düşümü analizi bir test düzeneği ve akış analiz programı yardımı ile yüksek lisans çalışması olarak araştırılmıştır (Duman V. , 2010). Kaynaklı borulamada kullanılan dirsek boru bağlantı elemanının boru büküm işlemi sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmesi bir yüksek lisans çalışması olarak gerçekleştirilmiştir (Karabulut H. , 2007). Boru ekleme parçalarında akışkanın üç boyutlu analizi yapılmıştır (Cürebal T., 2016). Boru bağlantısının bükülme analizi farklı boru kalınlıkları için (3-16mm) ANSYS sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Maksimum von-mises gerilmeleri ve elastik deformasyon miktarı tespit edilmiştir (Mao J. and Bao S. , 2015). ANSYS CFD programında farklı yarıçaplara bağlı oluşan basınç miktarı kPa cinsinden hesaplanmıştır (Lee S. , E. Paik J. K. ve ark. 2014). Test düzeneği kullanılarak akışkan davranışına bağlı basınç analizi farklı et kalınlıklarındaki borular (6-14mm) için yapılmıştır (Ma Z.W. ve Zhang P. , 2012). Te elemanının kuvvet yığılma bölgeleri ve grafiği klasik teoremler ile hesaplanmıştır (Makuthov N. A. , Serikov S. V. ve Kotusov A. G., 1990). Et kalınlığı 2,5, 5,5 ve 8,5 mm olan boru bağlantı Te elemanının maksimum gerilme hesaplamaları yapılmıştır.

Akışkan analizi, akışkan analizinde oluşan statik basınç ile dinamik basınç değişimleri ve akış hızının basınç değişimine etkisi ile ilgili çalışmaların, farklı tip fittings boru bağlantı elemanı için literatürde araştırılmadığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmada, akışkan analizinde sıvı hareketinin statik basınca etkisi ile maksimum gerilme, deformasyon miktarı ve emniyet katsayısı araştırılmıştır. Bina tesisat sistemlerinde genellikle 3/4" boru bağlantı elemanları kullanıldığı için bu ölçü seçilmiştir.

## **2. Materyal ve Metod**

### **2.1 Montaj tasarımı**

3/4" dirsek, Te, tapa ve 1/2"-3/4"-1/2" Inegal Te boru bağlantı malzemelerinin tasarımı TS 11 standardına göre CATIA programı ile yapılmıştır. Ürünlerin montaj modellemesi et kalınlığı 5 mm olan borular ile yapılmıştır. Akışkan analizinde kullanılmak üzere, akış hattının modellemesinde kullanılacak sıvı giriş ve çıkış yüzeylerinin tasarımı yapılmıştır. Statik analizler yapılırken, bu giriş çıkışlar dayanım analizini etkileyeceğinden silinmiştir. Yerli üretim ürünlerde et kalınlığı 3,5 mm alınırken Çin'den ithal ürünlerde bu kalınlık 2 mm'ye kadar düşmektedir. Bu tasarımlar ise dayanım analizi sonuçlarını etkilemektedir. Yapılan bu tasarımlar Konak Rakor fittings fabrikasının üretim hattında yer alan ürünlerdir.

### **2.2 Akışkan analizi parametreleri**

Akışkan analizi yapılması için CATIA programı ile tasarımı yapılan modeller Solidworks Flow Simulation modülüne aktarılmıştır. Boru içi akış analizi seçimi yapılmış, yer çekimi z eksenini için belirlenmiştir. Akışkan olarak da su ve giriş basıncı olarak da 0,5 MPa seçilmiştir. Sıvı çıkışı, musluk dolmuş hızı 3/4" olan borular dikkate alınarak 30 L/dk belirlenmiştir. Kavite özelliği aktif edilmiştir. Dökme demir malzeme seçiminde yüzey kalitesi 200 mikron olarak belirlenmiştir.

### **2.3 Statik analiz parametreleri**

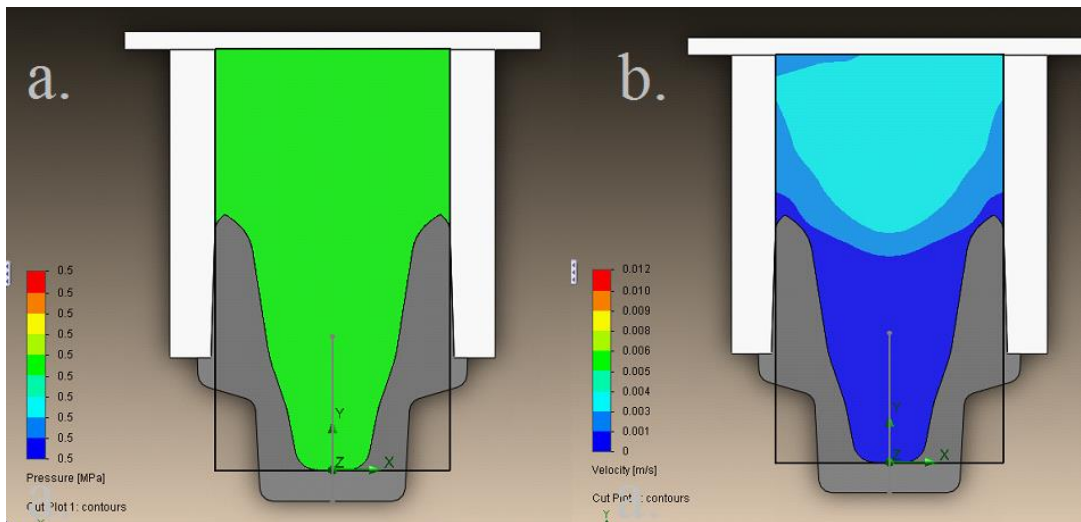
Solidworks programında basınç dayanım analizlerinin yapılması için ilk olarak akışkan analizleri yapılmıştır. Akışkan analizi sonuçlarına göre basıncın tüm yüzeyi 0,5 MPa etkilediği gözlenmiştir. Bundan dolayı basınç 0,5 Mpa seçilmiştir. Malzeme seçimi Solid Works Malzeme kütüphanesindeki temper döküm ve 1020 soğuk çekme boru malzemesi seçilmiştir. Temper döküm ve 1020 malzemelerinin mekanik özellikleri tablo olarak gösterilmiştir (Tablo 1.) (Solidworks Malzeme Kütüphanesi, 2012)

**Tablo 1.** Temper döküm ve 1020 malzemelerinin mekanik özellikleri  
(Solidworks Malzeme Kütüphanesi, 2012)

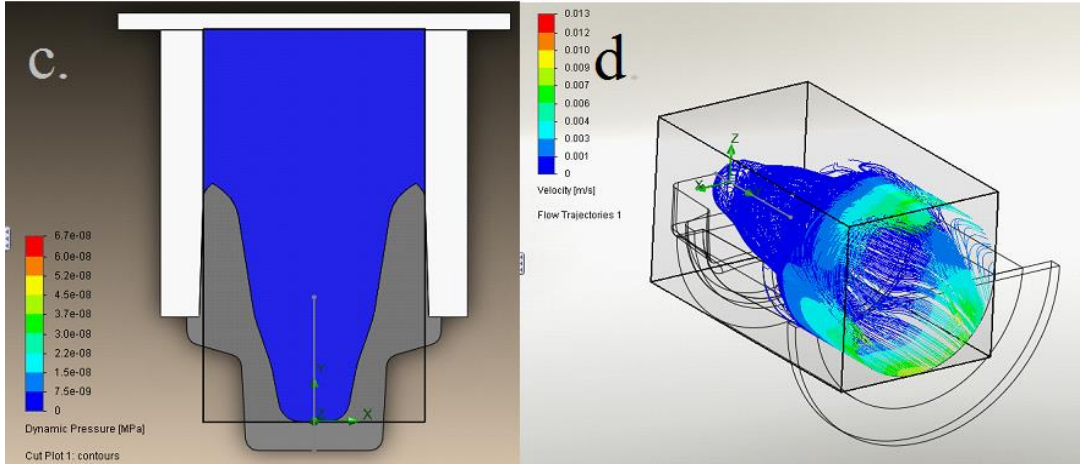
Mekanik Özellikler	Temper Döküm		1020	
	Değeri	Birimi	Değeri	Birimi
X'deki Elastik Modülü	190000	N/mm <sup>2</sup>	205000	N/mm <sup>2</sup>
XY'deki Poisson's Oranı	0.27	N/A	0.29	N/A
XY'deki Kesme Modülü	86000	N/mm <sup>2</sup>	80000	N/mm <sup>2</sup>
Yoğunluk	7300	kg/m <sup>3</sup>	7870	kg/m <sup>3</sup>
X'deki sıkıştırma dayanımı	413.61	N/mm <sup>2</sup>	420	N/mm <sup>2</sup>
Akma Dayanımı	275.74	N/mm <sup>2</sup>	350	N/mm <sup>2</sup>
X'deki termal genişleme katsayısı	1.2e-005	/K	1.17e-005	/K
X'deki Termal İletkenlik	47	W/(m·K)	51.9	W/m·K

### 3. Sonuçlar

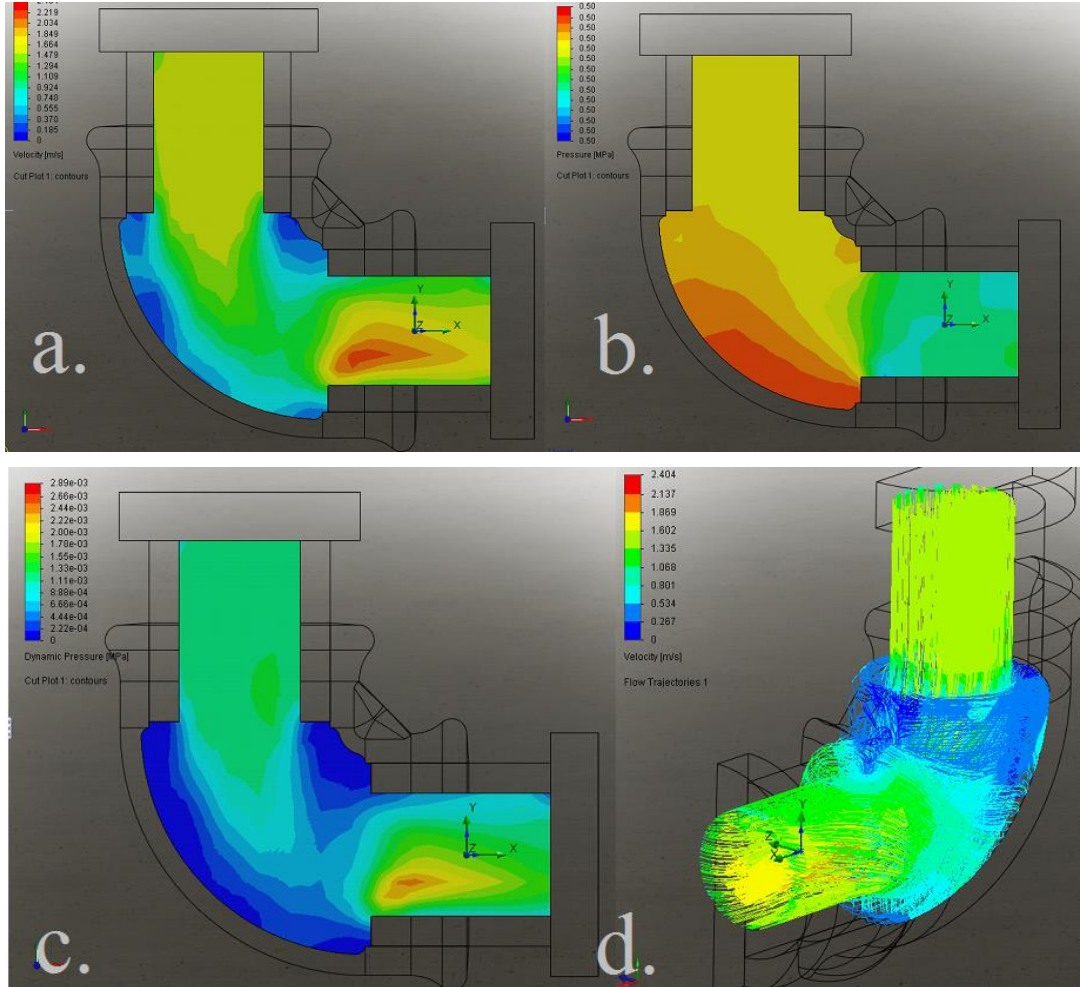
3/4" boru bağlantı elemanlarının akış analizi yapılmıştır. Basınç, dinamik basınç ve akış hızları her bir geometri için belirlenmiştir. Üç boyutlu akış hareketleri farklı tip malzemeler için gösterilmiştir (Şekil 1-4). Basınç dağılımının tüm yüzeyde aynı olduğu gözlenmiştir. Basınç dayanım analizleri 0,5 MPa şebeke basıncı için hesaplanmıştır. Her bir malzeme için maksimum gerilme, deformasyon miktarı ve emniyet katsayısı sonuçları Şekil 5-8 de gösterilmiştir.



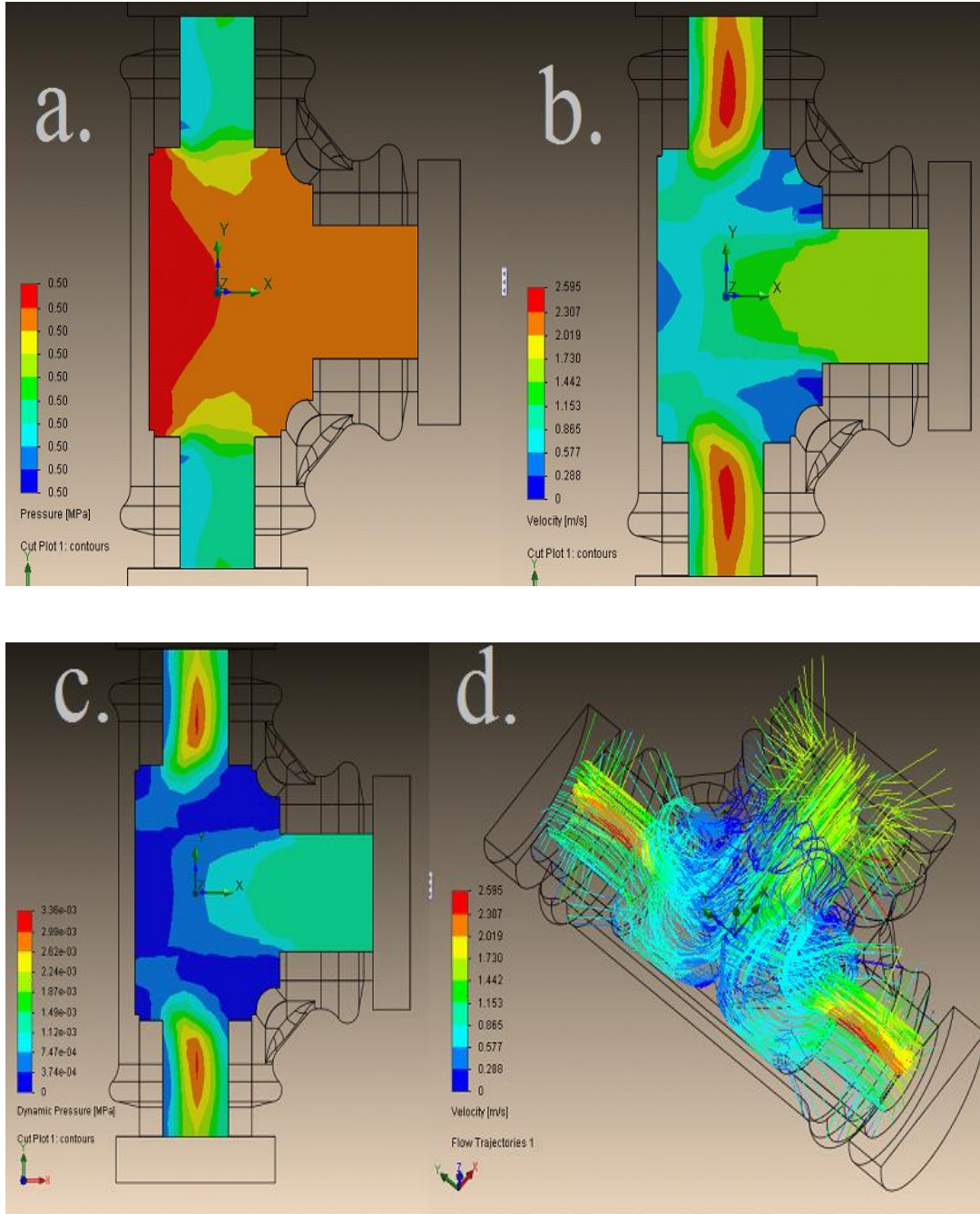
**Şekil 1.** Basınç (a), akış hızı (b), dinamik basınç (c) ve akışın üç boyutlu şeklinin (d) modellenmesi



Şekil 1. Basınç (a), akış hızı (b), dinamik basınç (c) ve akışın üç boyutlu şeklinin (d) modellenmesi (devamı)

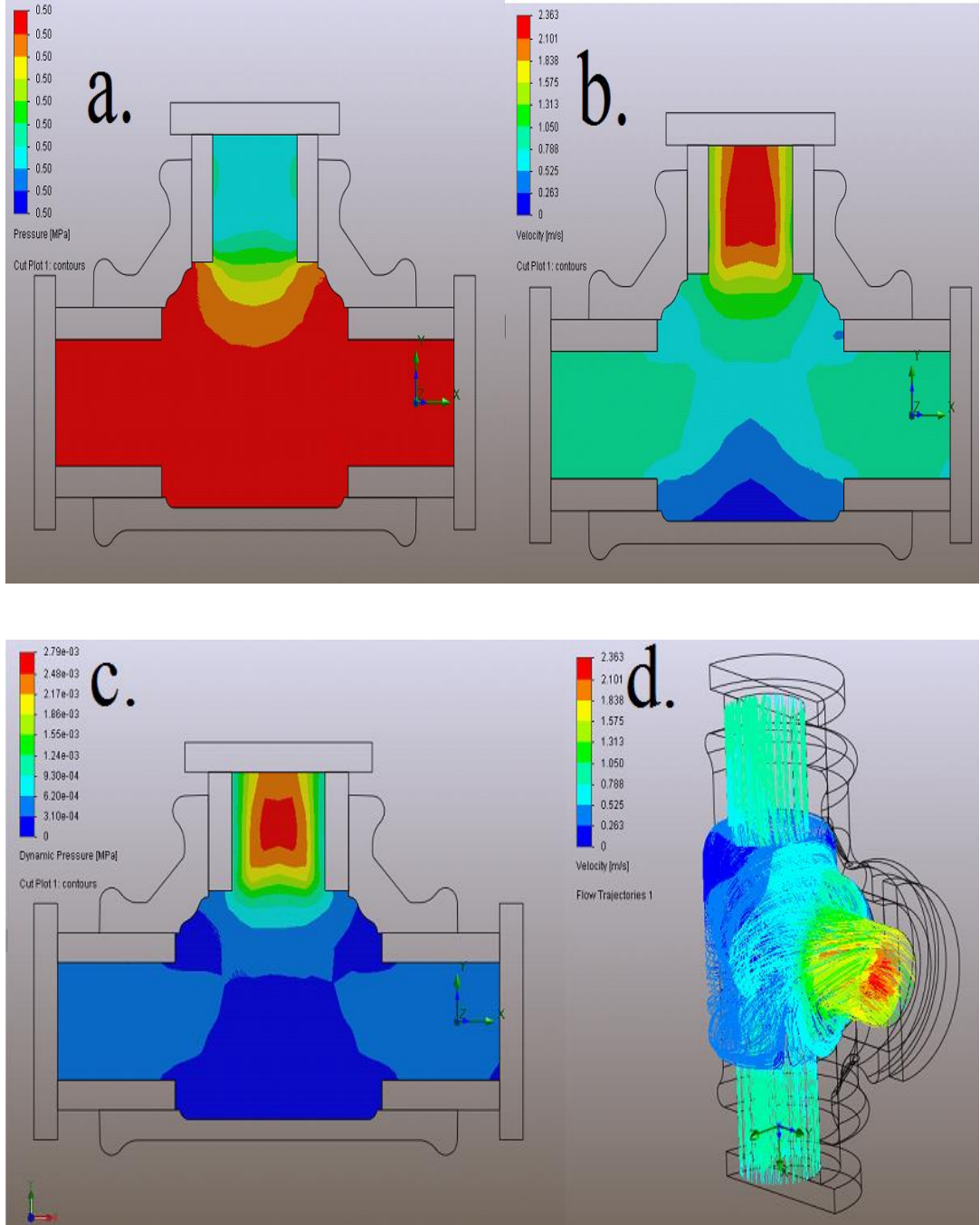


Şekil 2. Basınç (b), akış hızı (a), dinamik basınç (c) ve akışın üç boyutlu şeklinin (d) modellenmesi

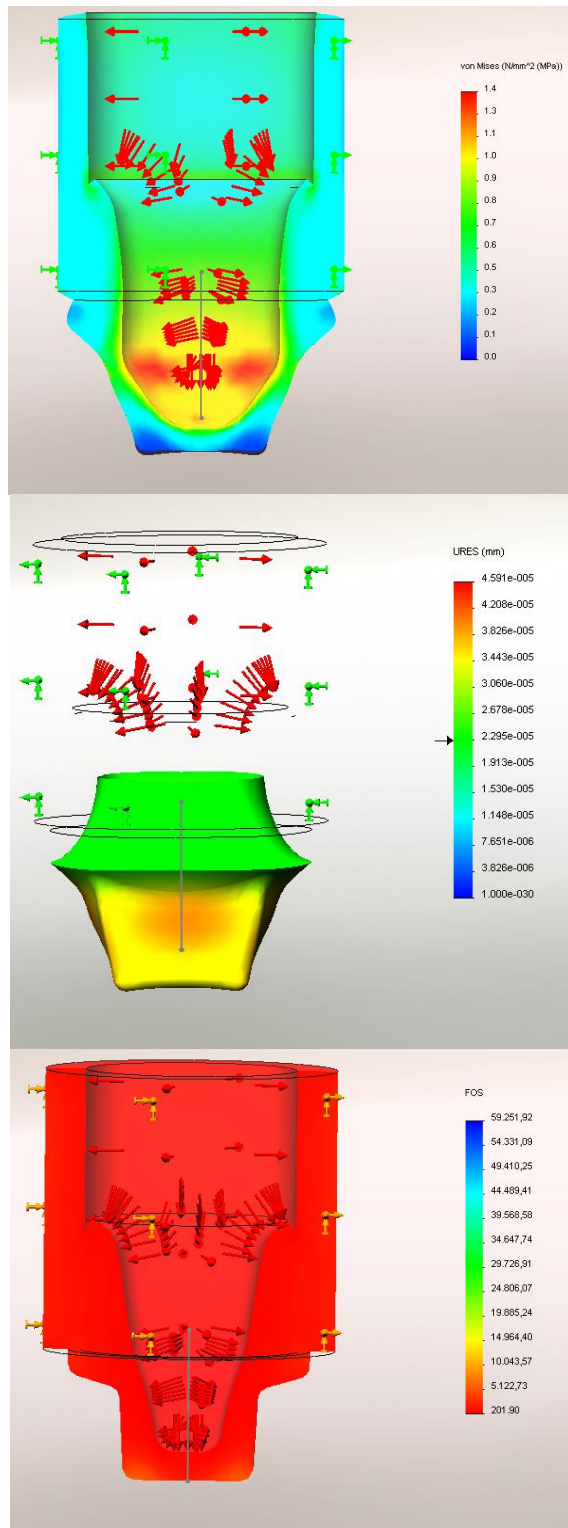


Şekil 3. Basınç (a), akış hızı (b), dinamik basınç (c) ve akışın üç boyutlu şeklinin (d) modellenmesi

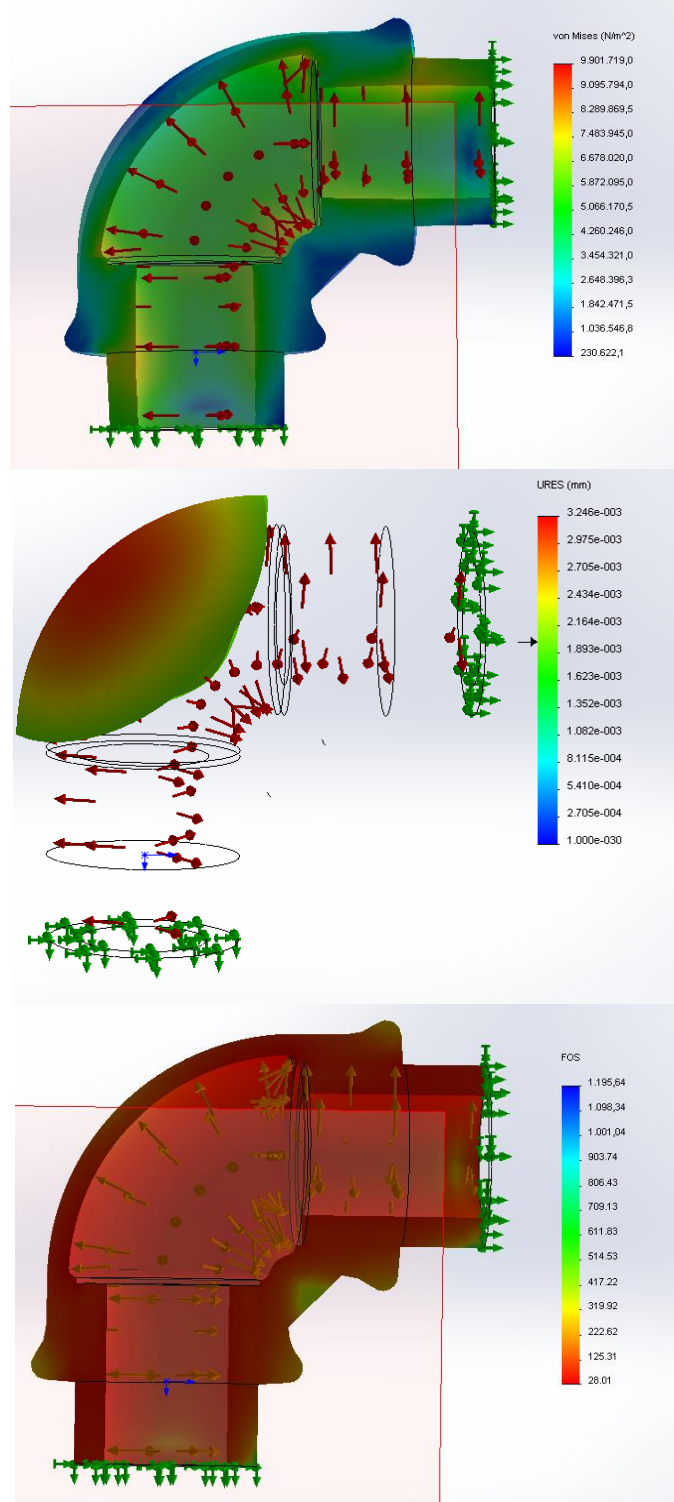




Şekil 4. Basınç (a), akış hızı (b), dinamik basınç (c) ve akışın üç boyutlu şeklinin (d) modellenmesi

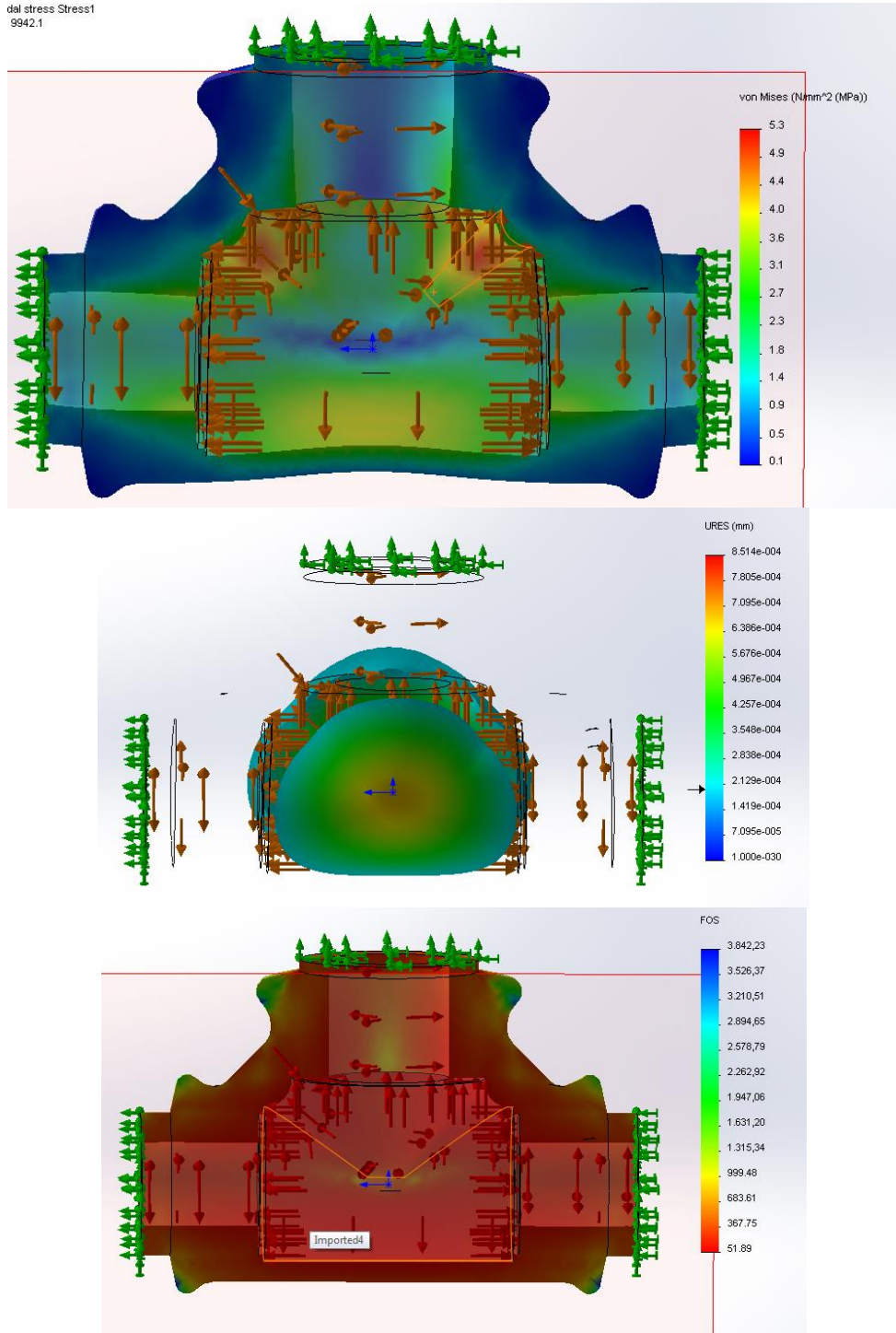


Şekil 5. 3/4" tapada oluşan maksimum gerilme bölgeleri gösterimi (üst), deformasyon miktarı ve maksimum deformasyon bölgeleri (orta), emniyet katsayı (alt)

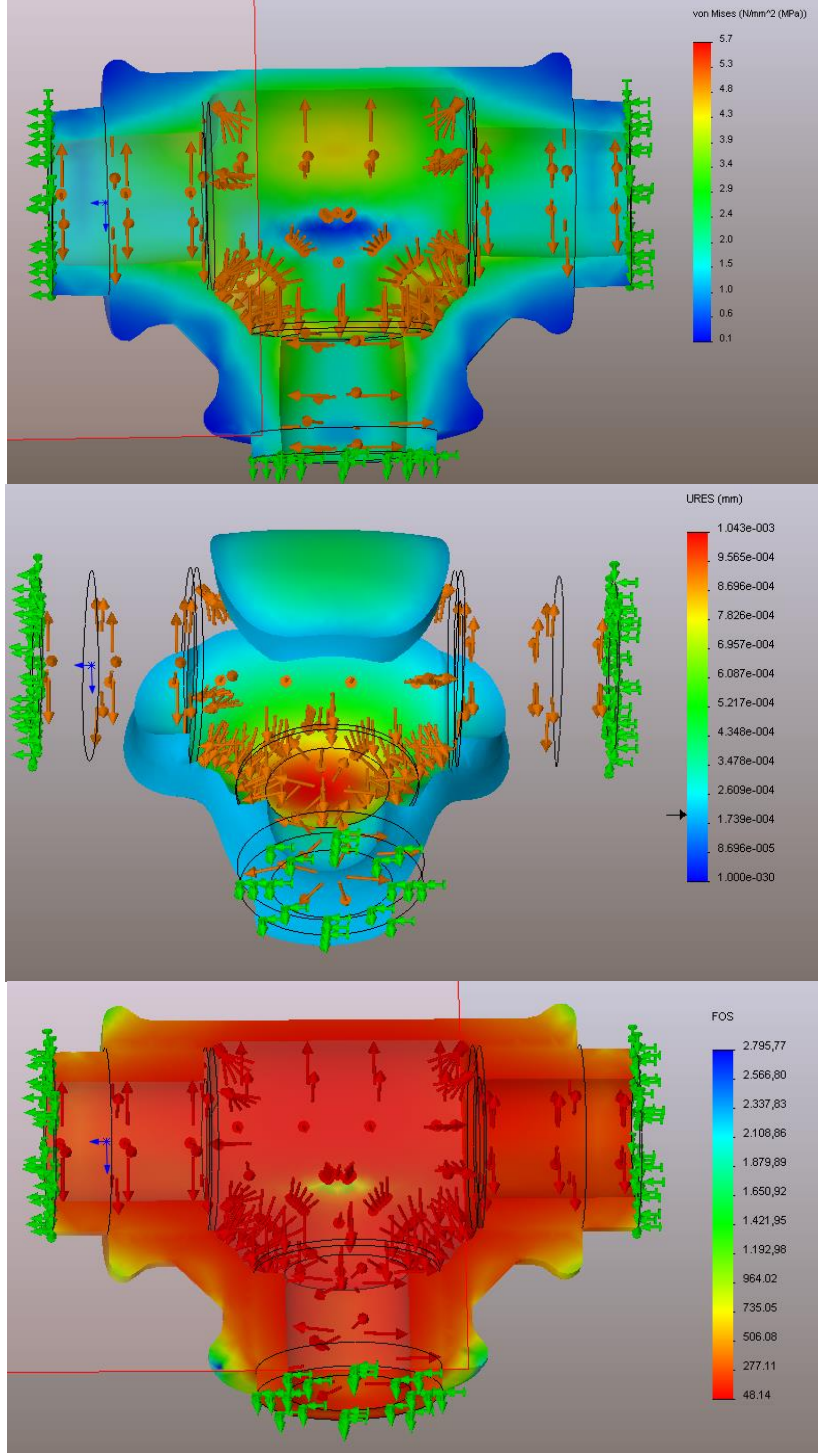




Şekil 6. 3/4" dirsekte oluşan maksimum gerilme bölgeleri gösterimi (üst), deformasyon miktarı ve maksimum deformasyon bölgeleri (orta), emniyet katsayı (alt)



Şekil 7. 3/4"-1/2"-3/4" Inegal Te'de oluşan maksimum gerilme bölgeleri gösterimi (üst), deformasyon miktarı ve maksimum deformasyon bölgeleri (orta), emniyet katsayı (alt)



Şekil 8. 3/4" Te'de oluşan maksimum gerilme bölgeleri gösterimi (üst), deformasyon miktarı ve maksimum deformasyon bölgeleri (orta), emniyet katsayı (alt)

#### 4. Tartışma

Literatürde yapılan çalışmalar sonucunda 32'lik bir dirsek elemanının 5 m/s su akışı için basınç değişim analizi yapılmıştır. Referans olarak bu çalışmada sıvı akış hızı alınmıştır. Dirsek sırt kısmında 12 bar basınç gözlenmiştir. Bu değer su şebeke sistemi için çok yüksektir. Şebeke suları standart basıncı 5-6 bardır (Cürebal T., 2016).

Burada, farklı geometrideki fittings malzemelerinde akışkan analizi yapılarak, geometri değişimlerine bağlı akış hızı ve dinamik basınç hesabı sonlu elemanlar yöntemi ile yapılmıştır. 3/4" tapada dinamik basıncın sıfır olduğu gözlenmiştir. Tapa boru bağlantı elemanlarında "kapak" olarak kullanılmaktadır. Şekil 1 incelendiğinde suyun tapada 0,012 m/s hızla bir türbülans oluşturduğu gözlemlenmektedir. Tapanın emniyet katsayısı 0,5 MPa basınç için 200 çıkmıştır. En yüksek emniyet katsayısı tapa malzemesinde gözlenmiştir (Şekil 5).

Inegal Te ve Te karşılaştırmalı olarak bu çalışmada incelenmek istenmiştir. 3/4" Te'de sıvının giriş hızı 2,3 m/s iken çıkış hızı 1,3 m/s'ye düşmektedir. Akış hızının dinamik basınçla orantılı olarak değişkenlik gösterdiği gözlenmiştir (Şekil 4.). Inegal Te malzemesinde ise giriş hızı 1,3 m/s iken çıkış hızının 2,3 m/s'ye çaptaki daralmadan dolayı yükseldiği gözlemlenmiştir. Maksimum gerilme Te için 5,7 Mpa ve Inegal Te için 5,3 MPa belirlenmiştir (Şekil 7-8.).

Boru bağlantı elemanlarında en düşük emniyet katsayısının 20 ile dirseklere ait olduğu analiz sonuçlarına göre belirlenmiştir (Şekil 6.). Dirseklere akış hızının geometriden dolayı 1,3 m/s 'den 2,3 m/s'ye arttığı hesaplanmıştır (Şekil 2.).

Tapa'nın emniyet katsayısının çok fazla olduğu ve tasarımın hafifletilebileceği görülmüştür. Dirseklerin sırt bölgesinde deformasyon miktarının fazla olduğu ve bu bölgenin güçlendirilmesinin gerektiği düşünülmektedir. Te'de ise maksimum gerilmenin boru içi dış bitiminde olduğu ve Te'nin bu bölgelerde geliştirilecek olan bileziğe benzer şekilli bir tasarımla güçlendirilebileceği düşünülmektedir.

Bu çalışma ile boru bağlantı malzemelerinin emniyet katsayılarında ve maksimum gerilme miktarındaki değişkenliğin 10 kat olduğu belirlenmiştir. Bu da tasarımların mühendislik hesaplamalar ile şekillendirilmediği sonucunu ortaya çıkarmıştır.

#### 5. Teşekkürler

Bu çalışmada katkılarından dolayı Konak Rakor çalışanlarına ve yardımlarından dolayı Fehmi Konaktaş' a teşekkür ederiz.

#### 6. Referanslar

- Cürebal T. (2016). Boru ekleme parçlarındaki akışın üç boyutlu incelenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon: Türkiye
- Duman V. (2010). Boru ve bağlantılarda çok amaçlı deneysel ve hesaplamalı basınç düşümü analizi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara: Türkiye.
- Karabulut H. (2007). Boru dirsek parçalarının sonlu elemanlar yöntemi ile şekillendirilmesi, Gebze Yüksek Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Türkiye.
- Lee S. E., Paik J. K., Ha Y. C., Kim B. J., Seo J. K. (2014). An efficient design methodology for subsea manifold pipin gsystems based on parametric studies. *Ocean Engineering*, 273–282.
- Ma Z., Zhang P. (2012). Pressure drops and loss coefficients of a phase changematerial slurry in pipe fittings, Institute of Refrigeration and Cryogenics, Shanghai Jiao Tong University, 992-1002.
- Makuthov N. A., Serikov S. V., Kotusov A. G. (1990). Increasing the design strength of pipig fittings, *Problemy Prochnosti*, 77-80.

- Mao J., Bao S. (2015). Comparative studies on buckling behaviors of T joint and pipe by varying geometric parameters and analysis methods, *International Journal of Mechanical Sciences*, 113-121.
- Öztürk B. (2013). Fittings Boru Bağlantı Elemanlarında Cidar Kalınlığına Bağlı Olarak Sertlik ve Mikroyapı Değişimleri, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bartın: Türkiye
- Öztürk B., Öktem H., Uygur İ., Erzincanlı F. (2016). Akıllı kontrol paneli plc programlama ve cnc tm prototip geliştirilmesi, Akıllı sistemler ve yenilikçi uygulamalar sempozyumu SolidWorks (2012)., Malzeme Kütüphanesi, 2012
- Zhang C., Zhao G., Chen H., Guan Y., Cai H., Gao B. (2012). Investigation on Effects of Die Orifice Layout on Three-Hole Porthole Extrusion of Aluminum Alloy 6063 Tubes, *ASM International*, 1223-1232.